



Revista EIA  
ISSN 1794-1237  
e-ISSN 2463-0950  
Año XIX/ Volumen 22/ Edición N.43  
Enero - junio 2025  
Reia4310 pp. 1-21

Publicación científica semestral  
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**  
Robledo Castro, C.; Rodríguez  
Rodríguez, L. H. y Bonilla-Santos, G.  
El pensamiento computacional y  
su impacto sobre las habilidades  
metacognitivas de los niños de  
primaria

Revista EIA, 22(43), Reia4310  
pp. 1-21.  
<https://doi.org/10.24050/reia.v22i43.1825>

✉ *Autor de correspondencia:*

Robledo Castro, C.  
Universidad del Tolima, Grupo de  
investigación Currículo, Universidad  
y Sociedad  
Correo electrónico:  
crobledoc@ut.edu.co

**Recibido:** 18-09-2024  
**Aceptado:** 10-12-2024  
**Disponible online:** 01-01-2025

## El pensamiento computacional y su impacto sobre las habilidades metacognitivas de los niños de primaria

✉ CAROLINA ROBLEDO CASTRO<sup>1</sup>

LUZ HELENA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ<sup>1</sup>

GISELLA BONILLA-SANTOS<sup>2,3</sup>

1. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia
2. Universidad Surcolombiana, Colombia
3. Universidad Cooperativa sede Neiva, Colombia

### Resumen

Las habilidades de pensamiento computacional, en especial la abstracción, pensamiento algorítmico, depuración, descomposición, guardan íntima asociación con los procesos metacognitivos. Dada la superposición entre ambos procesos, podría sugerir que la enseñanza del pensamiento computacional tiene el potencial desarrollar las estrategias metacognitivas de los estudiantes e influir en la resolución de problemas de los estudiantes y los resultados del aprendizaje (Yadav et al., 2022). El estudio actual tuvo el propósito de explorar el efecto de la enseñanza del pensamiento computacional sobre algunas habilidades metacognitivas como la memoria de trabajo. Consistió en un estudio cuasi experimental con diseño de pretest-postest con grupo control. Participaron 73 niños (grupo experimental N= 43; grupo control N= 30) de quinto grado de primaria. Como medida de resultado se utilizó el test de metamemoria de la batería BANFE-2 (Flores-Lázaro et al., 2014). La intervención consistió en el entrenamiento en pensamiento computacional COGNI-MACHINE, diseñado por la primera autora, el cual se desarrolló a modo de talleres dos veces por semana durante doce semanas. Los resultados del ANOVA-MR (Análisis de Varianza de Medidas Repetida) indicó que el grupo experimental, comparado con el grupo control, mostró una diferencia significativa para los indicadores de metamemoria total y errores positivos con tamaño del efecto mediano

y pequeño respectivamente, luego del entrenamiento. Estos hallazgos sugieren que el aprendizaje del pensamiento computacional tiene un efecto favorable en el desarrollo de la metamemoria de los estudiantes.

**Palabras clave:** Pensamiento Computacional, Metacognición, Educación STEM.

---

## Impact of Computational Thinking on the Metacognitive Skills of Primary School Students

### Abstract.

Computational thinking skills, particularly abstraction, algorithmic thinking, debugging, and decomposition, are closely associated with metacognitive processes. Given the overlap between these two processes, it could be suggested that teaching computational thinking has the potential to develop students' metacognitive strategies and influence their problem-solving abilities and learning outcomes (Yadav et al., 2022). The current study aimed to explore the effect of teaching computational thinking on specific metacognitive skills such as working memory. It consisted of a quasi-experimental study with a pretest-posttest design and a control group. Seventy-three fifth-grade students participated (experimental group N=43; control group N=30). The metamemory test from the BANFE-2 battery (Flores-Lázaro et al., 2014) was used as the outcome measure. The intervention involved training in computational thinking through COGNI-MACHINE, designed by the first author, which was implemented as workshops twice a week over twelve weeks. The results of the repeated measures ANOVA indicated that the experimental group, compared to the control group, showed a significant difference in total metamemory indicators and positive errors, with medium and small effect sizes, respectively, after the training. These findings suggest that learning computational thinking has a favorable effect on the development of students' metamemory.

**Keywords:** Computational Thinking, Metacognition, Metamemory, STEM Education.

## 1. Introducción

### *1.1. Procesos cognitivos metacognitivos en el aprendizaje*

Allsop (2019) definió la metacognición como un conjunto de habilidades que le permite al individuo desplegar y administrar sus recursos cognitivos de manera efectiva para regular su pensamiento y aprendizaje. Uno de los primeros en estudiar este concepto fue Flavell (1979), quien describió la metacognición en dos dimensiones, por un lado el conocimiento que tenemos acerca de nuestra propia cognición, a lo que llamó conocimiento metacognitivo, y segundo, los procesos autorreflexivos de orden superior utilizados para regular procesos en curso, es decir cómo monitorear y controlar la propia actividad mental, a lo que denominó habilidades metacognitivas o autocontrol metacognitivo.

Según Osses y Jaramillo (2008) la distinción entre el conocimiento metacognitivo y el control metacognitivo es consistente con la distinción entre el conocimiento declarativo relativo al “saber qué” y el conocimiento procedimental referido al “saber cómo”. Por un lado el conocimiento metacognitivo se refiere al conocimiento que el sujeto tiene sobre sus propias potencialidades y limitaciones cognitivas y como estas pueden afectar el rendimiento en una tarea, este conocimiento ayuda al sujeto a elegir la estrategia apropiada, que le permitirán llevar a cabo una tarea. Mientras que, el control metacognitivo, le permite al sujeto emplear sus conocimientos metacognitivos para autorregular eficazmente su aprendizaje, esto implica actuar de forma intencionada al momento de dirigir su propio aprendizaje y dirigir sus acciones hacia metas (Argüelles y Nagles 2007).

A esta propuesta se le conoció como el modelo del monitoreo metacognitivo de Flavell y reconoce cuatro procesos centrales (Valenzuela, 2019): 1) el conocimiento, el cual representa las creencias que el individuo sobre su propio desempeño cognitivo; 2) la experiencia, son respuestas internas de un individuo con respecto a su desempeño cognitivo; 3) las metas, las cuales revelan los resultados esperados con cada tarea; y por último, 4) las estrategias, que son procesos ordenados establecidos para controlar las actividades

cognitivas y comprobar que una meta se ha cumplido. Estos procesos interactúan para monitorear y regular cualquier actividad cognitiva.

Un reto importante en el momento de estudiar los procesos metacognitivos en el sujeto es la manera como estos pueden ser evaluados. La metacognición al tratarse de un constructo complejo que no puede ser observado directamente a partir de la conducta del sujeto, debe ser medido indirectamente (Jimenez, 2004). Por lo tanto, evaluar la metacognición no es medir cuánto dice o hace un sujeto, sino ayudarlo a tomar conciencia de las estrategias que utiliza durante la ejecución de una tarea.

Por lo general para evaluar las habilidades de metacognición los investigadores piden a los participantes que autoevalúen la eficacia de algún aspecto de su cognición, también llamado juicios de confianza (Schwartz et al. 2014). En un juicio de confianza se pide a los participantes que hagan juicios sobre su propia eficacia en algún aspecto de su cognición. Uno de los mecanismos utilizados para este fin ha sido juicios sobre la memoria o juicios de aprendizaje, en la cual se solicita al sujeto juzgar sus propios procesos de aprendizaje y recuperación. En este se le pide al sujeto juzgar en qué medida un elemento que se está estudiando logrará recordarlo más adelante, posteriormente se pone a prueba la memoria del sujeto y se evalúa que tan precisa fue su predicción, de esta manera se logra evaluar la capacidad del sujeto de reconocer su propia capacidad de retener y evocar información. A este proceso se le ha denominado metamemoria.

La metamemoria fue un término acuñado por primera vez por Flavell y Wellman (1975, citado por Schwartz et al. 2014) y es entendido como una modalidad de la metacognición, que hace referencia al conocimiento y conciencia acerca de su capacidad de registrar, almacenar y recuperar la información (Schwartz et al. 2014). La metamemoria ha demostrado madurar con la edad, de manera que, a medida que los niños van creciendo también crece su capacidad de realizar mejores estimaciones sobre sus capacidades de memoria, y, así, controlar mejor su tiempo de estudio.

## *1.2. Metacognición y pensamiento computacional*

El concepto de pensamiento computacional se refiere a un enfoque que emplea principios y métodos fundamentales de la informática para abordar problemas, diseñar sistemas y entender el comportamiento humano (Wing, 2006). En su núcleo, este término engloba una serie de procesos cognitivos utilizados para resolver problemas mediante pasos computacionales o algoritmos, los cuales pueden ser implementados tanto por agentes informáticos como de manera independiente (Wing, 2006). Estos procesos incluyen la abstracción, la descomposición, el pensamiento algorítmico, la depuración y la generalización, todos ellos fundamentales en la resolución efectiva de problemas computacionales (Shute et al., 2017; Selby, 2017).

Según Murphy et al. (2008), la metacognición desempeña un papel fundamental en las actividades de programación, especialmente en los procesos de depuración y evaluación de estrategias de solución. Yadav et al., (2022) sostiene que los componentes del pensamiento computacional, en especial la abstracción, pensamiento algorítmico, depuración, descomposición, guardan íntima asociación con los procesos metacognitivos. En ese orden de ideas, dada la superposición entre las habilidades de pensamiento computacional y la metacognición, enseñar pensamiento computacional podría actuar como una estrategia para enseñar explícitamente estrategias metacognitivas e influir en la resolución de problemas de los estudiantes y los resultados del aprendizaje (Yadav et al., 2022). Así las cosas, el enseñar pensamiento computacional en la educación K-12 brinda a los maestros la oportunidad de involucrar explícitamente a sus estudiantes en el uso y desarrollo de sus estrategias metacognitivas.

La metacognición es esencial para que los estudiantes se conviertan en aprendices autónomos y efectivos. Al aprender pensamiento computacional, los niños se ven desafiados a planificar, monitorear y evaluar su propio pensamiento y estrategias para resolver problemas. La integración de la metacognición en la enseñanza del pensamiento computacional proporciona a los niños herramientas mentales para comprender su propio pensamiento, tomar decisiones informadas y ajustar su enfoque de aprendizaje. A medida que los niños desarrollan habilidades en el pensamiento computacional, también están adquiriendo habilidades metacognitivas que se pueden transferir a otras áreas de estudio y situaciones de la vida cotidiana.

### **1.3. Enseñanza conectada y desconectada del pensamiento computacional**

En la enseñanza del Pensamiento Computacional, se pueden distinguir dos tipos de actividades, las desconectadas y las conectadas (Sun et al., 2021).

Las actividades desconectadas, también llamadas tangibles, posibilitan prácticas de informática sin soporte de dispositivos de hardware (Bell y Lodi, 2019; Olmo-Muñoz et al., 2020), en vista que, se utiliza para introducir a las personas en los principios del pensamiento computacional de una forma análoga con material tangible y manipulable para luego avanzar progresivamente hacia actividades más abstractas, con la intención de luego incorporar el agente computacional.

Las actividades conectadas establecen interacciones directas con dispositivos digitales o computacionales, que fomentan y buscan acercarse a la programación, ya que estos dispositivos cuentan con procesadores que reciben instrucciones correspondientes a códigos en lenguaje de programación que da orientaciones de las secuencias o algoritmos a seguir. (Zhang y Nouri, 2019). Al explorar entornos conectados, se investigan aspectos como lenguajes de programación, simulaciones y plataformas digitales, con el objetivo de desarrollar habilidades propias del pensamiento computacional (Sanabria, 2022 citado por Pérez y Urrea, 2022)

Según Brennan & Resnick (2012, citado por Pérez y Urrea, 2022), la programación, especialmente cuando se centra en medios interactivos y se apoya en actividades de aprendizaje basadas en el diseño, proporciona un marco y oportunidades que promueven el pensamiento computacional. Estas habilidades son valiosas no solo en el campo de la programación, sino también en una variedad de actividades de diseño. En el contexto de la educación centrada en el pensamiento computacional, los individuos deben adquirir un lenguaje de programación que les permita interactuar con sistemas computacionales. En edades más tempranas, es común que se utilicen lenguajes menos abstractos como el de bloques (Zhang y Nouri, 2019), el cual es ampliamente utilizado en diferentes plataformas educativas como Scratch, MakeCode, Code.org, entre otras.

Específicamente MakeCode que fue la plataforma implementada en este estudio, es una plataforma de código abierto desarrollada por Microsoft, que permite a programadores no expertos crear aplicaciones para dispositivos integrados, la cual se basa en la programación por bloques y se utiliza con la tarjeta electrónica Micro:bit (Ball et al., 2016). Gracias a su potencialidad para fomentar el pensamiento computacional, se ha implementado en diversas investigaciones. (Pérez y Urrea, 2022)

Tanto las actividades conectadas como desconectadas, suelen estar sustentadas en perspectivas educativas como el aprendizaje basado en proyectos o basado en modelización. En el aprendizaje basado en proyectos los maestros proponen un proyecto, por lo general inspirado en problemas reales, que el estudiante debe resolver, preferiblemente de forma colaborativa, de manera que el equipo tome decisiones sobre cómo afrontar el problema, recolecta la información necesaria, defina una secuencia de pasos para solucionar el problema computacionalmente, construya el algoritmo, lo ejecute en el sistema computacional (SC) y por último monitoree y corrija los resultados (Kay et al., 2000).

#### *1.4. Planteamiento del problema*

La relación entre el pensamiento computacional y la metacognición ha despertado un creciente interés en la educación y la investigación pedagógica. El pensamiento computacional, como un enfoque para resolver problemas y expresar soluciones mediante pasos computacionales o algoritmos, involucra el desarrollo de habilidades metacognitivas claves. A medida que los estudiantes se involucran en actividades de programación y resolución de problemas computacionales, se ven desafiados a reflexionar sobre sus propios procesos de pensamiento, monitorear su comprensión, evaluar estrategias y tomar decisiones informadas para abordar desafíos complejos.

La metacognición, por otro lado, se refiere a la conciencia y regulación de los propios procesos de pensamiento y aprendizaje. Al integrar la metacognición en la enseñanza del pensamiento computacional, se busca desarrollar habilidades de pensamiento

crítico, autorregulación y resolución de problemas efectiva. Esta sinergia entre el pensamiento computacional y la metacognición tiene el potencial de mejorar la capacidad de los estudiantes para abordar desafíos tecnológicos y desarrollar un pensamiento reflexivo y estratégico en diversos contextos. Sin embargo, los estudios que brinden evidencia sólida sobre la relación entre las habilidades de pensamiento computacional y las habilidades metacognitivas, son aún escasos. Lo que demuestra la necesidad de ampliar el repertorio de estudios en esta materia.

En esta línea, el presente estudio tuvo el objetivo de explorar la relación entre el pensamiento computacional y la metacognición, examinando cómo se pueden integrar de manera efectiva en la educación para fomentar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes. Por lo tanto se ha formulado un estudio cuasi experimental que busca indagar por el efecto de la enseñanza del pensamiento computacional sobre las habilidades metacognitivas de los niños de primaria.

## **2. Método**

### ***2.1. Diseño del estudio***

En el presente estudio se utilizó un diseño de pretest-postest con grupo control TAU (Tratamiento como de costumbre). Los grupos fueron asignados aleatoriamente, uno al grupo experimental (N= 43) y otro al grupo control ( N= 30). El psicólogo a cargo de la aplicación de los instrumentos del pre y postest estaba ciego a la asignación y a la intervención. La intervención estuvo a cargo de uno de los investigadores el cual estaba cegado a los resultados de las valoraciones. Por las características del estudio no fue posible el cegamiento de los participantes. El pretest (T1) tuvo lugar en la semana 1, la intervención inició en la semana 2 y terminó en la semana 11, el postest (T2) se realizó en la semana 14.

### ***2.2. Participantes***

Los participantes fueron niños de ambos sexos, de los cursos de grado quinto de una institución educativa colombiana. La muestra final



incluyó 73 niños de 9 y 11 años con un desarrollo típico. El estudio contó con el aval ético del comité de bioética de la Universidad del Tolima. Se suscribió consentimiento informado con las familias y los niños que aceptaron participar del estudio.

### ***2.3. Medidas de resultado***

Se seleccionó el test de metamemoria, una prueba de desempeño que hace parte de la escala prefrontal anterior de la batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales BANFE-2 diseñada por Flores-Lázaro et al. (2014). El test de metamemoria evalúa la capacidad para desarrollar una estrategia de memoria (control metacognitivo), la realización de predicciones de su desempeño (juicios metacognitivos), y el ajuste entre dichos juicios y el desempeño real (monitoreo metacognitivo). En esta versión de la prueba se solicita al sujeto aprenderse 9 palabras, pero antes de leerlas, se le pide al sujeto que prediga cuantas de las 9 podrá aprenderse. El procedimiento se repite durante 5 ensayos, leyendo cada vez las mismas palabras en el mismo orden y volviendo a preguntar al sujeto cuántas espera recordar.

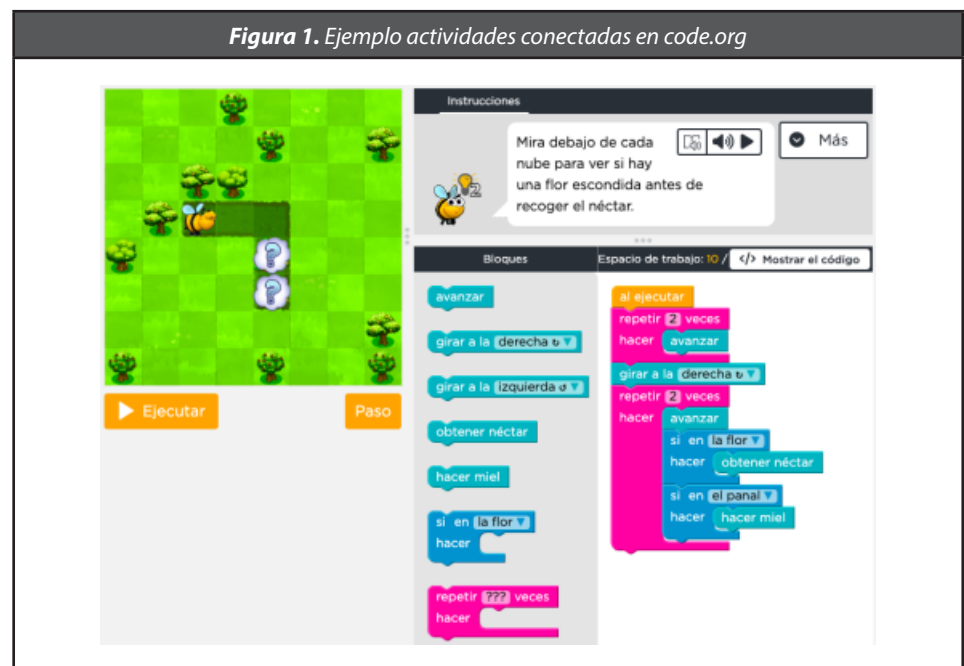
Los datos que se recogen de la prueba son: 1) el número de errores positivos, correspondiente al número de palabras recordadas por encima del número de palabras del que proyectó recordar; 2) el número de errores negativos, el número de palabras por debajo de la cantidad que el sujeto estimaba recordar; 3) la metamemoria total corresponde al número total de errores, al sumar los errores positivos y negativos. Por último, la prueba recopila otras dos medidas, el número de perseveraciones, es decir el número de veces que el sujeto repitió palabras y el número de intrusiones, o palabras que el sujeto menciona pero no hacían parte de las 9 palabras de la prueba. Sin embargo estas no son consideradas como medidas de metamemoria si no de memoria verbal inmediata. Todos los indicadores de la prueba son negativos por lo tanto, a un menor número de cada indicador da cuenta un mejor desempeño en la prueba.

### ***2.4. Intervención***

El grupo experimental participó durante tres meses, dos horas a la semana, del programa de entrenamiento en pensamiento

computacional COGNI-MACHINE, diseñado por la primera autora. Este programa busca desarrollar el pensamiento computacional en los niños a partir de actividades desconectadas y conectadas basadas en programación robótica a través de lenguaje de bloques.

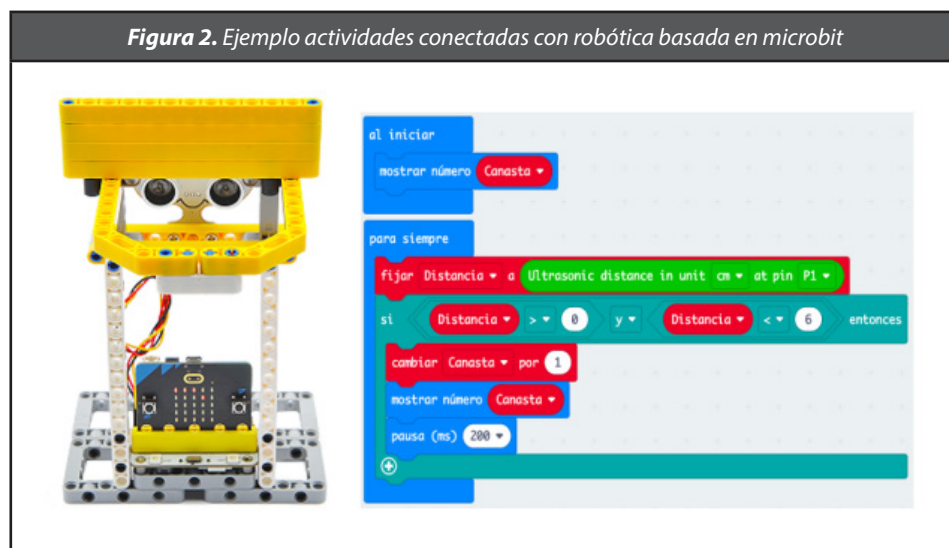
El programa fue diseñado en 18 módulos, los primeros dos módulos están conformados por actividades desconectadas a partir de las cuales los niños fueron introducidos a los principios del pensamiento computacional. Los módulos 3 al 8 están conformados por actividades mixtas, tanto desconectadas como conectadas, estas últimas se desarrollaron a partir de las lecciones de los cursos C y D de code.org, una plataforma de desarrollo integrado para lenguaje de bloques, en la cual los niños desarrollan retos, juegos y animaciones (ver figura 1). A partir de los juegos programados los niños exploraron los diferentes conceptos de pensamiento computacional (secuencias, bucles, eventos, condicionales, datos) implicados en la programación por bloques.



Los módulos 9 al 13 incorporan el uso del microprocesador Micro:bit, este dispositivo, creado por la BBC, es un sistema computacional sencillo pero completo que incluye diferentes tipos de sensores y

ejecutores como luces LED, vibración y sonido. Las propiedades de la micro:bit permiten desarrollar una gran variedad de proyectos y actividades. Durante estos módulos los participantes programaron la micro:bit en la plataforma de desarrollo integrado makecode, las actividades siguieron un enfoque de aprendizaje basado en problemas en los cuales los niños continuaron abordando otros conceptos de pensamiento computacional (entradas, salidas, condicionales simples y compuestos, variables, operadores, funciones) a través de actividades con mayor nivel de complejidad.

Los módulos 14 al 18 incluyen el uso de kits de robótica basados en micro:bit, las actividades de estos módulos continuaron con un enfoque de aprendizaje basado en proyectos. Durante los módulos los niños ensamblaron robots con fichas desmontables que incluían la adición de otros sensores, como el ultrasonido y ejecutores como motores y servomotores (Ver figura 2).



### 2.5. Plan de análisis

Se realizó una prueba de hipótesis a través de Análisis de Varianza de Medidas Repetidas (ANOVA-MR), en el cual las medidas pre-test, post-test y seguimiento serán el factor de medidas repetidas (intrasujeto) y la diferencia entre el grupo experimental y control como el factor intersujeto. El tamaño del efecto será medido con Omega cuadrado ( $\omega^2$ ), para su interpretación, un valor de 0.01 se

interpreta como un efecto de tamaño pequeño, 0.06 de tamaño mediado, y superior a 0.14 de tamaño grande. Los supuestos de este tipo de análisis asumen una variable dependiente métrica, continua, con distribución aproximadamente normal y con homocedasticidad en cada uno de los grupos.

### 3. Resultados

Las puntuaciones de los indicadores para evaluar las habilidades de metamemoria y metacognición cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad en el pretest y el postest, a excepción de las respuestas perseverativas de la metamemoria, como se muestra en la tabla 1. De forma similar, al comparar las puntuaciones medias del desempeño cognitivo en las muestras de estudio, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas previas al entrenamiento.

**Tabla 1.** Diferencias pretest y postest en las habilidades metacognitivas de la muestra de estudio

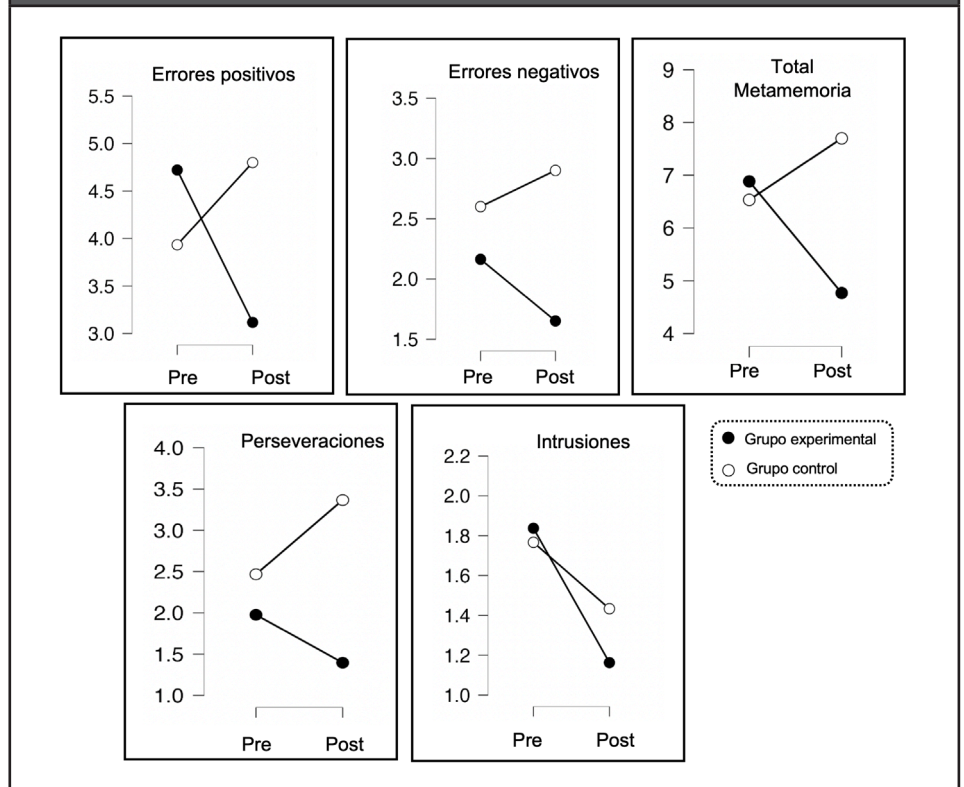
Medida	Supuestos de verificación pretest		Supuestos de verificación postest		Diferencia pretest entre grupos
	F(1, 71)	p	F(1, 71)	p	
Errores Positivos	0.077	0.783	0.422	0.673	0.297
Errores Negativos	0.147	0.703	2.533	0.116	0.343
Perseveraciones	1.187	0.280	19.791	< .001	0.344
Intrusiones	0.011	0.916	0.030	0.863	0.892
Total Metamemoria	0.950	0.333	1.266	0.264	0.892

En la tabla 1 se presentan las medias y desviación estándar de los indicadores que evalúan las habilidades de metamemoria en los dos grupos, se pueden observar diferencias entre la evaluación pre-test y el postest, pero solo en el grupo experimental se presenta reducción de las medias, sugiriendo una mejora en el desempeño de los indicadores relacionados con la metamemoria. Por el contrario, en el grupo control se presentó un aumento en las medias de estos indicadores, lo que indicaría un peor desempeño en la prueba.

**Tabla 2.** Medias de las puntuaciones del pretest y del postest en ambos grupos

Medida	Pretest		Postest	
	Control	Experimental	Control	Experimental
Total Metamemoria	6.53 (2.75)	6.88 (3.29)	7.70 (2.98)	4.77 (2.58)
Errores Positivos	3.93 (3.12)	4.72 (3.17)	4.80 (3.83)	3.12 (2.16)
Errores Negativos	2.60 (1.92)	2.16 (1.93)	2.90 (2.83)	1.65 (2.18)
Perseveraciones	2.47 (2.26)	1.98 (2.10)	3.37 (2.57)	1.40 (1.42)
Intrusiones	1.77 (2.03)	1.84 (2.27)	1.43 (1.59)	1.16 (1.67)

**Figura 3.** Diferencias pretest y postest del grupo entre el grupo experimental y control



El examen de las diferencias globales entre las medias pre y post-test para las puntuaciones de los indicadores del desempeño de la metamemoria representados en la cantidad de errores positivos y negativos, respuestas perseverativas e intrusiones observados en la tabla 3 no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Sin embargo, la diferencia asociada a la interacción entre grupo y

prueba fue significativa para los indicadores de metamemoria total y errores positivos con tamaño del efecto mediano  $F(1, 71) = 14,225$   $p = <.001$   $\omega^2 = 0,067$  y pequeño  $F(1, 71) = 8,770$   $p = .004$   $\omega^2 = 0,034$  respectivamente, sugiriendo que las diferencias presentadas pueden ser atribuidas al entrenamiento.

En las diferencias de las puntuaciones medias presentadas en la tabla 2, se observa una disminución de errores positivos solo entre el pretest y el posttest del grupo experimental  $t = 3,00$   $p = ,022$ , lo cual se observa en las correcciones Bonferroni (tabla material suplementario); por el contrario en el grupo control se presentó aumento en las puntuaciones indicando menor desempeño. Para las puntuaciones totales de metamemoria se observan diferencias posteriores al entrenamiento dentro del grupo experimental  $t = 3,79$   $p = ,002$  y entre los dos grupos  $t = 4,22$   $p = <.001$ .

**Tabla 3.** Efectos de las diferencias pretest y posttest intragrupal e intergrupales de los procesos entrenados

Medida	Diferencia global entre pretest y posttest			Diferencia asociada a la interacción entre grupo y prueba			Efecto entre sujetos		
	F(1, 71)	p	$\omega^2$	F(1, 71)	p	$\omega^2$	F(1, 71)	p	$\omega^2$
Total Metamemoria	1.190	0.279	0.001	14.225	<.001	0.067	5.679	0.020	0.031
Errores Positivos	0.782	0.379	0.000	8.770	<b>0.004</b>	<b>0.034</b>	0.567	0.454	0.000
Errores Negativos	0.080	0.778	0.000	1.182	0.281	0.001	5.154	0.026	0.028
Perseveraciones	0.261	0.611	0.000	5.652	<b>0.020</b>	<b>0.025</b>	10.437	0.002	0.062
Intrusiones	3.153	0.080	0.011	0.361	0.550	0.000	0.078	0.781	0.000

Para los indicadores de las pruebas que evaluaron los procesos presentados, se realiza el análisis de covariables de tipo sociodemográfico como sexo, edad y escolaridad del niño participante y de la madre, nivel económico y variables relacionadas con la tenencia y experiencia del uso de dispositivos electrónicos, como computador, tablet, celular, internet, videojuegos y programación; ninguno muestra significancia estadística.

#### 4. Discusión

Un sujeto pone en práctica la metacognición cuando tiene conciencia de la mayor dificultad para aprender un tema que otro, cuando se comprende que se debe verificar un fenómeno antes de aceptarlo como un hecho, cuando se piensa que es preciso examinar todas y cada una de las alternativas de solución antes de decidir cuál es la mejor, cuando sabe que la organización de la información en un esquema favorece su recuperación posterior, al supervisar y regular el rol que las personas ejercen sobre su propia actividad cognitiva cuando se enfrentan a una tarea, cuando logra favorecer el aprendizaje del contenido de un texto, y cuando selecciona como estrategia la organización de su contenido en un esquema y evalúa el resultado (Roebbers & Feurer, 2016; Heyes et al., 2020).

Todas estas actividades se ven involucradas al momento de resolver un problema computacionalmente, cuando el sujeto repite un proceso buscando la solución más óptima, está iterando, cuando un sujeto revisa su propia ejecución, identifica y corrige errores, está depurando, cuando es consciente de la necesidad de descomponer un problema en partes que le sean más manejables, está descomponiendo. Esta ha sido la motivación para varios autores muestran especial interés en la relación entre estos dos procesos cognitivos las habilidades de pensamiento computacional por lo tanto guardan alta relación con procesos de monitoreo y conocimiento sobre sus propios procesos cognitivos (Murphy et al., 2008; Yadav et al., 2022).

El estudio actual buscó aportar evidencia a estas afirmaciones, evaluando las habilidades metacognitivas de estudiantes de quinto grado a través de juicios de condiciones asociados a su capacidad de retener y evocar información nueva. Los resultados mostraron que luego de un programa de entrenamiento en pensamiento computacional de 12 semanas que incluye actividades desconectadas y conectadas, los niños mejoraron de forma significativa con un tamaño del efecto grande en comparación con los niños que participaron de sus actividades habituales de tecnología, los cuales no mostraron cambios en sus habilidades de metamemoria.

Estos resultados aportan evidencia empírica a la validación de la hipótesis de trabajo, mostrando que la enseñanza del pensamiento computacional logra ser una experiencia que favorece el desarrollo de habilidades metacognitivas de los niños, particularmente las relacionadas con las habilidades de predecir juicios de auto-desempeño y establecer estrategias para lograrlos. Estos resultados concuerdan con estudios anteriores que han explorado los efectos del pensamiento computacional sobre la metacognición. En su metanálisis, Scherer et al. (2019) identificaron 10 estudios que evaluaron los efectos de aprender programación y codificación en los procesos metacognitivos. Estos estudios encontraron un tamaño del efecto estimado de 0.44 Hedges'g, (95% CI [0.01, 0.88]), lo que se interpreta como un tamaño de efecto mediano.

Las habilidades metacognitivas pertenecen al dominio cognitivo de las funciones ejecutivas (Garon, Bryson, & Smith, 2008) y hacen referencia a procesos mentales adaptativos, dirigidos a objetivos y conscientes, que se requieren frente a tareas que demandan concentración, atención y respuestas voluntarias reguladas (Diamond, 2013). Razón por la cual, estos procesos han sido resultados de interés en los estudios que han analizado los efectos cognitivos del pensamiento computacional; reportando mejoras en las habilidades de planificación e inhibición (Arfé, et al. 2020; Di Lieto, et al. 2020).

Un estudio piloto realizado recientemente (Robledo et al., 2023), evaluó el efecto de un entrenamiento en pensamiento computacional de 8 semanas sobre los procesos cognitivos asociados a la corteza prefrontal dorsolateral, área cerebral relacionada con procesos metacognitivos, como la capacidad de monitoreo metacognitivo, la metamemoria y la regulación de la actividad en función del desempeño (Flores-Lázaro & Ostrosky-Shejet, 2012). Los hallazgos revelaron cambios significativos con un tamaño del efecto moderado en el grupo experimental comparado con el grupo control ( $F(1, 71)=23,69$   $p<,001$   $\omega^2=0,09$ ).

Finalmente, un metaanálisis de modelo de efectos fijos multivariados de 11 estudios publicados entre el 2006-2022, mostró que la enseñanza de la codificación mejora significativamente la resolución de problemas con un efecto grande ( $d_{ppc2} = 0,89$ ), también



la planificación ( $d_{ppc2} = 0,36$ ), la inhibición ( $d_{ppc2} = 0,17$ ) y la memoria de trabajo ( $d_{ppc2} = 0,20$ ) con efectos más bajos (Montuori, et al. 2024).

Los hallazgos previos sobre los efectos del pensamiento computacional a nivel metacognitivo se han orientado principalmente hacia funciones ejecutivas básicas como la inhibición, memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva, lo cual puede explicarse por la edad de los participantes, varios estudios incluyen población preescolar que madurativamente se encuentra en un periodo sensible para fortalecer estos procesos (Meredith, 2015). Además, son el cimiento de otras funciones de mayor complejidad como la planificación que también ha sido analizada.

Sin embargo, la metamemoria es una metafunción relacionada con la actividad del área cerebral prefrontal, lo que significa un proceso de carácter superior y de mayor complejidad que conlleva a integrar funciones ejecutivas básicas que vinculan la corteza orbitomedial y dorsolateral del área prefrontal del cerebro (Flores-Lázaro & Ostrosky-Shejet, 2012), siendo este el primer estudio que reporta hallazgos sobre los efectos particulares para esta habilidad, indicando que el entrenamiento en pensamiento computacional mejora en niños mayores de 9 años su capacidad para predecir juicios de desempeño ante tareas que contengan demandas mnésicas. Debido a la complejidad de esta función, se plantean efectos per se en las funciones básicas, porque la metamemoria demanda de control, monitoreo y regulación para lograr la predicción, además de la evidencia teórica planteada en esta discusión.

Una de las limitaciones del estudio fue la falta de instrumentos de evaluación de la metacognición dirigida a niños de primaria, la mayoría de los instrumentos están orientados en escalas de auto-reporte o instrumentos que evalúan la metacognición asociada a procesos de lectura o escritura. Se sugiere para futuros estudios explorar otras dimensiones de la metacognición que permitan ampliar el alcance de estos resultados sobre la relación entre metacognición y pensamiento computacional.

## 5. Conclusiones

Los resultados mostraron que el programa de pensamiento computacional COGNI-MACHINE, basado en actividades conectadas y desconectadas condujo a mejoras en la metamemoria de los niños participantes en comparación con el grupo control. Las mejoras evidenciadas implican que los niños del grupo experimental después del entrenamiento, presentaron un mejor desempeño en las tareas que vinculan plantear una meta u objetivo y establecer una estrategia adecuada para lograrlo de acuerdo a las condiciones del contexto. Estos hallazgos sugieren que la enseñanza del pensamiento computacional brinda oportunidades de estimulación en diferentes contextos, particularmente el educativo para aportar al desarrollo cerebral de los niños desde el fortalecimiento de habilidades metacognitivas, que se han evidenciado como predictores para la adaptación y el logro académico.

## Financiación

El estudio hace parte del proyecto 430121 adscrito al grupo de investigación currículo, universidad y sociedad de la Universidad del Tolima.

## Referencias

- Allsop, Y. (2019). Assessing computational thinking process using a multiple evaluation approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 30–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.10.004>
- Ángel Valenzuela, M. (2019). ¿Qué hay de nuevo en la metacognición? Revisión del concepto, sus componentes y términos afines. *Educação e Pesquisa*, 45(0). <https://doi.org/10.1590/s1678-4634201945187571>
- Arfé, B., Vardanega, T. & Rononia, L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers and Education*, 148, 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>
- Arguelles, D., N. Nagles (2007). Estrategias para promover procesos de aprendizaje autónomo. Colombia: Alfaomega.

- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906–911. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.34.10.906>
- Flores-Lázaro, J.C., Otrosky-Shejet, F., y Lozano-Gutierrez, A. Bateria neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales. Manual moderno; 2014.
- Flores, J. & Ostrosky, F. (2012). Desarrollo neuropsicológico de los lóbulos frontales y funciones ejecutivas. Manual Moderno.
- Flores, J. & Ostrosky, F. (2012). Desarrollo neuropsicológico de los lóbulos frontales y funciones ejecutivas. Manual Moderno.
- Gerosa, E., Koleszar, V., Gómez, L., Tejera, G. & Carboni A. Cognitive abilities and computational thinking at age 5: Evidence for associations to sequencing and symbolic number comparison. *Computers and Education Open*. 2021; 2. Doi:100043. [10.1016/j.caeo.2021.100043](https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100043).
- Heyes, C., Bang, D., Shea, N., Frith, C. D., & Fleming, S. M. (2020). Knowing Ourselves Together: The Cultural Origins of Metacognition. *Trends in cognitive sciences*, 24(5), 349–362. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.02.007>
- Hickmott, D., Prieto-Rodriguez, E. & Holmes, K.A (2018). Scoping Review of Studies on Computational Thinking in K–12 Mathematics Classrooms. *Digit Exp Math Educ*, 4: 48–69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>
- Jiménez, V., Puente, A., Alvarado, J. M., & Arrebillaga, L. (2009). Measuring metacognitive strategies using the reading awareness scale ESCOLA. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 7(2), 779–804.
- Kalelioğlu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, (52), 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>
- Meredith R. M. (2015). Sensitive and critical periods during neurotypical and aberrant neurodevelopment: a framework for neurodevelopmental disorders. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 50, 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.12.001>
- 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, 1–23. <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. *SIGCSE Bulletin*, 40(1), 163–167
- Osses Bustingorry, Sonia, & Jaramillo Mora, Sandra. (2008). METACOGNICIÓN: UN CAMINO PARA APRENDER A APRENDER. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187-197. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>

- Pérez, C. A. & Urrea, L. M. (2022). Efectos de las actividades conectadas y desconectadas en el desarrollo del pensamiento computacional y en la aplicación de conceptos computacionales durante la solución de problemas de programación siguiendo el modelo de progresión de tres estados. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/18357>
- 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(100563), 100563. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2022.100563>
- Roebbers, C. M., & Feurer, E. (2016). Linking executive functions and procedural metacognition. *Child Development Perspectives*, 10(1), 39–44. <https://doi.org/10.1111/cdep.12159>
- Román-González, M. (2015). Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation. In *Proceedings of the 7th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2015)* (pp. 2436–2444).
- Scherer, R., Siddiq, F. & Sánchez-Viveros, B. The cognitive benefits of learning computer programming: A meta-analysis of transfer effects. *Journal of Educational Psychology*. 2019; 111 (5), 764-792. Doi:10.1037/edu0000314
- Schwartz, B. L., & Díaz, F. (2014). Quantifying Human Metacognition for the Neurosciences. En *The Cognitive Neuroscience of Metacognition* (pp. 9–23). Springer Berlin Heidelberg.
- Selby, C., & Woollard, J. (2013). Computational thinking: The developing definitions. *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on computer science education*. Canterbury: ACM.
- 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>
- Spieler, B., Kemény, F., Landerl, K., Binder, B. & Slany, W. (2020). The learning value of game design activities: association between computational thinking and cognitive skills. *Proceedings of the 15th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, (19), 1-4. <https://doi.org/10.1145/3421590.3421607>
- Sun, S., Else-Quest, N. M., Hodges, L. C., French, A. M., & Dowling, R. (2021). The Effects of ALEKS on Mathematics Learning in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Investigations in Mathematics Learning*, 13(3), 182–196. <https://doi.org/10.1080/19477503.2021.1926194>
- Wang, L., Geng, F., Hao, X. et al. (2021). Measuring coding ability in young children: relations to computational thinking, creative thinking, and working memory. *Curr Psychol* <https://doi.org/10.1007/s12144-021-02085-9>
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49 (3), 33-35. <https://www.cs.cmu.edu/afs/cs/Web/People/15110-s13/Wing06-ct.pdf>

- Yadav, A., Hong, H. & Stephenson, C. (2016). Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms. *TechTrends*, 60, 565–568 <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>
- Bell, T. & Lodi, M. (2019). Constructing Computational Thinking Without Using Computers. *Constructivist Foundations*, 14 (3), 342–351. <https://hal.inria.fr/hal-02378761/document>
- Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. & González-Calero, J.A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>
- Kay, J., Barg, M., Fekete, A., Greening, T., Hollands, O., Kingston, J. & Crawford, K. A. (2000). Problem-Based Learning for Foundation Computer Science courses. *Computer Science Education*, 10 (2), 1–20. [https://doi.org/10.1076/0899-3408\(200008\)10:2;1-C;FT109](https://doi.org/10.1076/0899-3408(200008)10:2;1-C;FT109)
- Zhang, L. & Nouri, J. (2019). A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9. *Computers & Education*, 141, 103607. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607>