




Universidad de Costa Rica

www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/actualidades

Relación entre el pensamiento computacional y las habilidades de metamemoria en niños de quinto de primaria

Influence of Computational Thinking Development on Metamemory Skills in Fifth-Grade Primary School Children

Carolina Robledo Castro ¹

 <https://orcid.org/0000-0002-8494-5305>

Gisella Bonilla-Santos ³

 <https://orcid.org/0000-0003-2512-3149>

Luz Helena Rodríguez-Rodríguez ²

 <https://orcid.org/0009-0008-5448-692X>

^{1,2} Departamento de Estudios Interdisciplinarios, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia

³ Grupo Dneuropsy, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia

¹ ✉ crobledoc@ut.edu.co ² ✉ lrodriguez@ut.edu.co ³ ✉ gisella.bonilla@usco.edu.co

Recibido: 04/12/2024. Aceptado: 13/11/2025.

Resumen. *Objetivo.* Este estudio pretendió examinar la relación entre las habilidades de pensamiento computacional y las habilidades metacognitivas en infantes de educación primaria. *Método.* Participaron 73 estudiantes de 9 a 10 años, los cuales fueron asignados a un grupo con entrenamiento en pensamiento computacional ($n = 43$) o a otro con clases tradicionales ($n = 30$). Se evaluaron el pensamiento computacional y la metamemoria mediante pruebas estandarizadas, y se aplicaron análisis de mediación y modelos de regresión multivariada. *Resultados.* El grupo experimental obtuvo puntajes significativamente superiores en pensamiento computacional ($M = 16.42$) en comparación con el grupo control ($M = 10.63$). También, presentó un menor número de errores totales en metamemoria ($M = 4.67$) frente al de control ($M = 7.70$). La correlación entre pensamiento computacional y metamemoria fue significativa ($r = -.579, p < .001$), y el modelo explicó el 52.3% de la variabilidad. Además, el género de la persona participante influyó en el desempeño en el pensamiento computacional, mientras que la escolaridad materna predijo el rendimiento en metamemoria. En conclusión, el estudio aporta evidencia empírica sobre la interacción entre el pensamiento computacional y los procesos metacognitivos en la infancia.

Palabras clave. Pensamiento computacional, metamemoria, metacognición, infantes de primaria

Abstract. *Objective.* This study aimed to examine the relationship between computational thinking skills and metacognitive abilities in primary school children. *Method.* Seventy-three students aged from 9 to 10 years participated. They were divided and assigned either to a computational-thinking training group ($n = 43$) or to a traditional-instruction group ($n = 30$). Computational thinking and metamemory were assessed using standardized tests. Both mediation analyses and multivariate regression models were conducted. *Results.* The experimental group obtained significantly higher computational-thinking scores ($M = 16.42$) compared to the control group ($M = 10.63$). Furthermore, the first group committed fewer total metamemory errors ($M = 4.67$) in comparison to the second ($M = 7.70$). The correlation between computational thinking and metamemory was significant ($r = -.579, p < .001$), and the model accounted 52.3% of the variance. In addition, the gender of participants influenced the computational-thinking performance, whereas maternal education predicted metamemory outcomes. To conclude, the findings provide empirical evidence of the interaction between computational thinking and metacognitive processes in childhood.

Keywords. Computational thinking, metamemory, metacognition, school-age children



Introducción

Aunque la literatura ha señalado vínculos potenciales entre el pensamiento computacional y diversos procesos metacognitivos (Yadav et al., 2022; Tang et al., 2023), todavía se requieren estudios que examinen esta relación con mayor precisión, particularmente en la población escolar. Profundizar en cómo estas habilidades se interrelacionan resulta fundamental para avanzar en la comprensión de los mecanismos cognitivos que subyacen al aprendizaje autorregulado. En este marco y con el propósito de aportar evidencia empírica reciente, el presente estudio cuasi experimental se propuso analizar la asociación entre las habilidades de pensamiento computacional y los indicadores de metamemoria en estudiantes de educación primaria. Para ello, se comparó el desempeño de una población de infantes que participaron en un programa de entrenamiento en pensamiento computacional con el de un grupo que recibió clases tradicionales sin formación en esta área. Bajo la hipótesis de que la enseñanza temprana del pensamiento computacional puede incidir positivamente en el desarrollo de habilidades metacognitivas, este estudio busca contribuir a la caracterización de dichos procesos y a la comprensión de su papel en el aprendizaje escolar.

Metamemoria, mecanismo metacognitivo

La metamemoria es una forma específica de metacognición que implica el conocimiento y la regulación de los procesos de memoria. Desde los planteamientos de Flavell y Wellman (como se citó en Schwartz & Díaz, 2014), se entiende como la capacidad de ser consciente del modo en que se registra, almacena y recupera información. Este constructo incluye dos componentes: el conocimiento declarativo sobre la propia memoria y los procesos regulatorios asociados al monitoreo y control de estrategias durante tareas específicas (Schwartz & Efklides, 2012).

El modelo de Nelson y Narens (1990) describe la metamemoria como la interacción entre un nivel

meta, encargado de monitorear y controlar, y un nivel objeto, donde ocurren los procesos de memoria. Una menor discrepancia entre lo que se predice recordar y lo que realmente se recuerda indica mayor precisión metacognitiva. Estas representaciones permiten el monitoreo y control mediante una interacción constante entre ambos niveles, facilitando la evaluación y mejora de estrategias de memoria según las metas planteadas.

La metamemoria experimenta un desarrollo gradual a lo largo de la infancia, proceso que contribuye a una estimación más precisa de las propias capacidades cognitivas y a una regulación más eficiente de las estrategias de estudio (Schwartz & Díaz, 2014). Asimismo, su relevancia trasciende el ámbito evolutivo, pues se ha documentado su papel central en contextos educativos, clínicos y forenses, dada su estrecha vinculación con los procesos de autorregulación del aprendizaje y la toma de decisiones basada en el monitoreo cognitivo (Perfect & Schwartz, 2002).

La metamemoria no solo se refiere al conocimiento del sujeto sobre la propia memoria, sino también a su capacidad para realizar juicios precisos sobre cuánto podrá recordar. Por ello, integra componentes predictivos y de monitoreo. Su evaluación suele realizarse mediante juicios de confianza, en los que el participante anticipa su desempeño en una tarea de memoria, para luego contrastar esta predicción con su rendimiento real (Schwartz & Díaz, 2014). Esta comparación permite valorar la exactitud con la que el individuo estima su capacidad de retención y recuperación. En estas tareas, Schwartz y Metcalfe (2017) distinguen dos formas de precisión: la absoluta, que compara confianza y rendimiento promedio; y la relativa, que evalúa la capacidad para predecir qué elementos serán recordados o no.

Metamemoria y Pensamiento Computacional

El Pensamiento Computacional (PC) utiliza principios informáticos para resolver problemas complejos, diseñar sistemas y analizar comportamientos.

Este concepto comprende habilidades como la descomposición, la abstracción, el razonamiento algorítmico, la depuración y la generalización de soluciones (Wing, 2006; Shute et al., 2017). Aunque a menudo se asocia exclusivamente con la programación, el PC es una competencia transversal para resolver problemas en múltiples contextos. En palabras de Arfé et al. (2019), la programación es solo una herramienta para desarrollar estas capacidades cognitivas.

Aunque la relación entre metacognición y el PC ha sido escasamente explorada en la literatura (Yadav et al., 2022), existe evidencia teórica que sugiere una convergencia sustantiva entre ambos procesos. Tanto la metacognición como el PC implican mecanismos de autorregulación, reflexión deliberada y la capacidad de planificar, monitorear y ajustar estrategias para resolver problemas complejos de manera eficaz (Murphy et al., 2008; Yadav et al., 2022).

La literatura en el tema sugiere que la metacognición cumple un papel importante en el pensamiento computacional (Murphy et al., 2008; Yadav et al., 2022). Yadav et al. (2022) plantean que enseñar PC puede favorecer el desarrollo de estrategias metacognitivas, dado que habilidades como la descomposición, la depuración y el razonamiento algorítmico están estrechamente vinculadas con procesos de monitoreo y control cognitivo. En actividades computacionales, el estudiantado debe reflexionar sobre sus acciones, evaluar la efectividad de sus estrategias y reajustarlas, lo cual fortalece tanto la resolución de problemas computacionales como su autorregulación en otros contextos educativos y cotidianos.

La integración de la metacognición y el pensamiento computacional (PC) en contextos educativos, especialmente en niveles escolares, favorece el desarrollo de habilidades transferibles como el pensamiento crítico y la autorregulación. Actividades de programación y resolución de problemas permiten al estudiantado comprender mejor sus propios procesos cognitivos y aplicar estrategias más eficaces ante desafíos tecnológicos y académicos.

La metamemoria y el PC se vinculan a través de procesos como la autorregulación y la planificación estratégica. Además, permite monitorear las capacidades de memoria y ajustar estrategias según las evaluaciones realizadas. En el PC, habilidades como la depuración de errores o el diseño de algoritmos requieren reflexionar sobre los pasos ejecutados, evaluar su efectividad y optimizar procedimientos (Murphy et al., 2008). Esta convergencia muestra cómo la capacidad para evaluar y ajustar el propio desempeño favorece un abordaje más estructurado de los problemas computacionales. En conjunto, los procesos metacognitivos proporcionan un marco reflexivo que fortalece la eficacia del pensamiento computacional en la resolución de problemas complejos.

Si bien diversos autores han propuesto de manera entusiasta una relación entre ambas dimensiones, la evidencia empírica que respalda dicha interacción aún es limitada, especialmente debido a la escasez de estudios experimentales que permitan evaluar este vínculo con mayor rigor.

En el metanálisis de Scherer et al. (2019), se identificaron estudios que evaluaron los efectos de transferencia del aprendizaje de la programación sobre las habilidades metacognitivas, encontrando un efecto de tamaño mediano (Hedges' $g = .65$) en investigaciones realizadas con estudiantes de secundaria y universitarios (Volet & Lund, 1994; Cetin et al., 2014). De manera complementaria, el estudio experimental de Robledo et al. (2023) mostró que un entrenamiento en pensamiento computacional produjo un efecto de transferencia mediano ($\omega^2 = .09$) en el desempeño de la escala prefrontal anterior de la batería BANFE-2, que incluía una prueba de metamemoria.

En esta misma línea, Ocak et al. (2023) compararon modalidades de enseñanza plugged y unplugged, evidenciando que la integración del pensamiento computacional actúa como una herramienta metacognitiva efectiva al promover estrategias como la identificación de características críticas del problema, la construcción de modelos mentales

y el monitoreo de rutas de solución. Asimismo, el estudio de [Markandan et al. \(2022\)](#) mostró que un módulo orientado a integrar pensamiento computacional con estrategias de conciencia metacognitiva facilitó que estudiantes de Biología desarrollaran una mayor comprensión de sus propios procesos cognitivos, sugiriendo que la combinación de programación y metacognición constituye una vía prometedora para fortalecer tanto el aprendizaje disciplinar como el desarrollo de habilidades metacognitivas en contextos STEM.

En general, aunque existen indicios de esta relación, son necesarios más estudios para explorar en profundidad este campo de estudio, especialmente en poblaciones escolares. Esto permitirá identificar cómo el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional puede incidir en el desarrollo de habilidades metacognitivas como la metamemoria, y viceversa. En esta línea de acción y tratando de contribuir a este campo, el presente estudio tuvo el objetivo de explorar la relación y mediación entre el pensamiento computacional y la metamemoria en infantes de primaria con y sin formación en pensamiento computacional. Esto se hizo bajo la hipótesis de que aprender habilidades de pensamiento computacional puede incidir en el desarrollo de habilidades metacognitivas en contextos escolares.

Método

Diseño de estudio

La presente investigación se diseñó como un estudio observacional y transversal, cuyo objetivo fue evaluar las habilidades de pensamiento computacional y metamemoria en un grupo de infantes de quinto de primaria tras participar en un entrenamiento en programación robótica. Este estudio formó parte de un ensayo controlado aleatorizado por grupos, registrado bajo el código ISRCTN11380198, garantizando así un alto rigor metodológico y la transparencia en la implementación del diseño experimental.

Participantes

El tamaño de la muestra se estimó con el programa G-power, para analizar las diferencias de medias entre dos grupos con la prueba T-student y un modelo de regresión lineal múltiple con tres predictores. Para ello, se estableció una hipótesis a dos colas, un tamaño del efecto moderado según estudios previos ([Robledo-Castro et al., 2023](#)), un margen de error de .05 y una potencia de .80. Los resultados indicaron que una muestra de 73 participantes (64.38% niños) era adecuada para determinar diferencias y estimar un modelo de regresión. El rango de edad de la población fue de 9 a 11 años, con un promedio de 10.74 ($DT = .99$).

La muestra de este estudio hizo parte de un programa de entrenamiento en pensamiento computacional implementado en dos instituciones educativas públicas de Colombia. Su selección tuvo en cuenta los siguientes criterios: las personas participantes debían ser estudiantes de quinto grado de primaria, con desarrollo típico y sin ningún antecedente clínico relacionado con el neurodesarrollo. Se establecieron criterios de exclusión para controlar posibles factores de confusión, incluyendo enfermedades neurológicas, trastornos neuromotores y alteraciones auditivas o visuales no corregidas.

Entre los infantes participantes, 43 fueron asignados al grupo que recibió el programa de entrenamiento en pensamiento computacional COGNI-MACHINE, desarrollado e implementado durante 12 semanas. Este programa incluyó actividades desconectadas, tareas de algoritmia básica, resolución de problemas paso a paso y módulos de robótica educativa mediante el uso de micro:bit, los cuales fueron orientados a fortalecer habilidades como secuenciación, abstracción, reconocimiento de patrones y descomposición de problemas ([Robledo-Castro et al., 2025](#)). Por su parte, el grupo control activo recibió tratamiento como de costumbre (TAU), consistente con las clases tradicionales de tecnología e informática establecidas en el currículo institucional.

Estas últimas clases suelen centrarse en el uso básico de herramientas de ofimática (por ejemplo, procesadores de texto, presentaciones y hojas de cálculo), nociones de navegación segura en internet, manejo elemental del teclado y el ratón, así como actividades de alfabetización digital general. En este sentido, mientras el grupo experimental participó en actividades estructuradas que buscaban desarrollar habilidades específicas de pensamiento computacional, el grupo control continuó con la enseñanza habitual de competencias digitales y tecnológicas propias del grado escolar.

Instrumentos

Metamemoria

Para evaluar la metamemoria, se empleó una prueba basada en juicios metacognitivos, la cual forma parte de la batería neuropsicológica BANFE-2, diseñada por Flores-Lázaro et al. (2014). Este test es utilizado para evaluar el control metacognitivo en una tarea de memoria. Evalúa, además, la capacidad de elaborar estrategias para recordar información y los juicios metacognitivos, que reflejan la habilidad del participan-

te para predecir su propio desempeño y monitoreo metacognitivo, esto a través de la precisión entre las predicciones realizadas y el desempeño obtenido. En cuanto a la validez y confiabilidad de la BANFE, se ha reportado una concordancia entre aplicadores de .80.

Durante la evaluación, se solicitó a la persona participante aprender una lista fija de nueve palabras. Antes de leerlas, debió anticipar cuántas palabras lograría recordar. Este procedimiento se repitió en cinco ensayos consecutivos. En cada uno, las palabras se presentaron en el mismo orden, y se registró nuevamente la predicción del participante sobre su capacidad de memoria (ver Figura 1).

Los datos registrados en la prueba son el número de errores positivos, es decir, las palabras recordadas por encima de las estimaciones realizadas; el número de errores negativos, que indican las palabras no recordadas respecto a lo anticipado; y la puntuación total de metamemoria, que resulta de la suma de errores positivos y negativos. En esta prueba, un menor número en cualquiera de estos indicadores se asoció con un desempeño más eficiente.

Figura 1. Prueba de metamemoria batería BANFE-2

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Predicción	_____	_____	_____	_____	_____
Palabras					
Pera	_____ Pera	_____ Pera	_____ Pera	_____ Pera	_____ Pera
Tubo	_____ Tubo	_____ Tubo	_____ Tubo	_____ Tubo	_____ Tubo
Vaca	_____ Vaca	_____ Vaca	_____ Vaca	_____ Vaca	_____ Vaca
Bote	_____ Bote	_____ Bote	_____ Bote	_____ Bote	_____ Bote
Goma	_____ Goma	_____ Goma	_____ Goma	_____ Goma	_____ Goma
Lija	_____ Lija	_____ Lija	_____ Lija	_____ Lija	_____ Lija
Mano	_____ Mano	_____ Mano	_____ Mano	_____ Mano	_____ Mano
Arco	_____ Arco	_____ Arco	_____ Arco	_____ Arco	_____ Arco
Carta	_____ Carta	_____ Carta	_____ Carta	_____ Carta	_____ Carta
Total	_____	_____	_____	_____	_____
Error	_____	_____	_____	_____	_____
Intrusiones	_____	Perseveraciones	_____		
Errores positivos	_____	Errores negativos	_____	Total de errores	_____

Pensamiento computacional

El Test de Pensamiento Computacional (CTt), diseñado y validado por Román-González (2015), Román-González et al. (2017), Román-González et al. (2018), fue el instrumento seleccionado para este estudio. Esta prueba está dirigida a estudiantes de primaria y secundaria a partir de los 10 años. Evalúa habilidades de pensamiento computacional basadas en conceptos como secuencias, bucles, condicionales y funciones. Se compone de 28 ítems de selección múltiple distribuidos en siete categorías conceptuales. El CTt ha demostrado una consistencia interna adecuada, con un alfa de Cronbach de $\alpha = .793$ en general y $\alpha = .721$ en población de grado quinto. Además, cuenta con validez de contenido, predictiva y de criterio, y ha sido adaptado para otras poblaciones y contextos culturales. Por lo tanto, es una herramienta ampliamente validada y generalizable.

Consideraciones éticas

El estudio cumple con todos los requisitos éticos descritos en la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430, que establecen las normas para la investigación en salud, clasificando este estudio como sin riesgo (Resolución 8430 de 1993). Por lo tanto, se elaboraron un consentimiento informado para los padres y un asentimiento informado para los niños. Estos documentos fueron firmados por todos los participantes que aceptaron formar parte del estudio. Esta investigación cuenta, además, con el aval del Comité de Bioética de la Universidad del Tolima, registrado en el Acta No. 10 del 13 de diciembre de 2022.

Estrategia de análisis

Se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Spearman para identificar relaciones entre los indicadores de metamemoria y las habilidades de pensamiento computacional. La elección del coeficiente de Spearman se justificó porque varias de las variables en estudio no cumplían los supuestos de normalidad y linealidad requeridos para

el coeficiente de Pearson, además de presentar escalas ordinales o distribuciones asimétricas, condiciones para las cuales Spearman es más robusto y apropiado (Field, 2018).

Una vez identificadas las variables asociadas, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal multivariada, en la que los predictores se incorporaron de manera simultánea mediante el método Enter. Este enfoque permitió evaluar la contribución única de cada variable independiente al modelo, controlando el efecto de las demás. Para la interpretación de los resultados, se reportaron los coeficientes estandarizados (β), los intervalos de confianza al 95% y los valores de significancia (p), lo que permitió determinar la magnitud y dirección de las asociaciones. Asimismo, se verificó la validez del modelo a través del coeficiente de determinación ajustado (R^2) y se examinó la presencia de multicolinealidad mediante el factor de inflación de la varianza (VIF). El análisis estadístico se realizó utilizando el software JASP, empleando un nivel de significancia de .05 en todas las pruebas.

Por último, se realizó un análisis de mediación para explorar el papel de las habilidades de pensamiento computacional como mediadoras en la relación entre un entrenamiento en robótica educativa (variable independiente) y la metamemoria (variable dependiente). Se emplearon modelos de regresión lineal para calcular los coeficientes del efecto directo e indirecto, utilizando pruebas bootstrap para evaluar la significancia del efecto mediador. Este enfoque permitió identificar tanto las relaciones directas como el impacto mediado del entrenamiento en robótica sobre la metamemoria a través de las habilidades de pensamiento computacional.

Procedimiento de recolección y control de sesgos

La aplicación de las pruebas neuropsicológicas estuvo a cargo de un evaluador ciego a la asignación de los grupos y ciego a la naturaleza de la intervención. Si bien no se llevó a cabo una aleatorización individual, sí se realizó una aleatorización por grupos. Por

lo tanto, de cuatro clases de quinto grado, dos fueron asignadas al grupo control y dos al experimental de forma aleatoria con el método de sobres cerrados.

Resultados

Análisis de correlación

Las puntuaciones de los indicadores para evaluar las habilidades de metamemoria y pensamiento computacional cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. En la [Tabla 1](#), se reportan las medidas de tendencia central para cada uno de los indicadores de las pruebas tanto para el grupo control como para el grupo experimental.

La [Figura 2](#), por su parte, muestra el desempeño de ambos grupos en la prueba de pensamiento computacional. El indicador de esta prueba es el número de aciertos, por lo tanto, a mayor puntuación, mejor desempeño. Como se puede observar, el grupo que participó en el programa de intervención en pensamiento computacional obtuvo puntajes superiores al grupo control en esta medida asociada a las habilidades de pensamiento computacional.

Por otro lado, en la [Figura 3](#), se presenta el desempeño de ambos grupos en la prueba de metamemoria. Este valor hace referencia al número total de errores que cometió el evaluado al momento de

Tabla 1. Medias de las puntuaciones de las habilidades en pensamiento computacional y metamemoria en los dos grupos

Medidas (DT)	Control <i>n</i> = 30	Experimental <i>n</i> = 43
Total errores de metamemoria	7.70 (2.98)	4.67 (2.46)
Errores Positivos	4.80 (3.83)	3.07 (2.14)
Errores Negativos	2.90 (2.83)	1.65 (2.18)
Pensamiento Computacional	10.63 (1.88)	16.42 (2.68)

Figura 2. Medidas de tendencia central de pensamiento computacional por grupo

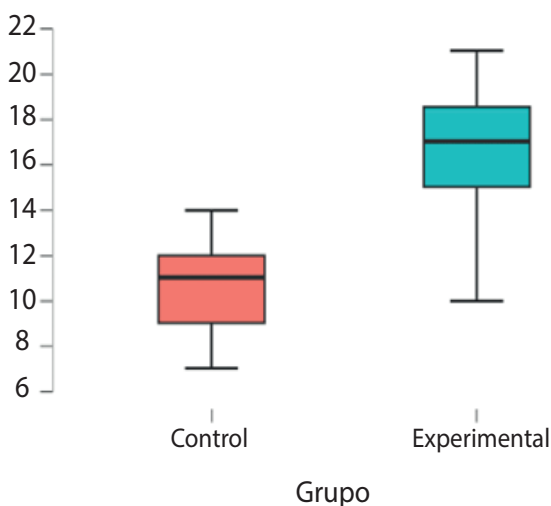


Figura 3. Medidas de tendencia central de errores totales metamemoria por grupo

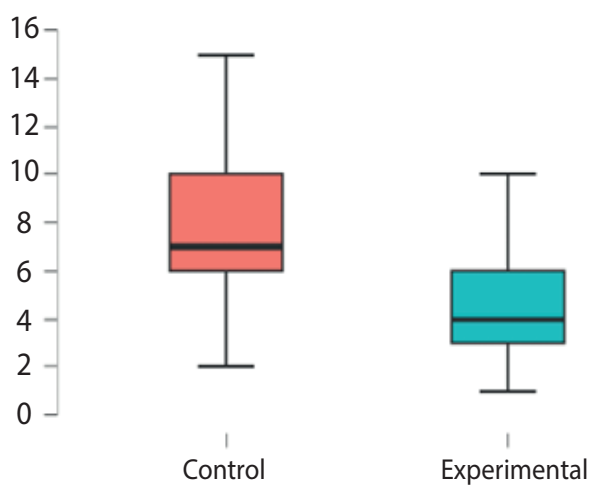


Tabla 2. Coeficientes de correlación entre pensamiento computacional y errores de metamemoria

	Pensamiento computacional		Metamemoria Total		Memoria errores positivos	
	Pearson (<i>r</i>)	<i>p</i>	Pearson (<i>r</i>)	<i>p</i>	Pearson (<i>r</i>)	<i>p</i>
Metamemoria errores totales	-.579	< .001				
Metamemoria errores positivos	-.362	.002	.663	< .001		
Metamemoria errores negativos	-.274	.019	.428	< .001	-.393	< .001

monitorear el desempeño en una prueba de memoria. Una puntuación alta indica que el evaluado cometió un mayor número de errores y, por lo tanto, mostró un peor desempeño. Los hallazgos muestran que el grupo experimental mostró una media más baja de puntuación en metamemoria, lo que significa que tuvo un número menor de errores, mientras que el grupo control tuvo un número mayor de errores. En otras palabras, el grupo experimental superó al grupo de control con un mejor desempeño en metamemoria.

En la [Tabla 2](#), se presenta el coeficiente de correlación de Pearson de cada indicador de metamemoria y su correlación con la puntuación en el test de pensamiento computacional. Como se puede observar todos los indicadores de metamemoria mostraron una correlación significativa negativa. El número total de errores metamemoria mostró una correlación negativa fuerte de $r = -.579$, mientras que los errores negativos ($r = -.274$) y los errores positivos ($r = .362$) mostraron una correlación pequeña con las habilidades de pensamiento computacional.

Una vez identificadas las correlaciones entre la prueba de pensamiento computacional con los indicadores de metamemoria, se procedió a realizar un modelo de regresión lineal multivariado con el objetivo de identificar la fuerza de la asociación entre las habilidades de pensamiento computacional y las habilidades de metamemoria, así como controlar el efecto de otras covariables sociodemográficas como género (femenino, masculino), jornada académica (mañana, tarde), estrato socioeconómico,

acceso a medio digitales y escolaridad de la madre y el padre.

El estrato socioeconómico, la jornada académica, el acceso a medios electrónicos y la escolaridad del padre y la madre no mostraron ser predictores de ninguno de los indicadores incluidos en el estudio. El género mostró una asociación marginalmente significativa en las habilidades de pensamiento computacional, pero sin asociación en los indicadores de metamemoria. Por otro lado, la escolaridad materna mostró una asociación significativa con el desempeño en metamemoria.

El análisis de RLM mostró las covariables y factores asociados con el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional (ver [Tabla 3](#)). El modelo fue significativo ($F [1, 72] = 27.306, p < .001$), con un R^2 ajustado de .523, lo que indica que el modelo explica el 52.3% de la variabilidad en los puntajes de la prueba. Entre las covariables incluidas (los errores totales de metamemoria), se obtuvo un efecto negativo significativo ($t = -3.906, \beta = -.361, p < .001$), lo que sugiere que un menor número de errores, es decir, un mejor desempeño en metamemoria, está asociado con un mejor desempeño en el test de pensamiento computacional. El grupo también fue un predictor significativo ($t = -5.251, p < .001$), indicando que las personas participantes en el grupo control obtuvieron puntajes significativamente más bajos en comparación con el grupo experimental. Por otro lado, el género, en referencia el masculino, tuvo un efecto positivo y marginalmente significativo ($t = 2.000, p = .049$), lo que implica una ligera ventaja en el des-

empeño de los niños frente a las niñas, aunque esta relación requiere mayor exploración.

Estos resultados sugieren que un menor número de errores en tareas de metamemoria está asociada con un mejor desempeño en habilidades de pensamiento computacional. Además, la ventaja del grupo experimental confirma la efectividad de la intervención para fomentar el desarrollo de es-

tas habilidades. Aunque el efecto del género es pequeño, su significancia apunta a la importancia de considerar factores individuales en la relación entre estas variables.

Se realizó un segundo análisis de RLM excluyendo las variables sexo y grupo, para evaluar el efecto de los errores totales de metamemoria sobre el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional

Tabla 3. Regresión lineal multivariado de Pensamiento computacional con covariables

Modelo de regresión lineal multivariado – Pensamiento computacional							
Covariables: Metamemoria total, grupo y género							
Covariable	<i>B</i>	Error estándar (<i>SE</i>)	β	<i>t</i>	<i>p</i>	CI 95%	
						<i>LI</i>	<i>LS</i>
(Intercepto)	17.895	.689		25.962	< .001	16.520	19.270
Metamemoria Errores total	-0.441	.113	-.362	-3.906	< .001	-0.666	-0.216
Grupo (Control)	-3.707	.706		-5.251	< .001	-5.115	-2.298
Género (Masculino)	1.270	.635		2.000	.049	0.003	2.538
<i>R</i> ² ajustado	.523						
<i>F</i> (1, 72)	27.306				< .001		
Covariables: Metamemoria total							
(Intercepto)	18.411	.789		23.335	< .001	16.837	19.984
Metamemoria Errores total	-0.705	.118	-.579	-5.984	< .001	-0.940	-0.470
<i>R</i> ² ajustado	0.335						
<i>F</i> (1, 72)	35.813				< .001		
Covariables: Grupo, errores positivos, errores negativos							
(Intercepto)	18.264	.683		26.723	< .001	16.900	19.627
Grupo (Control)	-3.686	.727		-5.071	< .001	-5.137	-2.236
Errores positivos	-0.421	.124	-.340	-3.384	.001	-0.669	-0.173
Errores negativos	-0.433	.149	-.290	-2.912	.005	-0.730	-0.136
<i>R</i> ² ajustado	0.495						
<i>F</i> (1, 72)	24.556				< .001		

en la muestra global. El modelo fue significativo ($F [1, 74], p < .001$), con un R^2 ajustado de .335, lo que indica que el 33.5% de la variabilidad en el puntaje del test puede explicarse únicamente por los errores en metamemoria. La variable errores totales de metamemoria actuó como un predictor significativo y negativo ($t = -5.979, \beta = 5.984, p < .001$), lo que confirma que un menor número de errores en metamemoria, es decir, un mejor desempeño, está asociado con un mayor puntaje en el test de pensamiento computacional.

Por último, se examinó un modelo que evaluara el pensamiento computacional, incluyera las covariables de grupo y discriminara por número de errores negativos y número de errores positivos para predecir el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional. El modelo fue significativo ($F [3,$

$72], p < .001$) con un R^2 ajustado de .495, lo que indica que el 49.5% de la variabilidad en los puntajes del test puede explicarse por estas variables. El grupo mostró un efecto significativo ($t = -5.071, p < .001$), con un mejor desempeño en el grupo experimental en comparación con el grupo control. Además, tanto el número de errores negativos ($t = -2.912, \beta = -0.290, p = .005$) como el número de errores positivos ($t = -3.384, \beta = -0.340, p = .001$) tuvieron efectos negativos significativos, lo que sugiere que una menor cantidad de errores en ambas categorías está asociada con un mayor puntaje en el test de pensamiento computacional.

También se realizó un análisis de regresión lineal multivariada para evaluar los factores asociados al total de errores en metamemoria (ver [Tabla 4](#)). Las covariables de escolaridad materna y el grupo (control)

Tabla 4. Regresión lineal multivariado de total de errores de metamemoria

Modelo de regresión lineal multivariado - Metamemoria total							
Covariables: Escolaridad materna - Grupo							
Covariable	B	Error estándar (SE)	β	t	p	CI 95%	
						LI	LS
(Intercepto)	7.952	1.030		7.719	< .001	5.897	10.006
Escolaridad materna	-0.768	0.226	-.333	-3.391	< .001	-1.219	-0.316
Grupo (Control)	2.716	0.616		4.413	< .001	1.488	3.944
R^2 ajustado	0.316						
F (1, 72)	17.650				< .001		
Covariables: Escolaridad materna - Test de pensamiento computacional							
(Intercepto)	14.135	1.272		11.116	< .001	11.599	16.671
Escolaridad materna	-0.551	0.225	-.239	-2.446	.17	-1.001	-0.102
Pensamiento computacional	-0.418	0.080	-.509	-5.208	< .001	-0.578	-0.258
R^2 ajustado	0.370						
F (1, 72)	22.154				< .001		

fueron las que mostraron efectos sobre la variable errores de metamemoria total. El modelo fue significativo ($F [1, 72], p < .001$) con un R^2 ajustado de .316, lo que indica que el 31.6% de la variabilidad en los errores de metamemoria puede explicarse por estas variables. La escolaridad materna mostró un efecto significativo y negativo ($t = -4.413, p < .001$), lo que sugiere que un mayor nivel educativo materno se asocia con un menor número de errores, es decir, con un mejor desempeño en metamemoria. El grupo también tuvo un efecto significativo ($t = -3.391, \beta = -0.333, p < .001$), lo que apunta a que los participantes del grupo experimental cometieron significativamente menos errores en comparación con el grupo control.

En estos hallazgos, se destaca la covariable del contexto educativo familiar, representado por la escolaridad materna, en el desempeño de los infantes en tareas de metamemoria. Además, sugieren que el aprendizaje del pensamiento computacional tiene una asociación positiva con las habilidades de metamemoria.

Se realizó un segundo análisis de RLM para evaluar los factores asociados al total de errores en metamemoria, utilizando como covariables la escolaridad materna y el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional. El modelo fue significativo ($F [1, 72], p < .001$) con un R^2 ajustado de .370, lo que indica que el 37.0% de la variabilidad en los errores de metamemoria puede explicarse por estas variables. La escolaridad materna tuvo un efecto significativo y negativo ($t = -2.446, \beta = -0.239, p < .001$), lo que sugiere que un mayor nivel educativo materno está asociado con un menor número de errores en metamemoria, es decir, un mejor desempeño. Asimismo, el Test de Pensamiento Computacional mostró un efecto aún más pronunciado ($t = -5.208, \beta = -.509, p < .001$), lo que sugiere que un mejor desempeño en esta prueba se asocia con una reducción significativa en los errores de metamemoria.

Análisis de mediación

Los resultados del análisis de mediación muestran una relación significativa entre el entrenamien-

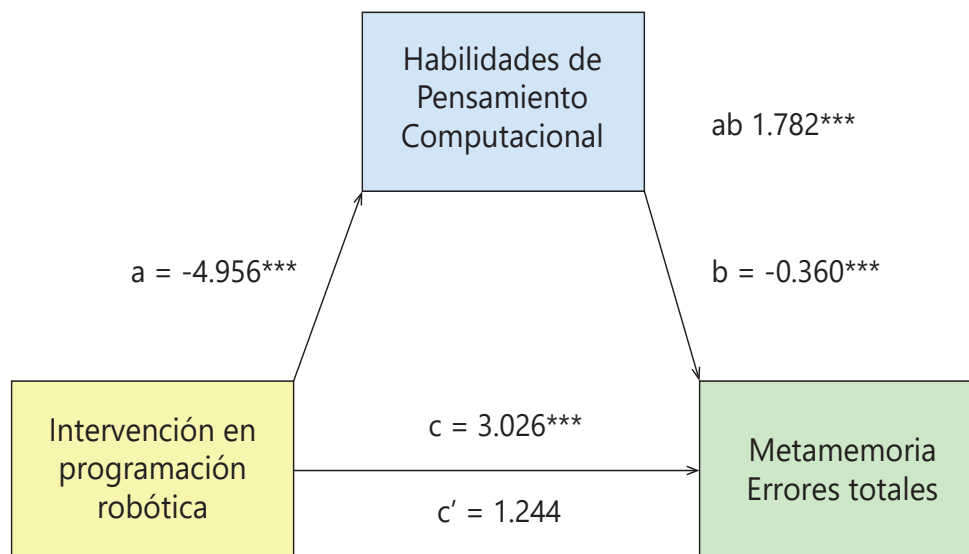
to en robótica (X), las habilidades de pensamiento computacional (M) y el desempeño en una prueba de metamemoria medida por el número de errores (Y), donde un menor número de movimientos indica un mejor desempeño. A continuación, se discuten los resultados en función de los coeficientes obtenidos (ver Figura 4).

El coeficiente $a = -4.956$ ($p < .001$) indica que el entrenamiento en robótica tiene un efecto negativo significativo sobre las habilidades de pensamiento computacional; es decir, el entrenamiento incrementa estas habilidades, dado que un menor valor negativo implica un mayor desarrollo. Esto respalda la idea de que la robótica puede ser una herramienta efectiva para potenciar las habilidades cognitivas relacionadas con el pensamiento computacional. El coeficiente $b = -.360$ ($p < .001$) muestra que las habilidades de pensamiento computacional tienen un efecto negativo significativo sobre los errores en la prueba de metamemoria. Esto implica que mejores habilidades de pensamiento computacional están asociadas con un menor número de movimientos y, por lo tanto, con un mejor desempeño en la prueba de metamemoria.

El efecto indirecto ($ab = 1.782, p < .001$) confirma que existe una mediación significativa, lo que sugiere que el entrenamiento en robótica impacta las habilidades de pensamiento computacional, las cuales, a su vez, reducen los errores en la prueba de metamemoria. Esto sugiere que las habilidades de pensamiento computacional actúan como un mecanismo que explica cómo el entrenamiento en robótica mejora el desempeño en la tarea.

Por otro lado, el coeficiente $c = 3.026$ ($p < .001$) muestra el efecto total del entrenamiento en robótica sobre los errores en la prueba de metamemoria, mientras que el coeficiente $c' = 1.244$ ($p = .103$) representa el efecto directo del entrenamiento en robótica sobre los errores, una vez controlado el mediador, el cual no fue significativo. La reducción en la magnitud del coeficiente directo (c') en comparación con el efecto total (c) sugiere que una gran parte del efecto del entrenamiento en robótica sobre el desempeño

Figura 4. Medidas de tendencia central de errores totales de metamemoria por grupo



en metamemoria es indirecto y está mediado por las habilidades de pensamiento computacional.

Discusión

En este estudio, se exploró la asociación con las habilidades de PC, la cual implica procesos como abstracción, pensamiento algorítmico, depuración y descomposición, y con las habilidades de metamemoria en una población infantil de quinto grado de primaria. Este vínculo entre el PC y los procesos metacognitivos, como el monitoreo y la autorregulación, ha despertado un creciente interés en la literatura, en donde se ha destacado su importancia para el desarrollo cognitivo (Murphy et al., 2008; Yadav et al., 2022).

La metamemoria de los participantes se evaluó a través de juicios sobre la capacidad de retener y evocar información nueva. Se incluyeron participantes que formaron parte de un programa de entrenamiento en pensamiento computacional y otro grupo que no había participado en este.

Los resultados sugieren que el PC tiene una relación significativa con ciertas habilidades de metamemoria, particularmente en la reducción de errores en pruebas de metamemoria. Los resultados del análisis de regresión lineal multivariada

arrojaron un modelo que evaluó el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional. Este modelo encontró que tanto la metamemoria total como el haber participado del programa de entrenamiento influyeron significativamente, lo que explica el 52.3% de la variabilidad en los puntajes. Esto sugiere que un mejor desempeño en metamemoria y la exposición a la intervención contribuyen a potenciar las habilidades de PC.

En relación con los errores en metamemoria, la escolaridad materna y el grupo experimental emergieron como factores clave. Un mayor nivel educativo materno y pertenecer al grupo experimental se asociaron con una reducción significativa en el total de errores, los que explica el 31.6% de la variabilidad. Cuando se incluyó el desempeño en el Test de Pensamiento Computacional en el modelo, se observó que esta variable tenía un efecto más fuerte, al incrementarse el R^2 ajustado a 37.0%, lo que refuerza la relación entre el PC y la autorregulación cognitiva. Además, la diferenciación entre errores negativos y positivos destacó que ambos tipos de errores fueron sensibles a la intervención, esto con un modelo que explicó el 49.5% de la variabilidad en los resultados.

Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que han analizado la influencia del

pensamiento computacional en la metacognición y otras que han demostrado que la enseñanza de la programación puede tener un efecto de transferencia lejana de tamaño mediano sobre las habilidades metacognitivas (Scherer et al., 2019) en población de secundaria y universitaria. Otros estudios en población escolar también encontraron que los programas de enseñanza del pensamiento computacional pueden tener un efecto moderado sobre los procesos cognitivos asociados a las habilidades metacognitivas (Ocak et al., 2023; Markandan et al., 2022), incluyendo la metamemoria (Robledo et al., 2023).

Por otro lado, los resultados del análisis de mediación evidencian la importancia del pensamiento computacional como mediador en la relación entre el entrenamiento en robótica y el desempeño en tareas de metamemoria. Aunque el entrenamiento en robótica tiene un efecto total significativo en la mejora del desempeño, este efecto parece depender en gran medida de la capacidad del entrenamiento para desarrollar habilidades de pensamiento computacional. Estos hallazgos destacan el valor de incorporar programas de robótica en contextos educativos, esto no solo para fomentar las habilidades tecnológicas, sino también para promover mejoras en funciones cognitivas complejas como la metamemoria. Sin embargo, el efecto directo no significativo sugiere que futuros estudios podrían explorar otros posibles mediadores o moderadores para comprender mejor los mecanismos involucrados.

Estos hallazgos sugieren que las habilidades de pensamiento computacional no solo tienen una relación directa en el desarrollo de competencias cognitivas específicas, como ya se ha estudiado previamente (Montuori et al., 2024; Scherer et al., 2019), sino que también están relacionadas con mejoras en procesos metacognitivos, como la autorregulación y el monitoreo de metamemoria. Además, factores contextuales como la escolaridad materna parece tener una incidencia importante en las habilidades de metamemoria. Todos los modelos demuestran que la intervención dise-

ñada fue exitosa para mejorar tanto el PC como las habilidades de metamemoria.

Los resultados del estudio demuestran que la enseñanza del pensamiento computacional puede promover el desarrollo de habilidades metacognitivas en la infancia, especialmente aquellas relacionadas con la capacidad de predecir su desempeño y de diseñar estrategias para alcanzarlo.

Los hallazgos de este estudio se alinean con investigaciones previas que han documentado el papel del PC como un facilitador de procesos metacognitivos. Por ejemplo, Ocak et al. (2023) demostraron que tanto las modalidades *plugged* como *unplugged* de enseñanza del PC actúan como herramientas metacognitivas al incentivar en los estudiantes la identificación de elementos críticos del problema, la construcción de modelos mentales y el monitoreo de rutas de solución. De manera complementaria, Markandan et al. (2022) evidenciaron que integrar habilidades de pensamiento computacional con estrategias explícitas de conciencia metacognitiva favorece tanto el aprendizaje disciplinar como la reflexión sobre los propios procesos cognitivos en contextos STEM. En concordancia con estos trabajos, los resultados de esta investigación indican que el desempeño en PC se relaciona de manera consistente con indicadores de metamemoria, particularmente con la reducción de errores y la capacidad de monitoreo. Cabe destacar también que este estudio aporta evidencia novedosa al demostrar la presencia de este vínculo en una población escolar de primaria mediante un diseño experimental robusto, que incluyó no solamente la relación directa entre PC y metamemoria, sino también el papel mediador del PC en los efectos del entrenamiento en robótica. Esta contribución amplía el entendimiento actual al mostrar que los beneficios metacognitivos asociados al PC no se limitan a contextos de secundaria o educación superior, sino que pueden observarse en etapas tempranas, y que dichos efectos están modulados por factores educativos y familiares, como la escolaridad materna, factor que no había sido considerado de manera sistemática en estudios previos.

En conjunto, los resultados de este estudio refuerzan la importancia de integrar el pensamiento computacional en estrategias pedagógicas orientadas al desarrollo de habilidades metacognitivas en la educación básica, demostrando que estas competencias pueden potenciarse desde edades tempranas mediante intervenciones bien estructuradas. Asimismo, los hallazgos subrayan la necesidad de considerar factores contextuales, como la escolaridad materna, que actúan como moduladores del desempeño metacognitivo y que podrían incorporarse de manera explícita en futuras propuestas educativas.

No obstante, aún persisten interrogantes que abren nuevas líneas de investigación que se interesan por explorar cómo diferentes tipos de actividades de PC (*unplugged*, programación visual, robótica, resolución de problemas) favorecen distintos componentes de la metacognición; por examinar la estabilidad temporal de estos efectos mediante estudios longitudinales; y por analizar mecanismos cognitivos más finos, como la transferencia entre dominios o el rol de las funciones ejecutivas en la relación entre PC y metacognición. Futuras investigaciones también deberían incluir análisis cualitativos de las estrategias de monitoreo y la planificación que los estudiantes despliegan durante actividades computacionales.

De igual manera, deberían evaluar la eficacia de intervenciones diferenciadas según variables familiares, escolares o sociocognitivas. Avanzar en estas direcciones permitirá no solo consolidar el marco teórico que vincula pensamiento computacional y metacognición, sino también optimizar las prácticas educativas que buscan promover un aprendizaje autónomo, estratégico y adaptativo desde la infancia. A manera de conclusión, los hallazgos de este estudio confirman una relación significativa entre el PC y las habilidades de metamemoria en infantes de primaria. La intervención diseñada mostró ser efectiva, no solo para mejorar las habilidades específicas de PC, como la abstracción, el pensamiento algorítmico y la depuración, sino tam-

bién para fomentar procesos metacognitivos como la autorregulación y el monitoreo de la memoria. Factores contextuales como la escolaridad materna mostraron jugar un rol importante en el desarrollo de las habilidades de metamemoria, destacando la influencia del entorno familiar en el desarrollo de este dominio cognitivo. Los modelos estadísticos respaldaron que tanto la intervención como el desempeño en pensamiento computacional explicaron una proporción significativa de la variabilidad en los resultados de metamemoria, lo que subraya el impacto de la enseñanza del PC en el desarrollo integral de estas habilidades metacognitivas.

Este estudio contribuye a la reciente evidencia de que el aprendizaje de PC puede tener efectos de transferencia positiva en habilidades cognitivas y metacognitivas, consistentes con investigaciones previas en poblaciones escolares y universitarias (Robledo-Castro et al., 2025; Ocak et al., 2023; Markandan et al., 2022).

La investigación identificó algunas limitaciones, como la ausencia de instrumentos específicos para evaluar la metacognición en infantes de primaria, lo que evidencia la necesidad de desarrollar herramientas más adecuadas para explorar dimensiones adicionales de este constructo. Futuros estudios podrían ampliar estas líneas de trabajo al evaluar la generalización de los hallazgos en diferentes contextos educativos y edades, así como al explorar posibles diferencias a nivel de género, esto con el fin de comprender con mayor precisión cómo el PC puede potenciar el aprendizaje y el desarrollo cognitivo de diversos grupos de estudiantes.

Además, una consideración metodológica relevante del estudio es que la asignación de las condiciones experimentales se realizó por grupos intactos y no de manera aleatoria a nivel individual. Si bien este enfoque puede limitar el control absoluto sobre posibles variables de confusión, es importante señalar que los cuatro grupos asignados fueron previamente verificados como similares y equivalentes en sus características sociodemográficas y en los indicadores de línea base. Esta equivalencia

reduce de manera sustantiva los riesgos asociados a la falta de aleatorización individual. Aun así, se recomienda que futuras investigaciones, cuando sea posible, incorporen diseños con aleatorización individual o estrategias adicionales de control experimental para fortalecer las inferencias causales.

Otra limitación del estudio se relaciona con la escasez de instrumentos de evaluación de la metacognición que estén dirigidos exclusivamente a infantes de primaria. La mayoría de las herramientas disponibles corresponden a escalas de autoreporte o instrumentos centrados en procesos específicos, como la metacognición asociada a la lectura o la escritura. Para futuros estudios, se sugiere explorar otras dimensiones y métodos de evaluación de la metacognición que amplíen el alcance de los hallazgos y profundicen en la comprensión de su relación con el pensamiento computacional.

Financiación

El estudio hace parte del proyecto 430121 adscrito al grupo de investigación currículo, universidad y sociedad de la Universidad del Tolima. El estudio cuenta con el aval del comité de bioética de la Universidad del Tolima mediante el Acta No. 10 del 13 de diciembre de 2022. Además, cumple con todos los requerimientos éticos señalados en la declaración Helsinki y la Resolución 8430 del Ministerio de Salud de Colombia.

Referencias

- Arfé, B., Vardanega T., Montuori, C., & Lavanga, M. (2019). Coding in primary grades boosts children's executive functions. *Frontiers in Psychology, 10*, Article 2713. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02713>
- Cetin, I., Sendurur, E., & Sendurur, P. (2014). Assessing the impact of meta-cognitive training on students' understanding of introductory programming concepts. *Journal of Educational Computing Research, 50*(4), 507-524. <https://doi.org/10.2190/EC.50.4.d>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE.
- Flores-Lázaro, J. C., Otrosky-Shejet, F., & Lozano-Gutierrez, A. (2014). Batería de funciones frontales y ejecutivas: presentación. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencia, 8*(1), 141-158. <http://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/233>
- Resolución 8430 de 1993. Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Octubre 4 de 1993. DO. N° 41131.
- Markandan, N., Osman, K., & Halim, L. (2022). Integrating computational thinking and empowering metacognitive awareness in Stem education. *Frontiers in Psychology, 13*, Article 872593. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.872593>
- Montuori, C., Gambarota, F., Altoé, G., & Arfé, B. (2024). The cognitive effects of computational thinking: A systematic review and meta-analytic study. *Computers & Education, 210*, Article 104961. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104961>
- Murphy, L., Lewandowski, G., McCauley, R., Simon, B., Thomas, L., & Zander, C. (2008). Debugging: The good, the bad, and the quirky—A qualitative analysis of novices' strategies. *ACM SIGCSE Bulletin, 40*(1), 163-167. <https://doi.org/10.1145/1352322.1352191>
- Nelson, T., & Narens, L. (1990). Metamemory: A theoretical framework and new findings. *The Psychology of Learning and Motivation, 26*, 125-173. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60053-5](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60053-5)
- Ocak, C., Yadav, A., & Macann, V. (2023). Using Computational Thinking as a Metacognitive Tool in the Context of Plugged Vs. Unplugged Computational Activities. In J.

- D. Slotta & E. S. Charles (Eds.), *Proceedings of the 17th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2023* (pp. 545-552). International Society of the Learning Sciences. <https://doi.org/10.22318/icls2023.474441>
- Perfect, T. J., & Schwartz, B. L. (2002). *Applied metacognition*. Cambridge University Press.
- Robledo-Castro, C., Castillo-Ossa, L. F., & Hederich-Martínez, C. (2023). Effects of a computational thinking intervention program on executive functions in children aged 10 to 11. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 35, Article 100563. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100563>
- Robledo-Castro, C., Rodríguez-Rodríguez, L. H., & Bonilla-Santos, G. (2025). El pensamiento computacional y su impacto sobre las habilidades metacognitivas de los niños de primaria. *Revista EIA*, 22(43), 1-21. <https://doi.org/10.24050/reia.v22i43.1825>
- Román-González, M. (2015). *Computational thinking test: Design guidelines and content validation*. In *Conference Proceedings of the 7th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies - EDULEARN15* (pp. 2436-2444). IATED Academy.
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). 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.2016.08.047>
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018). Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18, 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.06.004>
- Scherer, R., Siddiq, F., & Sánchez-Viveros, B. (2019). The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects. *Journal of Educational Psychology*, 111(5), 764-792. <https://doi.org/10.1037/edu0000314>
- Schwartz, B., & Metcalfe, J. (2017). Metamemory: An update of critical findings. In J. H. Byrne (Ed.), *Learning and Memory: A Comprehensive Reference* (2nd ed., pp. 423-432). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.21056-0>
- Schwartz, B. L., & Díaz, F. (2014). Quantifying human metacognition for the neurosciences. In S. Fleming & C. Frith (Eds.), *The Cognitive Neuroscience of Metacognition* (pp. 9-23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45190-4_2
- Schwartz, B. L., & Efklides, A. (2012). Metamemory and memory efficiency: Implications for student learning. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 1(3), 145-151. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2012.06.002>
- Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Tang, X., Yin, Y., Lin, Q., Hadad, R., & Zhai, X. (2020). Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. *Computers & Education*, 148, Article 103798. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103798>
- Volet, S. E., & Lund, C. P. (1994). Metacognitive instruction in introductory computer-programming: A better explanatory construct for performance than traditional factors. *Journal of Educational Computing Research*, 10(4), 297-328. <https://doi.org/10.2190/9A08-Y2Q0-6AER-6KLQ>

-
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yadav, A., Connolly, C., Berges, M., Chytas, C., Franklin, C., Hijón-Neira, R., Macann, V., Margulieux, L., Ottenbreit-Leftwich, A., & Warner, J. R. (2022). A review of international models of computer science teacher education. In *ITiCSE-WGR '22: Proceedings of the 2022 Working Group Reports on Innovation and Technology in Computer Science Education* (pp. 62-93). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3571785.3574123>