



La enseñanza del pensamiento computacional y sus efectos sobre las funciones ejecutivas de los niños

Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 21/ Edición N.42
Julio - diciembre de 2024
Reia4215 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.; Castillo Ossa, L. F.
La enseñanza del pensamiento computacional y sus efectos sobre las funciones ejecutivas de los niños
Revista EIA, 21(42), Reia4215.
pp. 1-21.
<https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1740>

✉ Autor de correspondencia:

Carolina Robledo Castro
Psicóloga, magister en desarrollo humano y educación, estudiante de doctorado en ciencias cognitivas.
Universidad del Tolima, Colombia
crobledoc@ut.edu.co

Recibido: 24-10-2023
Aceptado: 27-05-2024
Disponible online: 01-07-2024

✉ CAROLINA ROBLEDO CASTRO^{1,2}
LUZ HELENA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ¹
LUIS FERNANDO CASTILLO OSSA^{2,3,4}

1. Universidad del Tolima, Colombia
2. Universidad Autónoma de Manizales, Colombia
3. Universidad de Caldas, Colombia
4. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Colombia

Resumen.

La enseñanza del pensamiento computacional en la educación K-12, ha ganado un notorio protagonismo en los últimos años. El objetivo principal de estas iniciativas no es enseñar a programar desde la niñez, si no, fortalecer la capacidad de razonamiento, resolución de problemas y el desarrollo de los procesos cognitivos. Es por este motivo, que estudiar los efectos e impactos cognitivos que la enseñanza del pensamiento computacional tiene en los estudiantes, se ha convertido en un campo de acción con múltiples retos. Buscando aportar a este nuevo campo de estudio, esta prueba piloto evaluó el efecto de un programa de entrenamiento en pensamiento computacional sobre las funciones ejecutivas de niños en edad escolar. Los resultados mostraron que la intervención en pensamiento computacional condujo a mejoras en algunas tareas asociadas a las funciones ejecutivas de inhibición, memoria de trabajo visoespacial y planificación.

Palabras clave: Pensamiento Computacional, Funciones Ejecutivas, Educación STEM, Programación, Desarrollo cognitivo, Codificación.

Teaching computational thinking and its effects on children's executive functions

Abstract.

Teaching computational thinking in K-12 education has gained notable prominence in recent years. The main objective of these initiatives is not to teach programming from childhood but to strengthen the ability to reason, solve problems, and develop cognitive processes. For this reason, studying the cognitive effects and impacts that teaching computational thinking has on students has become a field of action with multiple challenges. Seeking to contribute to this new field of study, this pilot test evaluated the effect of a computational thinking training program on the executive functions of school-age children. The results showed that the intervention in computational thinking improved some tasks associated with the executive functions of inhibition, visuospatial working memory, and planning.

Keywords: Computational Thinking, Executive Functions, STEM Education, Programming, Cognitive development, Coding.

1. Introducción

El pensamiento computacional es principalmente una forma de pensar y actuar al resolver problemas, expresando soluciones como pasos computacionales o algoritmos que pueden ser realizados por una máquina o agente informático e incluso sin estos (Wing, 2006). En otras palabras, con el término pensamiento computacional (PC), hace referencia al abordaje de problemas, el diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano basándose en los principios y métodos fundamentales de la informática. Es entendido como un conjunto de herramientas mentales (Wing, 2008). Los componentes del PC se pueden resumir en los siguientes procesos: 1) Analizar el espacio del problema; 2) Reducir problemas difíciles en subtarefas de fácil solución; 3) Representar problemas de manera adecuada y interpretar datos; 4) Desarrollar una secuencia de pasos o algoritmos; y 5) Corregir la ejecución y verificar el alcance del objetivo (Selby, 2017; Shute et al, 2017; Wing, 2008).

En las últimas décadas, se ha incrementado el interés por incorporar la formación en PC en el marco de las ciencias de la computación K-12 -educación desde el preescolar a la preparatoria- (Kong et al., 2019), esta iniciativa pretende introducir a los estudiantes desde la más temprana edad al ejercicio de la codificación y programación, de modo que no solo aprendan a ser usuarios de tecnología, sino que desarrollen habilidades como el diseño de algoritmos, descomposición de problema y modelado, como un medio para involucrarse en nuevas soluciones de problemas a partir de los recursos de los sistemas computacionales (Shute et al., 2017). Este interés por formar el PC en todo el ciclo escolar ha llegado a considerar el PC como el nuevo tipo de alfabetización y una capacidad analítica vital del aprendizaje STEM (Burke et al., 2016; Labusch et al., 2019).

El objetivo principal de enseñar PC desde la escuela, no es exclusivamente que los niños aprendan a programar soluciones en sistemas computacionales, de hecho, desde sus inicios con Papert (1987) la incorporación del PC en edades tempranas ha buscado principalmente impactar en las habilidades cognitivas superiores, mejorando los procesos de razonamiento y la manera de solucionar problemas sean estos del tipo que sean; así como ayudar a tomar decisiones de una manera ordenada, sistemática, secuenciada y lógica (Kalelioğlu, 2015), bajo la premisa que el desarrollar estas capacidades ayuda a los estudiantes a comprender dominios académicos como las matemáticas, las ciencias y el lenguaje (Grover y Pea, 2013; Hickmott et al., 2018), a la vez, le permite aplicar estos principios a los problemas de la vida diaria (Kong et al., 2019).

En la enseñanza del PC, se pueden distinguir dos tipos de actividades, las actividades 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; Bell y Vahrenhold, 2018, Olmo-Muñoz et al., 2020), en vista que, se utiliza para introducir a las personas en los principios del PC 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, implican la interacción directa con un agente computacional, este último cuenta con un procesador que le permite recibir instrucciones de la persona, estas instrucciones corresponden a un código en lenguaje de programación que indica los pasos o algoritmo que debe seguir (Zhang y Nouri, 2019). En la enseñanza conectada del PC, la persona necesita aprender un lenguaje de programación que le permita comunicarse con el sistema computacional, estos lenguajes en edades más jóvenes suelen tener opciones menos abstractas como el lenguaje de bloques (Zhang y Nouri, 2019), ampliamente utilizado en múltiples plataformas de programación en entornos escolares como Scratch, MakeCode, Scratch, Code.org, entre otros.

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, recolecte 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; Solomon, 2003).

A nivel cognitivo, las investigaciones han demostrado una íntima relación entre los procesos cognitivos asociados a la resolución de problemas y el PC (Lozano et al., 2019; Wing, 2008). Las revisiones sistemáticas y metaanálisis de Liao & Bright (1991), Liao (2000) y Scherer et al. (2019), en las cuales analizaron más de 192 estudios, encontraron efectos de transferencia que asocian el PC con procesos cognitivos como la resolución de problemas, pensamiento crítico, pensamiento creativo, pensamiento lógico, razonamiento, planificación, metacognición y razonamiento matemático.

Los estudios sobre los efectos de la enseñanza del PC en los procesos cognitivos de los niños es un campo nuevo pero con desarrollos importantes en los últimos años. Algunos de estos estudios han encontrado que los programas educativos encaminados a desarrollar el PC en los niños han tenido efectos sobre el desempeño

escolar, el pensamiento matemático, la resolución de problemas, la creatividad, entre otros (Kalelioğlu, 2015; Román-González et al., 2017; Spieler et al., 2020; Strawhacker y Bers, 2019; Tsarava et al., 2019, 2022). Sin embargo, los estudios que han abordado los efectos de estos programas sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas de los niños son escasos.

Las funciones ejecutivas son un grupo de procesos cognitivos de orden superior involucrados en los mecanismos de regulación y control cognitivo que apoyan la organización de la conducta en la ejecución de planes de acción (Robledo y Ramírez, 2023). En otras palabras, las funciones ejecutivas involucran habilidades mentales complejas y necesarias para planificar, organizar, guiar, regularizar y evaluar el comportamiento requerido para alcanzar metas (Barkley, 2011), en especial ante situaciones nuevas (Soprano, 2010). Estos procesos cognitivos están asociados al procesamiento de áreas prefrontales del cerebro (Goldberg, 2015; Goldstein et al., 2013), y han demostrado ser determinantes para el éxito académico (Diamond, 2012). Entre estas funciones ejecutivas se pueden distinguir procesos cognitivos como la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio (Miyake, 2000), aunque algunos autores sugieren incluir dentro de este constructo otros procesos cognitivos como la planificación (Anderson, 2002; Laureys, 2022), el control atencional (Petersen & Posner, 2012) y la regulación emocional (Zelazo et al., 1997).

Entre estas iniciativas se pueden reconocer algunos trabajos en niños preescolares (Arfé et al., 2019; 2020; Di Lieto, 2017; 2020; Gerosa et al., 2019, 2021; Wang et al., 2021), los cuales han encontrado que programas educativos de PC han mejorado algunas funciones ejecutivas como lo son el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la planificación; en niños de primaria, han encontrado algunos pocos estudios en los que se ha reconocido que programas de pensamiento computacional basados en lenguaje de bloques han conducido a mejoras en procesos ejecutivos como el control inhibitorio, el comportamiento dirigido a metas y la memoria de trabajo, y otros procesos como resolución de problemas, razonamiento verbal y no verbal, habilidades matemáticas y el pensamiento reflexivo (Kalelioğlu, 2015; Robertson, 2020, Román-González et al., 2017; Tsarava, 2017; 2019, 2022).

Cada uno de estos estudios han evaluado programas específicos de enseñanza del PC con diferentes características, como programas de robótica educativa, enseñanza de codificación a través de scratch o code.org. Estos estudios enfatizan la necesidad de nuevos estudios que confirmen los hallazgos y que evalúen otros programas de PC. Como se puede observar, tras los antecedentes presentados, el conocimiento sobre los efectos del PC en procesos cognitivos ejecutivos aun requiere mayores desarrollos. Por un lado, se ha encontrado pocos estudios que investigaron en niños en los últimos grados de primaria, entre estos se identificaron estudios correlacionales (Robertson, 2020) y experimentales (Román-González et al., 2017), aunque su énfasis no fue específicamente el funcionamiento ejecutivo. La mayoría de estos estudios se enfocaron en programas de codificación abordados en entornos de desarrollo integrado basados en lenguaje de bloques, en los cuales los niños creaban animaciones y juegos, sin embargo, no se encontraron estudios experimentales en esta población que evaluaran programas de PC que implicaran la interacción con dispositivos de robótica.

Actualmente en Colombia, el ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, junto al ministerio de educación, han comenzado a promover el aprendizaje del PC en la formación básica, como se ve reflejado en programas como programación para niños (MinTic, 2021). Entre otras iniciativas de los entes territoriales que han dado lugar a un interés creciente por formar en PC en la escuela.

Este panorama nos muestra una necesidad sentida y una oportunidad para contribuir al campo de estudio sobre los efectos cognitivos del PC. En consecuencia, este estudio se ha propuesto aportar a la discusión, con la siguiente pregunta: ¿La enseñanza del PC tiene un efecto positivo sobre las funciones ejecutivas de los niños de edad escolar?, y ha planteado la siguiente hipótesis: la enseñanza del pensamiento computacional a través del programa “programación para niños” de MinTic, tiene un efecto positivo en el desarrollo de las funciones ejecutivas de los niños de 10 a 11 años.

2. Método

La investigación consistió en una prueba piloto de diseño experimental con asignación aleatoria, grupo control y medidas pre y post intervención. Se contó con la participación de 30 niños con una edad media de 10.93 años ($SD=,47$), reclutados de un curso de grado quinto de una institución educativa pública colombiana. Los niños participantes (26,6% niñas) fueron asignados aleatoriamente a los grupos; en el grupo experimental participaron 17 niños (23,1% niñas; $M= 10,94$; $SD= 0,54$) y en el grupo control 13 (29,4% niñas; $M=10.91$; $SD=0,40$). Se suscribió consentimiento informado con las familias y los niños que aceptaron participar del estudio.

2.1. Medidas de resultado

Las funciones ejecutivas (FE) hacen referencia a una serie de procesos de control cognitivo que participan en la organización del comportamiento dirigido a objetivos. Para esta investigación se han seleccionado las funciones ejecutivas de control inhibitorio, la planificación secuencial y la visoespacial, la memoria de trabajo visoespacial y la auditiva.

2.1.1. Planificación

La planificación es un componente centralizado de las EF, que requiere el uso de otras EF (como la memoria de trabajo y la inhibición) para dirigir el comportamiento a objetivos (Robledo y Ramírez, 2023). Involucra la anticipación y abordaje una tarea de manera organizada, estratégica y eficiente (Anderson, 2002). Una de las pruebas implementadas para medir la planificación secuencial es la torre de Hanói (Simón, 1995), la cual evalúa la capacidad de planear una serie de acciones que llevan a una meta específica y anticipar acciones progresivas y regresivas. Mientras que para medir la planificación visoespacial, uno de los instrumentos utilizados es el test de laberintos de la Batería BANFE-2 por Flores-Lázaro et al. (2014), la cual mide la planificación asociada a la capacidad de anticipación sistemática a la conducta visoespacial.

2.1.2. Memoria de trabajo

La memoria de trabajo (MT) es una función ejecutiva que cumple un papel fundamental en el mantenimiento, manipulación y actualización de la información durante el tiempo necesario hasta la culminación de una tarea (Best & Miller, 2010). El módulo de memoria de trabajo de Baddeley (2009) contempla diferentes dominios que conforman esta función ejecutiva, entre ellos el componente auditivo y el componente visual. Siguiendo este modelo, entre las pruebas que evalúan la memoria de trabajo se pueden distinguir pruebas memoria de trabajo visual y pruebas de memoria de trabajo auditivo.

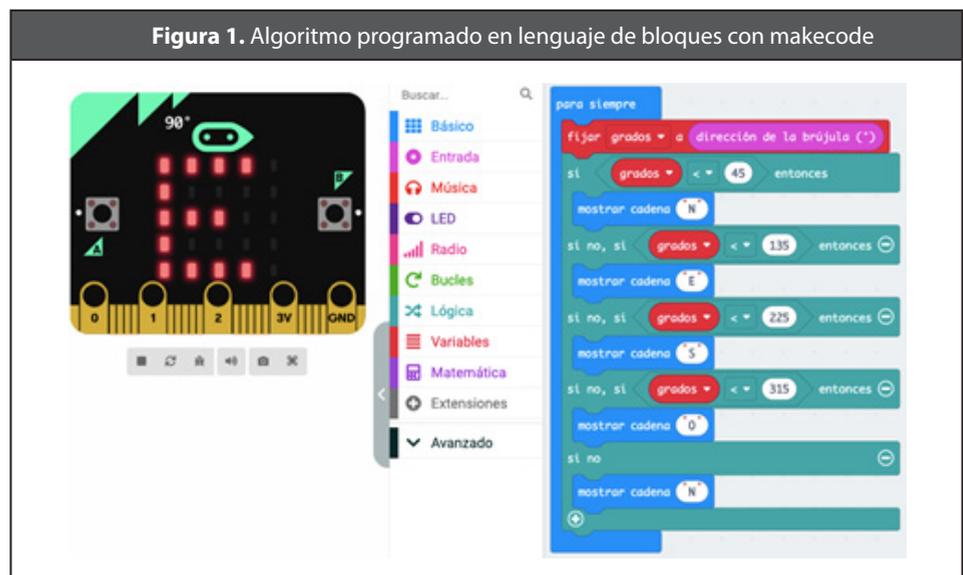
Con el ánimo de incluir ambos procesos, se seleccionaron tres pruebas que hacen parte de la escala de memoria de trabajo de la Batería neuropsicológica BANFE-2 (Flores-Lázaro et al., 2014). El test de memoria de trabajo visoespacial, el cual está basado en el test de cubos de Corsi, permite medir la capacidad de retener y actualizar información visoespacial para una secuencia específica de figuras. 2). El test de señalamiento autodirigido es una prueba que busca medir la capacidad de seleccionar estrategias eficientes para retener y actualizar información visoespacial. Por último, 3). El test de ordenamiento alfabético, basado en la tarea diseñada por Collete y Andrés (1999), se encarga de evaluar la capacidad para manipular la información verbal contenida en la memoria de trabajo.

2.1.3. Inhibición

La inhibición consiste en la capacidad de regular el comportamiento y el pensamiento, de manera que le permita al sujeto inhibir respuestas automáticas para responder de forma adaptativa a las exigencias del entorno (Buss y Lowery, 2020). Una de las pruebas más utilizadas para medir el control inhibitorio es la prueba Stroop (Golden, 2020). Para este estudio se seleccionó la versión de la prueba stroop de la batería BANFE-2, la cual sigue los mismos principios que la original y ha sido validada para población latinoamericana.

2.2. Intervención

La intervención seleccionada para el grupo experimental consistió en un programa de entrenamiento en PC basado en el programa “Programación para niños” de MinTic (2021). Este tuvo una duración de 16 sesiones, distribuidas en ocho semanas, dos veces a la semana, con sesiones que duraron alrededor de dos horas. Todas las actividades tuvieron lugar en las instalaciones de la institución educativa, en horario escolar. El grupo control, recibió clases de tecnología como de costumbre durante el mismo tiempo que el grupo experimental.



Durante la intervención se incluyeron actividades conectadas y desconectadas del programa “programación para niños”. Las actividades desconectadas fueron grupales, consistían en ejercicios como juegos, laberintos, y retos. En estas los niños resolvieron problemas siguiendo los principios computacionales pero sin necesidad de involucrar un agente computacional. Durante las actividades conectadas, los niños aprendieron codificación en lenguaje de bloques a través de la plataforma de desarrollo integrado makecode, con la cual aprendieron a programar el micro procesador micro-bit, un dispositivo diseñado por BBC para enseñar programación en contextos escolares (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Actividades del programa de intervención	
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción al pensamiento computacional - Conceptos básicos del pensamiento computacional - Diferenciar qué es un programa, un programador y un procesador
Ficha 1	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar un conjunto de pasos para realizar una tarea. - Simular la ejecución de ese conjunto de pasos - Manejar el editor Makecode de la micro:bit para escribir un programa y simular su funcionamiento. - Utilizar entradas y salidas de la micro: bit - Utilizar variables booleanas.
Ficha 2	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar condicionales para decidir realizar o no una acción. - Utilizar condicionales para controlar la repetición de un conjunto de acciones. - Interpretar y hacer diagramas de flujo sencillos. - Utilizar variables de entrada de magnitudes físicas como la temperatura.
Ficha 3	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar variables booleanas de entrada. - Comunicar instrucciones utilizando la pantalla LED y un código de flechas. - Utilizar operaciones lógicas para decidir qué acción se ejecuta. - Utilizar bucles que se repiten hasta terminar la tarea.
Ficha 4	<ul style="list-style-type: none"> - Definir una variable interna que guarde un valor numérico. - Realizar operaciones con los valores en variables internas. - Obtener un número aleatorio con la micro: bit
Ficha 5	<p>Estructurar una situación problema</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar especificaciones y restricciones - Diseñar y probar un prototipo
Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> - Programar el acelerómetro para diseñar un dado - Diseñar juego de piedra, papel o tijera - Construir una brújula - Construir un lector de humedad para plantas - Programar el sensor de sonido para encender las luces con aplausos

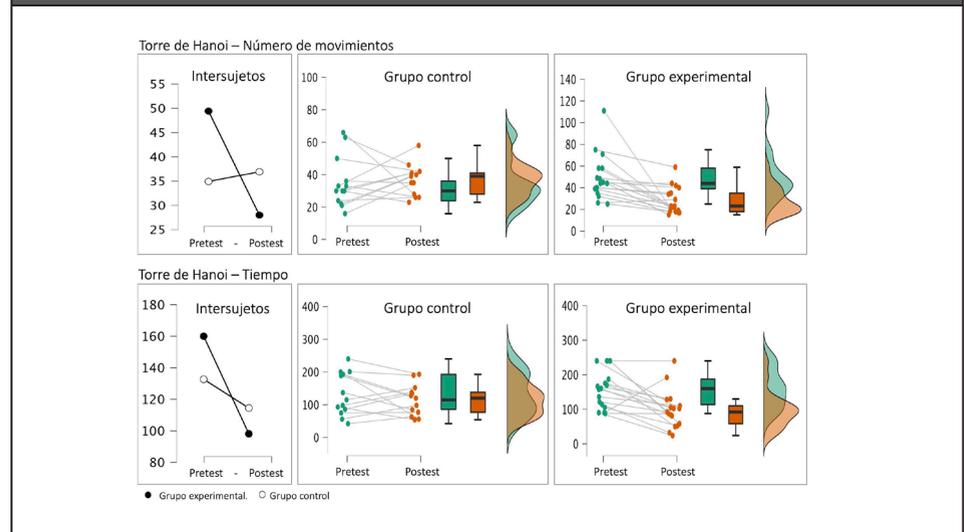
Adicionalmente, las últimas dos semanas de la intervención los investigadores formularon actividades basadas en problemas en las cuales los estudiantes debían tomar decisiones sobre cómo afrontar un problema específico, recolectar la información necesaria, definir una secuencia de pasos para solucionar el problema computacionalmente y construir una solución algorítmica, que luego simularon en la micro:bit. En la figura 2 se presenta la estructura de la intervención, las actividades realizadas y las fichas del programa de MinTic a las que corresponde, así como las actividades de resolución de problemas que se incluyeron las últimas dos semanas del programa.

3. Resultados

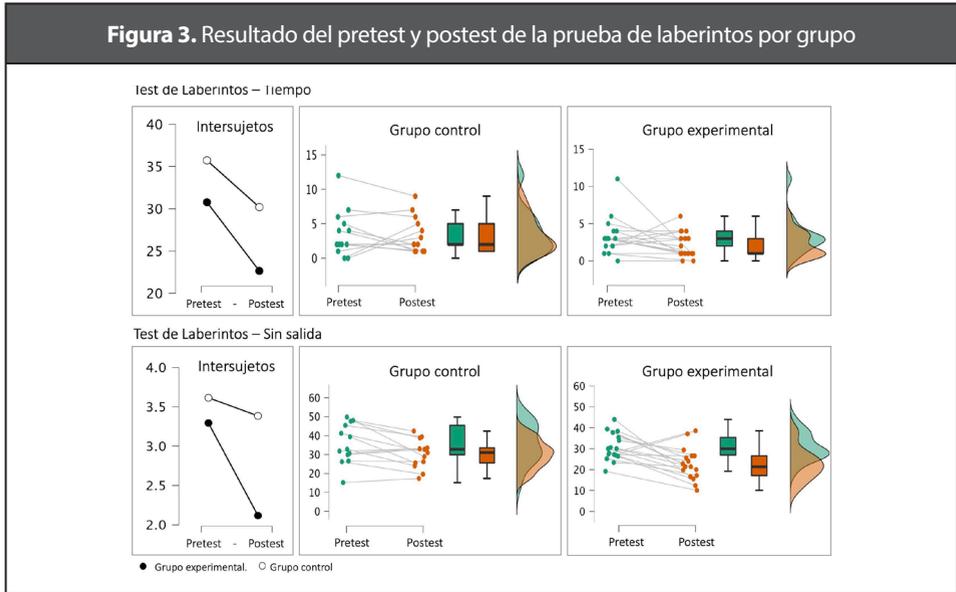
Los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad. Por esta razón, se eligió una prueba no paramétrica de los signos de Wilcoxon (W), la cual está libre de supuestos, para el examen de las diferencias entre los pretest y los posttest de forma separada para el grupo experimental y el de control. Para esta prueba se verifica el nivel de significancia (p) y se utiliza la correlación rango biserial (r_b) como medida apropiada de tamaño del efecto.

En relación la planificación secuencial (Figura 3), para la torre de Hanoi se observaron diferencias significativas entre el pretest y el post-test en el grupo experimental tanto en el número de movimientos ($W= 135$ $p<.001$ $r_b= .985$), como en el tiempo de ejecución ($W= 124$ $p=.004$ $r_b= .824$), con un tamaño del efecto grande comparados con el grupo control que no mostró diferencias significativas en ninguna de estas medidas (movimientos $W= 34.5$ $p=.463$ $r_b= -.242$; tiempo $W= 61$ $p=.305$ $r_b= .341$).

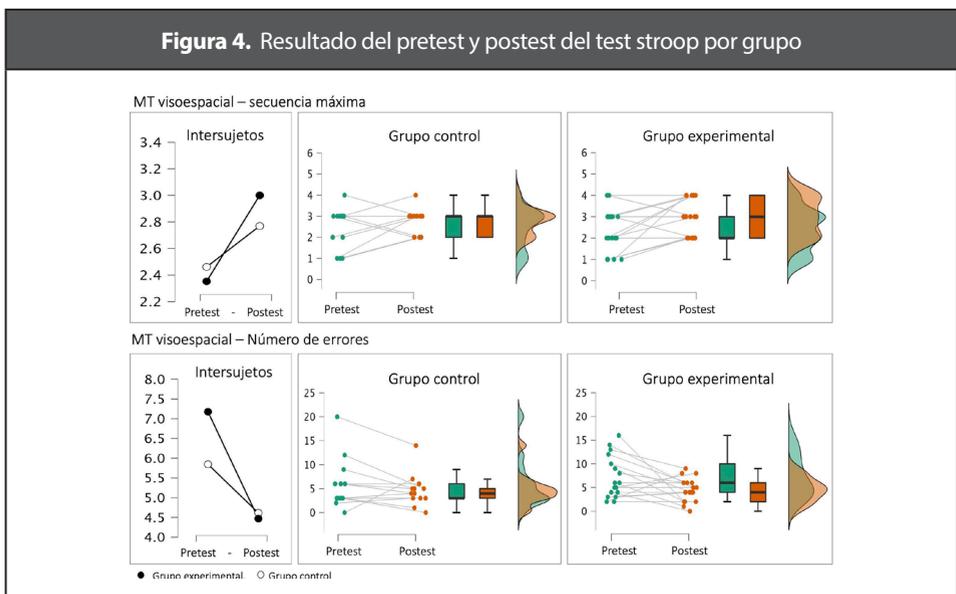
Figura 2. Resultados del pretest y postest en las medidas de la Torre de Hanoi por grupo



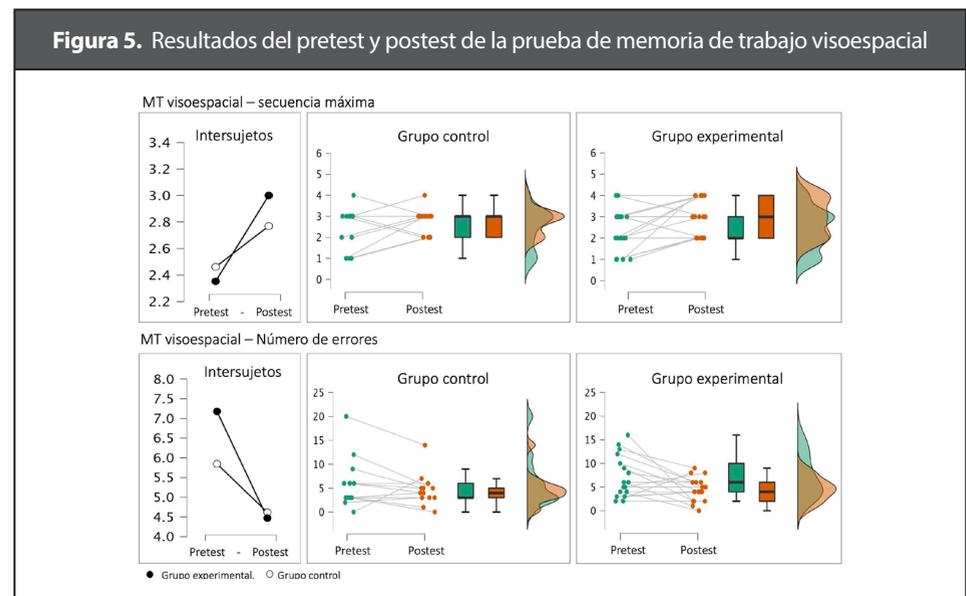
En la prueba de laberintos empleada para evaluar planificación visoespacial (Figura 3), se contó con dos medidas, el tiempo de ejecución y el número de errores al entrar en laberintos sin salida. Examinados los resultados del tiempo de ejecución fue posible observar una diferencia significativa entre el pretest y postest con tamaño del efecto grande en el grupo experimental ($W= 133$ $p=.006$ $r_b = .739$), sin embargo, esta diferencia también fue significativa en el grupo control con un tamaño del efecto grande ($W= 77$ $p= .30$ $r_b = .692$), lo que parece indicar que estas diferencias son efecto del paso del tiempo más no de la intervención. Mientras que la medida de número entradas sin salida no mostró una diferencia significativa entre el pretest y el postest ni en el grupo experimental ($W= 68$ $p=.121$ $r_b = .495$) ni en el control ($W= 37.5$ $p=.720$ $r_b = .136$).



Los resultados de la prueba Stroop (Figura 4), que mide la inhibición, mostraron una diferencia significativa entre el pretest y postest en el grupo experimental con un tamaño del efecto grande, tanto en la medida de tiempo de ejecución ($W= 141 p<.001 r_b = .843$) como en número de aciertos ($W=18.5 p= .019 r_b = -.692$), mientras que el grupo control no mostró diferencias significativas entre estas pruebas (Tiempo $W= 56 p= .484 r_b = .231$; aciertos $W= 38.5 p= .647 r_b = -.154$).

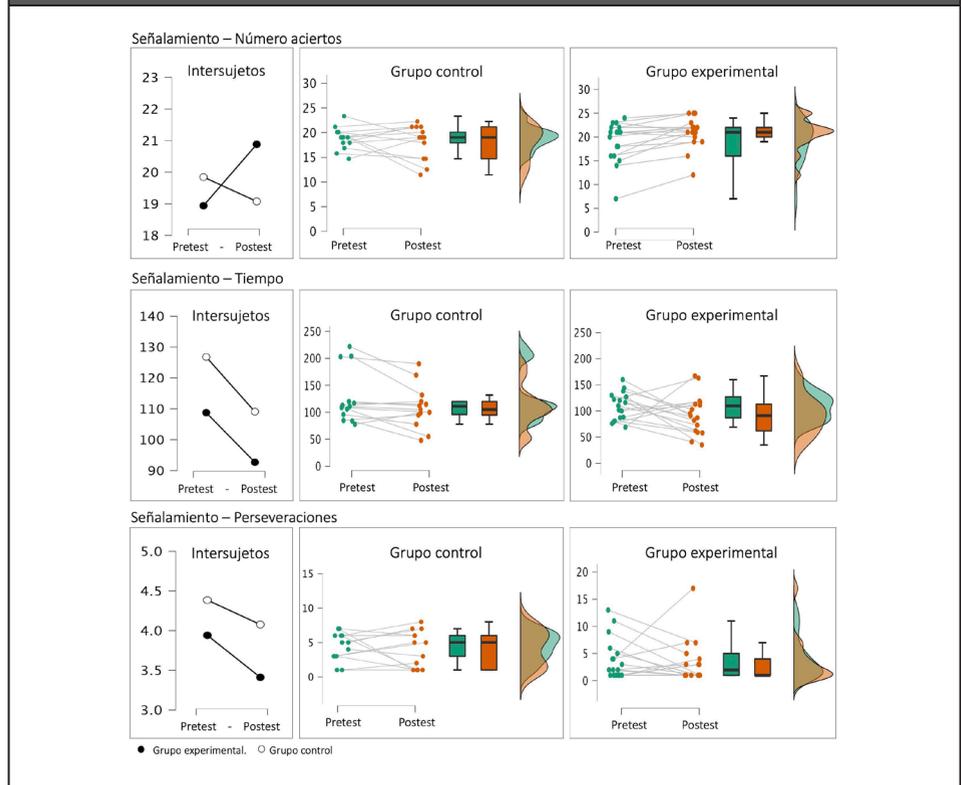


En la prueba de memoria de trabajo visoespacial (Figura 5), la medida de secuencia máxima ($W= 9 p=.029 r_b= -.727$) y el número de errores ($W= 75 p=.042 r_b= .648$) mostraron una diferencia significativa entre el pretest y postest en el grupo experimental con un tamaño del efecto grande, mientras que no se observaron diferencias en el grupo de control (secuencia máxima $W= 13.5 p=.275 r_b= -.400$; errores $W= 41.5 p=.167 r_b= .509$).



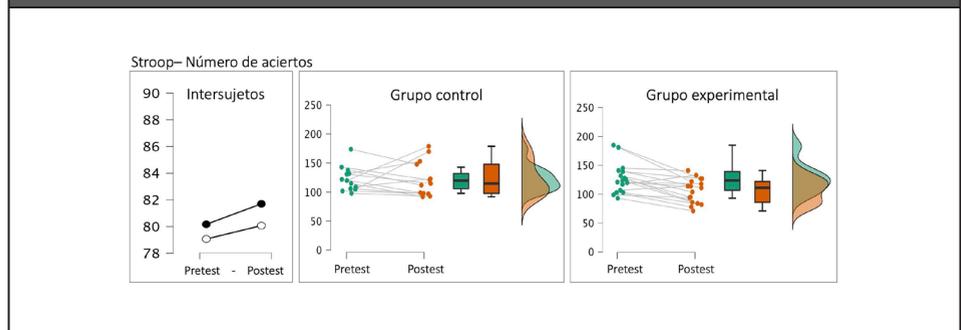
Para la prueba de señalamiento autodirigido (Figura 6), el número de aciertos ($W= 9 p=.007 r_b= -.829$), el tiempo de ejecución ($W= 107.5 p=.149 r_b= .405$) y el número de perseveraciones ($W= 64 p=.489 r_b= .219$), este último corresponde al figuras que fueron señaladas más de una vez. El grupo experimental mostró una diferencia significativa entre el pretest y el postest, con tamaño de efecto grande en la medida del número de aciertos mientras que el grupo control no mostró ninguna diferencia significativa en esta medida. En las medidas de tiempo de ejecución y número de perseveraciones no se observó una diferencia significativa entre el pretest y el postest en el grupo experimental ni el grupo control. (Aciertos $W= 52.5 p=.647 r_b= .154$; tiempo $W= 73 p=.057 r_b= .604$; perseveraciones $W= 31.5 p=.928 r_b= -.045$).

Figura 6. Resultados del pretest y posttest de la prueba de señalamiento autodirigido por grupo



La prueba de ordenamiento (Fig 7), que evalúa la memoria de trabajo verbal, no mostró diferencias significativas entre el pretest y el posttest ni en el grupo experimental ($W= 64.5$ $p=.585$ $r_b = -.157$), ni en el grupo control ($W= 34$ $p=.718$ $r_b = -.128$).

Figura7. Resultados pretest y posttest de la prueba de ordenamiento por grupo



4. Discusión

El estudio demostró que la enseñanza del pensamiento computacional, a través de una intervención basado en el programa “Programación para niños” de MinTic, tuvo efectos significativos en el desempeño de algunas funciones ejecutivas de los niños participantes. Los resultados mostraron que el grupo experimental obtuvo diferencias estadísticamente significativas en múltiples medidas, incluyendo la prueba stroop, la prueba de señalamiento, la memoria de trabajo visoespacial, los laberintos y la torre de Hanoi. En contraste, el grupo de control solo obtuvo diferencias significativas en la medida de tiempo en el test de laberintos. Además, los tamaños de efecto fueron grandes en todos los casos para el grupo experimental ($r_b > .5$).

Luego de la intervención en PC, el grupo experimental mostró mejoras en las medidas de número de movimiento y tiempo de ejecución de la Torre de Hanoi, lo que puede interpretarse como un efecto positivo de la intervención sobre la planificación secuencial. Otros estudios también han encontrado mejoras en medidas de planificación secuencial como la Torre de Londres luego de intervenciones en PC en niños de edad preescolar y primer grado de primaria (Arfè et al., 2020; Di Lieto et al., 2021). Sin embargo, el desempeño en la capacidad de planificación visoespacial, medida con la prueba de laberintos, no mostró efectos significativos relacionados con la intervención. A pesar de que otros estudios similares sí han encontrado mejoras significativas en pruebas de planificación visoespacial en niños más jóvenes (Arfè et al., 2020).

Los resultados de las tres medidas de la memoria de trabajo presentaron una diversidad de resultados. En particular, el desempeño en la prueba de memoria visoespacial (una adaptación de los bloques de Corsi incluida en la batería BANFE-2), mostró mejoras en las medidas de tiempo de ejecución, la secuencia máxima de imágenes y el número de errores en el grupo experimental en comparación con el grupo de control. Los resultados encontrados en este estudio son consistentes con hallazgos previos en investigaciones similares con niños más

jóvenes (Di Lieto et al., 2017; 2021; Gerosa, 2019; 2021; Wang et al., 2021), que han demostrado que las intervenciones en el PC tienen efectos positivos en la memoria de trabajo visoespacial medida con bloques de Corsi. No obstante, a pesar de los efectos observados en esta prueba, la intervención no evidenció efectos significativos en otras medidas de memoria de trabajo como la formulación de estrategias de actualización para estímulos visuales, medida mediante la prueba de señalamiento autodirigido. Tampoco se observaron cambios en el desempeño de la memoria de trabajo verbal, medida a través del test de ordenamiento verbal, de manera similar, algunos estudios (Tsarava et al., 2019; 2022), observaron resultados no concluyentes en las medidas de memoria de trabajo. Estos hallazgos exigen revisar el tipo de medidas implementadas en los estudios, pero también sugieren que, en los niños de los últimos años escolares, la implementación de actividades de PC puede tener efectos beneficiosos en la capacidad de manipular información visoespacial en la memoria de trabajo, aunque no demuestre efectos sobre otros componentes de la memoria de trabajo.

En cuanto a la capacidad de inhibición, se encontró que la intervención tuvo un efecto significativo en las medidas de tiempo de ejecución y el número de aciertos de la prueba stroop, demostrando una mejora en el rendimiento del grupo experimental en comparación con el grupo de control. En términos de puntuaciones medias, la medida de tiempo de ejecución mostró un mayor efecto. Estos resultados concuerdan con algunos estudios anteriores, en los cuales se observaron en la inhibición en diferentes poblaciones mediante el uso de diferentes instrumentos de medición, como la subescala de inhibición la batería NEPSY-2 en niños de grado primero y preescolar (Arfè et al., 2020; Di Lieto et al., 2021), la escala comportamental BRIEF-2 en niños de 10 a 12 años (Robertson, 2020) y una medida de autoregulación del test de habilidades mentales primarias en niños de primaria (Román-González, 2016). Si bien estas medidas guardan diferencias notables con la tarea clásica stroop, en general muestran que el PC puede tener efectos sobre el dominio cognitivo de la inhibición.

5. Conclusiones

A partir de los resultado de este estudio piloto, se puede concluir que la enseñanza del pensamiento computacional en niños de los últimos grados de primaria, puede mejorar ciertas funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo visoespacial, la planificación secuencial y la inhibición cognitiva en niños en los últimos años de la escuela primaria. Si bien estos resultados concuerdan con los hallazgos de otros estudios anteriores, aunque desarrollados en diferentes poblaciones y con diferentes intervenciones, es importante delimitar el alcance de la presente investigación, ya que al ser una prueba piloto tuvo un tamaño de la muestra limitado y requiere ser confirmado por estudios de mayor alcance. En general, estos resultados resaltan el potencial de una intervención en PC para mejorar las funciones ejecutivas de los niños en los últimos grados de la escuela primaria.

6. Referencias

- Anderson, P., 2002. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), pp.71-82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>.
- Arfé, B. and Vardanega, T., 2019. Imparare a ragionare: il ruolo del pensiero computazionale a scuola. *Giornale Italiano di Psicologia*, 46, pp.765-769. <https://doi.org/10.1421/95548>.
- Arfé, B., Vardanega, T. and Rononia, L., 2020. The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers and Education*, 148, pp.2-16. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>.
- Baddeley, A., Eysenck, M. and Anderson, M., 2009. Memoria de trabajo. In: Memoria, 1st ed. Alianza Editorial, pp.63-91.
- Barkley, R.A., 2011. Executive functioning and self-regulation: Integration, extended phenotype, and clinical implications. New York: Guilford Press.
- Bell, T. and Lodi, M., 2019. Constructing computational thinking without using computers. *Constructivist Foundations*, 14(3), pp.342-351. <https://hal.inria.fr/hal-02378761/document>.
- Bell, T. and Vahrenhold, J., 2018. CS Unplugged—How is it used, and does it work? In: H.J. Böckenhauer, D. Komm and W. Unger, eds. *Adventures Between Lower Bounds and Higher Altitudes*. Springer, pp.497-521. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98355-4_29.
- Best, J.R. and Miller, P.H., 2010. A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), pp.1641-1660. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x>.

- Burke, Q., Byrne, W.I. and Kafai, Y.B., 2016. Computational participation: Understanding coding as an extension of literacy instruction. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 59(4), pp.371-375. <https://doi.org/10.1002/jaal.496>.
- Buss, A.T. and Lowery, K.N., 2020. Inhibitory control and executive function. In: J. Benson, ed. *Encyclopedia of Infant and Early Childhood Development*. 2nd ed. Elsevier, pp.183-193. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809324-5.23669-9>.
- Collette, F. and Andres, P., 1999. Lobes frontaux et memoire de travail. In: M. Van der Linden and X. Seron, eds. *Neuropsychologie de lobes frontal*. Francia: Solal, pp.89-114.
- Di Lieto, M.C., Inguaggiato, E., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dell’Omo, M., Laschi, C., Pecini, C., Santerini, G., Sgandurra, G. and Dario, P., 2017. Educational robotics intervention on executive functions in preschool children: A pilot study. *Computers in Human Behavior*, 71, pp.16-23. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.018>.
- Di Lieto, M.C., Castro, E., Pecini, C., Inguaggiato, E., Cecchi, F., Dario, P., Cioni, G. and Sgandurra, G., 2020. Empowering executive functions in 5- and 6-year-old typically developing children through educational robotics: An RCT study. *Frontiers in Psychology*, 10(1), p.3084. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.03084>.
- Diamond, A., 2012. Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, pp.135-168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>.
- Flores-Lázaro, J.C., Otrrosky-Shejet, F. and Lozano-Gutierrez, A., 2014. *Batería neuropsicológica de funciones ejecutivas y lóbulos frontales*. Manual Moderno.
- Gerosa, E., Koleszar, V., Gómez, L., Tejera, G. and Carboni, A., 2021. Cognitive abilities and computational thinking at age 5: Evidence for associations to sequencing and symbolic number comparison. *Computers and Education Open*, 2, p.100043. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100043>.
- Goldberg, E., 2015. El director ejecutivo del cerebro: Una mirada a los lóbulos frontales. In: *El cerebro ejecutivo*. Editorial Planeta, pp.29-33.
- Golden, C.J., 2020. *STROOP. Test de Colores y Palabras*. Madrid: TEA Ediciones.
- Goldstein, S., Naglieri, J.A., Princiotta, D. and Otero, T.M., 2013. Introduction: A history of executive functioning. In: S. Goldstein and J.A. Naglieri, eds. *Handbook of executive functioning*. Springer, pp.3-12. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8106-5_1.
- Grover, S. and Pea, R., 2013. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42, pp.38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>.
- Hickmott, D., Prieto-Rodríguez, E. and Holmes, K.A., 2018. Scoping review of studies on computational thinking in K–12 mathematics classrooms. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4, pp.48-69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>.
- Kalelioğlu, F., 2015. A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, 52, pp.200-210. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>.
- Kay, J., Barg, M., Fekete, A., Greening, T., Hollands, O., Kingston, J. and Crawford, K.A., 2000. Problem-based learning for foundation computer science courses. *Computer Science Education*, 10(2), pp.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).
- Kong, S.C., Abelson, H. and Lai, M., 2019. Introduction to computational thinking education. In: S.C. Kong and H. Abelson, eds. *Computational Thinking Education*. Springer, pp.1-10. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_1.
- Labusch, A., Eickelmann, B. and Vennemann, M., 2019. Computational thinking processes and their congruence with problem-solving and information processing. In: S.C. Kong and H. Abelson, eds. *Computational Thinking Education*. Springer, pp.65-84. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_5.

- Laureys, F., De Waelle, S., Barendse, M.T., Lenoir, M. and Deconinck, F.J.A., 2022. The factor structure of executive function in childhood and adolescence. *Intelligence*, 90, p.101600. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2021.101600>.
- Liao, Y.K., 2020. A meta-analysis of computer programming on cognitive outcomes: An updated synthesis. In: J. Bourdeau and R. Heller, eds. *Proceedings of ED-MEDIA 2000—World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), pp.563-569. <https://www.learntechlib.org/primary/p/16132/>.
- Liao, Y.K. and Bright, G., 1991. Effects of computer programming on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 7(3), pp.251-266. <https://doi.org/10.2190/E53G-HH8K-AJRR-K69M>.
- Lozano, I., Roldán, D., Bacelo, A. and Martín, E., 2019. BlueThinking, a programming tool for the development of executive functions at childhood. *Proceedings of the XX International Conference on Human Computer Interaction*, 31. <https://doi.org/10.1145/3335595.3335600>.
- Miller, D.C. and Halpern, D.F., 2014. Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learning and Individual Differences*, 32, pp.63-72. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.010>.
- Miller, G.A. and Cohen, J.D., 2001. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), pp.167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>.
- Moreno, M.M., Otero, T.M. and Ramos, J.G., 2013. Executive functioning in preterm and full-term children: A differential approach. *Child Neuropsychology*, 19(4), pp.392-414. <https://doi.org/10.1080/09297049.2012.667071>.
- Navarro, J., Calero, M.D. and García-Martín, M.B., 2011. Desarrollo evolutivo de las funciones ejecutivas según la planificación temporal: Influencia del nivel de inteligencia y del nivel socio-familiar. *Psicothema*, 23(1), pp.64-70. <https://reunido.uniovi.es/index.php/PST/article/view/8831/8691>.
- Navarro, J., Gozález, M., García, C. and Calero, M.D., 2007. Desarrollo de la función ejecutiva según la planificación temporal. *European Journal of Education and Psychology*, 1(3), pp.39-52. <https://doi.org/10.30552/ejep.v1i3.25>.
- Palladino, P. and Ferrari, M., 2018. Le funzioni esecutive: Differenze evolutive tra fanciullezza e adolescenza. *Psicologia Clinica dello Sviluppo*, 22(1), pp.81-97. <https://doi.org/10.1449/86520>.
- Papert, S., 1980. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S., 1993. *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Papert, S., 1999. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. 2nd ed. New York: Basic Books.
- Poland, M., 2017. Educational robotics as a learning tool for developing spatial ability in STEM. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), pp.175-197. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9346-5>.
- Prensky, M., 2012. *From digital natives to digital wisdom: Hopeful essays for 21st century learning*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.
- Sáez de Urabain, I.R., Johnson, M.H., Smith, T.J. and Karmiloff-Smith, A., 2014. The importance of action in the development of cognitive and social skills. *Frontiers in Psychology*, 5, p.1361. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01361>.

- Schoevers, E.M., Kroesbergen, E.H. and Jolles, J., 2017. The Amsterdam Coding System (ACS): Coding and thinking in 4-8-year-old children. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 11, pp.9-19. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2016.11.003>.
- Shields, G.S., Sazma, M.A., McCullough, A.M. and Yonelinas, A.P., 2016. The effects of acute stress on the memory: A meta-analysis and integration of recent findings. *Psychological Bulletin*, 142(4), pp.337-352. <https://doi.org/10.1037/bul0000030>.
- Siegler, R.S., DeLoache, J.S. and Eisenberg, N., 2010. *How children develop*. 3rd ed. Worth Publishers.
- Vatterott, C., 2015. Rethinking homework: Best practices that support diverse needs. Alexandria, VA: ASCD.
- Vassena, R., D'Antone, I. and Castaldi, E., 2018. The role of executive functions in the development of mathematical skills: A literature review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25, pp.64-76. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1306-4>.
- Verbruggen, F., McLaren, I.P. and Chambers, C.D., 2014. Banishing the control homunculi in studies of action control and behavior change. *Perspectives on Psychological Science*, 9(5), pp.497-524. <https://doi.org/10.1177/1745691614526414>.
- Wing, J.M., 2006. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), pp.33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Ybarra, M.L., Mitchell, K.J., Finkelhor, D. and Wolak, J., 2007. Internet prevention messages: Targeting the right online behaviors. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 161(2), pp.138-145. <https://doi.org/10.1001/archpedi.161.2.138>.
- Zelazo, P.D., Müller, U., Frye, D. and Marcovitch, S., 2003. The development of executive function. In: W. Riegler, ed. *Handbook of Developmental Psychology*. Blackwell Publishing, pp.345-368.

Financiamiento: Este estudio piloto hace parte del proyecto de investigación número 410123, financiado por el fondo de investigaciones de la Universidad del Tolima.

Declaraciones: El presente artículo presenta avances de la tesis doctoral de la primera autora, estudiante del programa de doctorado en ciencias cognitivas de la Universidad Autónoma de Manizales.

Aprobación ética: La investigación cumplió con los requisitos éticos descritos en la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 (Ministerio de Salud, 1993) y fue avalada por el comité de bioética de la Universidad Autónoma de Manizales, según acta 124 del 29 de septiembre de 2021.