



Fomentar las habilidades de pensamiento computacional en los maestros del Programa Ondas Caldas

Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 22/ Edición N.43
Enero - junio 2025
Reia4311 pp. 1-22

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

PARA CITAR ESTE ARTÍCULO / TO REFERENCE THIS ARTICLE /

López Rudas, E. A.; Robledo Castro, C.
y Castillo Ossa, L. F.

Fomentar las habilidades de
pensamiento computacional en los
maestros del Programa Ondas Caldas

Revista EIA, 22(43), Reia4311
pp. 1-22.
<https://doi.org/10.24050/reia.v22i43.1824>

✉ *Autor de correspondencia:*

Robledo Castro, C.
Candidata a doctora en ciencias
cognitivas.
Correo electrónico:
crobledoc@ut.edu.co

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

ERIKA ANDREINA LÓPEZ RUDAS¹

✉ CAROLINA ROBLEDO CASTRO^{1,2}

LUIS FERNANDO CASTILLO OSSA^{1,3}

1. Universidad Autónoma de Manizales, Manizales, Colombia
2. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia
3. Universidad de Caldas, Manizales, Colombia

Resumen

El estudio tuvo el objetivo de evaluar el impacto de un programa de formación en habilidades de pensamiento computacional en maestros del Programa Ondas del departamento de Caldas. La metodología empleada fue un estudio piloto cuasi-experimental con medidas pre y post intervención. La muestra estuvo conformada por 31 maestros de primaria y secundaria de zonas rurales de municipios de Caldas. Como medida de resultado se seleccionó test de pensamiento computacional CTt. La intervención tuvo una intensidad de 40 horas, con metodología híbrida distribuidas en dos meses. En los resultados se observó una mejora estadísticamente significativa en las habilidades de pensamiento computacional de los maestros. Se identificaron diferencias previas asociadas a género (puntuaciones ligeramente más bajas en mujeres) y grado escolar (mejores resultados en primaria). La formación docente en pensamiento computacional tiene un impacto positivo y puede ser una herramienta valiosa para la innovación educativa. El presente estudio actúa como un ejercicio piloto que espera contribuir a futuros estudios sobre la formación del pensamiento computacional en los maestros.

Palabras clave: Pensamiento computacional, Formación STEM, Formación docente, pensamiento algorítmico.

Promote computational thinking skills in teachers of the Ondas Caldas Program

Abstract

The study aimed to assess the effectiveness of a computational thinking training program for teachers participating in the Ondas program in Caldas, Colombia. A quasi-experimental pilot study was conducted, employing pre- and post-intervention assessments. The sample consisted of 31 primary and secondary teachers from rural areas across Caldas' municipalities. The CTt computational thinking test served as the primary measure of outcomes. The intervention spanned 40 hours, delivered through a hybrid methodology over two months. Results indicated a statistically significant improvement in teachers' computational thinking skills. Gender-related differences were noted, with women initially scoring slightly lower. Additionally, primary school teachers demonstrated better baseline results compared to their secondary school counterparts. The findings highlight the positive impact of computational thinking training for educators, highlighting its potential as a catalyst for educational innovation. This pilot study aims to inform future research endeavors in teacher training focused on computational thinking.

Keywords: Computational thinking, STEM education, teacher professional development, algorithmic thinking

1. Introducción

1.1. Programa Ondas, en el camino del pensamiento computacional.

El Programa Ondas, nace en el año 2001 con el objetivo de fomentar en niños, niñas, adolescentes y jóvenes una cultura de Ciencia, Tecnología e Innovación (CT+I), a través de la investigación como estrategia pedagógica, partiendo de la pregunta como eje articulador del proceso. Ondas parte de la premisa de que la investigación y las actividades asociadas explorar, indagar, buscar, ensayar, experimentar, se pueden fomentar desde la primera infancia, aún antes de que aparezca el lenguaje, y son susceptibles de ser desarrolladas a lo largo de la vida. Unido a esto, Ondas, ha permitido el acercamiento de los niños, niñas y jóvenes a la ciencia y

la tecnología, mejorando su percepción sobre la misma y vinculando la educación básica y media con la investigación fortaleciendo las capacidades y habilidades de los menores (Núñez, 2017).

Manjarréz y Mejía (2012), enfatiza que un aprendizaje clave para los niñas, niños y jóvenes es lograr dar salida a sus preguntas desde la investigación, y no desde el saber común, debido a que esto permite resolver problemas de manera y sistemática, a la vez que le permiten encontrar resultados nuevos. De este modo, en los procesos que genera Ondas, los niños y las niñas la formación en investigación requiere puedan desarrollarse en un ambiente de interacción continua, que fortalezca las capacidades de interpretación, de análisis y de síntesis de la información, y de búsqueda de problemas no resueltos, el pensamiento crítico y otras capacidades como la observación, la descripción y la comparación (Miyahira, 2009, p. 121). Sin embargo, es importante aclarar que Ondas no es solo para estudiantes, también el maestro tiene un rol relevante. Ellos participan como acompañantes coinvestigadores y/o investigadores ubicando su práctica en el ámbito de la producción de conocimiento y no solo en la transmisión de este (Pérez, 2022).

Como se intuye, todas estas habilidades están relacionadas directamente con la formación para la investigación buscando la solución de problemas de su contexto: familiar, social, escolar, cultural, ambiental, entre otros, desarrollan capacidades y habilidades derivadas de nuevas realidades que les permiten tener una visión diferente del mundo desde nuevos procesos de acercamiento y producción de saber y conocimientos fundados en la CT+I, con una mirada crítica y propositiva de la realidad colombiana y con relación a los maestros que acompañan las experiencias investigativas de los niños, niñas y jóvenes que participan en el Programa Ondas la subcategoría innovación pedagógica pretende que el proceso de acompañamiento impacte la praxis pedagógica de los maestros en aras de la transformación de su quehacer cotidiano en el aula para la formación investigativa de los estudiantes.

De esta manera, la formación en el Programa Ondas busca el desarrollo de habilidades comunicativas, argumentativas y científicas, el uso de la razón y el desarrollo de las funciones complejas de pensamiento que, a su vez, generan espacios de participación y

decisión ciudadana de los estudiantes participantes en los procesos que, en muchos de los casos, son diseñados con acuerdos y reglas establecidas por ellos mismos (Sastre, 2012).

En cuanto a los impactos, es de esperarse que intervenciones como Ondas generan efectos en el corto, mediano y en el muy largo plazo. Formar en capacidades y habilidades investigativas es una necesidad inaplazable para responder a los retos planteados a la educación, dada la importancia de potenciar en los educandos saberes y conocimientos indispensables para que aprendan a convivir e interactuar a lo largo de sus vidas (Jiménez, 2022). Desde estas certezas, el Programa Ondas Caldas, en sus años de experiencia, apunta a involucrar a niños, jóvenes y maestros en las dinámicas de la ciencia, al potenciar en ellos el pensamiento científico y desde hace un tiempo el pensamiento computacional, a partir del recorrido por los caminos que conducen a la construcción de conocimiento permitido que gran número de estudiantes colombianos desarrollan un interés profundo y duradero por la ciencia y la tecnología. No se trata aquí de convertirlos en un calco del científico tradicional; por el contrario, el propósito se centra en abrir las mentes a la indagación, a la duda, a la incertidumbre, a la hipótesis y a la creatividad, condiciones necesarias para comprender la importancia del conocimiento científico y tecnológico, así como su impacto en la vida propia y de sus comunidades.

Con esta nueva manera de concebir la ciencia, se impactan poco a poco los currículos fragmentados en asignaturas que no dialogan entre sí. El Programa lleva a los estudiantes y maestros a descubrir la integralidad del conocimiento, por ello, el maestro es tan importante como los estudiantes dentro de las actividades propias del Programa Ondas. A pesar de que este, solo es considerado un coinvestigador en el proceso, es quien dirige al grupo a alcanzar los objetivos de cada proyecto presentado (Gil, 2023). El cambio en las dinámicas discursivas y pedagógicas es el factor principal dentro de estas contribuciones (López & Henao, 2021) señalan que el método del Programa Ondas en el departamento de Caldas aporta a la formación del pensamiento computacional sintetizado como una habilidad fundamental que implica la capacidad de resolver problemas de manera sistemática y eficiente utilizando principios

y conceptos derivados de la informática, sin desconocer que surge de la informática, y sin embargo, el pensamiento computacional es aplicable a una amplia gama de disciplinas y situaciones, desde la ciencia y las matemáticas hasta las artes y las ciencias sociales.

En Ondas, la investigación es una estrategia pedagógica (IEP). Esto significa que su sentido es contribuir a la formación del espíritu científico (Bachelard, 2000). La investigación como estrategia pedagógica (IEP) es una innovación que muestra un camino hacia la formación de competencias ciudadanas, originadas en las relaciones entre pares y en las nuevas relaciones pedagógicas entre el maestro y el estudiante. La interacción entre estos dos actores del proceso educativo favorece la posibilidad de integrar y promover el pensamiento computacional entre los estudiantes mediante varias estrategias y actividades específicas que alinean con sus objetivos de fomentar la cultura científica y el desarrollo de competencias investigativas. Tal dinámica ofrece otra forma de concebir el conocimiento, ya no separado por asignaturas, sino integrado a la identificación, comprensión y solución de los problemas que acaecen al individuo y a la sociedad.

Ahora bien, el Programa Ondas no tiene el propósito de estudiar qué tanto los niños y jóvenes han comprendido los conceptos y teorías científicas, sino más bien indagar sobre las habilidades para investigar, es decir, de sus habilidades para producir conocimiento de forma intencionada, sistemática y controlada (MinCiencias, 2020). En este mismo orden de ideas, integrar el aprendizaje del pensamiento computacional a las iniciativas del programa ondas, se postula como un recurso para que los niños, niñas y jóvenes logren desarrollar habilidades de resolución de problemas que integren los principios de la informática y que puedan ser aplicados en otros escenarios de la vida cotidiana (Grover, 2013; Kong, 2019).

El pensamiento computacional proporciona un marco cognitivo y metodológico que apoya el desarrollo del pensamiento científico al facilitar la resolución estructurada de problemas, la utilización de modelos y simulaciones, y el pensamiento algorítmico y lógico necesario para la investigación y el avance científico (Hurt et al., 2023). Primero, el pensamiento computacional promueve el desarrollo de habilidades en pensamiento algorítmico y lógico,

los cuales son esenciales tanto en la programación como en la investigación científica. Segundo, la depuración y la optimización de algoritmos se asemejan al proceso de refinamiento de métodos en la investigación científica. Tercero, el uso de modelos y simulaciones, propio del pensamiento computacional, pueden ser herramientas útiles en el desarrollo y validación de teorías científicas, ya que permite emplear modelos computacionales para representar fenómenos complejos, explorar diferentes escenarios y predecir resultados. Por último, tanto el pensamiento computacional como el pensamiento científico requieren un enfoque sistemático y estructurado para abordar problemas complejos. Ambos implican la capacidad de descomponer problemas en componentes más manejables, identificar patrones y relaciones, y desarrollar algoritmos o procedimientos para su solución. Este proceso de descomposición y abstracción, característico del pensamiento computacional, es fundamental en el método científico para formular hipótesis, diseñar experimentos y analizar resultados.

Con estas motivaciones en mente el programa Ondas Caldas comenzó a introducir el pensamiento computacional dentro de su programa de formación en investigación para niños, niñas y jóvenes. Esta iniciativa plantea varios desafíos y uno de ellos es la formación de los maestros, si el propósito es formar el pensamiento computacional de los estudiantes, es importante que los maestros también tengan fuertes habilidades de pensamiento computacional (Porzak & Psomos, 2023). Este no es un salto simple, ya que a pesar de que el interés de introducir el pensamiento computacional surgió en los años ochenta, bajo el término de pensamiento procesual (Papert, 1987), esta iniciativa no logró emerger con fuerza en aquella época precisamente por el precario dominio que los maestros tenían de estas habilidades, en tanto era un campo nuevo para la escuela.

Podríamos esperar que con el despliegue tecnológico de los últimos años los maestros estén más preparados, sin embargo, dado que el despegue del pensamiento computacional es relativamente reciente, no se puede dar por hecho de que los maestros estén preparados para incorporar la enseñanza del pensamiento computacional en el marco de la enseñanza del pensamiento científico (Ramos et al., 2020; Bavera et al., 2020).

En este orden de ideas brindar a los maestros oportunidades de aprendizaje para desarrollar su propio pensamiento computacional es un punto de inicio crucial. Al respecto algunos estudios han logrado mostrar cómo la comprensión del pensamiento computacional, capacidades pedagógicas, el conocimiento tecnológico y la confianza de los maestros se pueden mejorar en un período de tiempo relativamente corto a través de un aprendizaje profesional específico (Bower et al., 2021).

Una revisión sistemática por Espinal et al. (2024) encontró que la mayoría de estudio que involucran la formación en pensamiento computacional en maestros suele estar circunscrita en países desarrollados, gran parte de estos estudios se centran solo en los maestros que entienden los conceptos, pero no exploran cómo los participantes evalúan o crean actividades de aprendizaje, ningún estudio realizó observaciones en el aula como de la evaluación del programa, y la mayoría de los programas se orientaba a la enseñanza de la codificación conectada a través de lenguaje de bloques. Si bien los estudios han demostrado que proporcionar a los maestros instrucción sobre el pensamiento computacional mejora sus propias habilidades de pensamiento computacional, aún se carece de un marco pedagógico que guíe el diseño y la evaluación de enseñanza en PC (Jeng et al., 2023). Por otro lado, importante explorar hasta qué punto los maestros logran beneficiarse de los programas de capacitación y de qué manera mejora su propia capacidad de pensamiento algorítmico.

A partir de esta problemática se concluye que la incorporación de pensamiento computacional en la formación del profesorado es esencial para preparar a las futuras generaciones de estudiantes para una sociedad (Jeng et al., 2023). En consecuencia, el Programa Ondas Caldas, iniciativa del departamento de Caldas para fortalecer la educación en ciencias naturales, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), ha liderado iniciativas para fomentar el desarrollo del pensamiento computacional en los maestros del programa.

A partir de este contexto el presente estudio tuvo el propósito de evaluar el impacto de un programa de formación concentrada

de 40 horas en el desarrollo de las habilidades de pensamiento computacional de los maestros de zonas municipales del departamento de Caldas participantes del Programa Ondas.

2. Metodología

La investigación corresponde a un estudio de carácter empírico-analítico, tuvo un diseño cuasi experimental, con único grupo y evaluación intrasujeto antes y después de la intervención.

2.1. Participantes

Participaron 31 maestros novatos en el área de pensamiento computacional, provenientes de instituciones educativas públicas de zona rural en municipios de Caldas, excluyendo Manizales. Del total de participantes, el 44% (N=14) orientan su labor docente en primaria y el 56% (N=18) en secundaria. Los participantes se distribuyeron por género de la siguiente manera: 34% mujeres (N=11) y 66% hombres (N=22). Es importante destacar que todos los participantes suscribieron consentimiento informado de su participación en el estudio, garantizando así el respeto a su autonomía e integridad.

2.2. Instrumentos

Inicialmente, para evaluar las habilidades de pensamiento computacional de los maestros participantes, se seleccionó el test ATTA (Lafuente et al., 2022). Sin embargo, tras la aplicación del pretest, se evidenció que el alto nivel de dificultad de la prueba generaba un número excesivo de errores por parte de los maestros.

A pesar de la validez del test ATTA en poblaciones tanto expertas como novatas, se concluyó que su elevado nivel de complejidad impedía discriminar adecuadamente el nivel de pensamiento computacional de los maestros del estudio.

Por lo tanto, en aras de contar con un instrumento de medición más acorde a las características de la población, se optó por seleccionar una prueba con un menor nivel de dificultad: el test de

pensamiento computacional CTt en su versión original (Roman-González et al., 2017). Si bien este test está diseñado para estudiantes de secundaria, se consideró que podría ser un instrumento consistente para evaluar el pensamiento computacional de maestros novatos en esta área.

El test CTt consiste en un cuestionario compuesto por 28 ítems de opción múltiple con una única respuesta correcta. En este test, los participantes deben resolver diversos problemas computacionales basados en la programación por bloques. El cuestionario contempla siete subescalas siguiendo el modelo sugerido por Brennan y Resnick (2012) para evaluar el pensamiento computacional. Estas escalas son: secuencias, bucles simples, bucles hasta, condiciones simples, condicionales compuestos, condicionales mientras, funciones simples, cada escala cuenta con cuatro ítems. Los maestros fueron evaluados tanto antes como después de participar en el programa de formación. La aplicación del test se realizó de forma grupal en un espacio controlado, utilizando un enlace digital. Los participantes contaron con 30 minutos para completar la prueba.

2.3. Intervención

El programa de formación tuvo una duración total de 40 horas, distribuidas en 16 horas presenciales y 24 horas virtuales. Las sesiones presenciales se desarrollaron en forma de talleres prácticos, donde los maestros tuvieron la oportunidad de experimentar con diferentes herramientas y recursos para la enseñanza del pensamiento computacional en el marco de las ciencias de la computación k-12. En las sesiones virtuales, se profundizó en los conceptos teóricos y se discutieron estrategias para aplicar lo aprendido en diferentes contextos educativos. Las actividades de las sesiones estuvieron basadas en el programa de entrenamiento COGNI-MACHINE sugerido por Robledo et al. (2023).

Tabla 1. Módulos del programa de formación

Módulos	Tema central	Subtemas
Módulo 1	Introducción al pensamiento computacional	<ul style="list-style-type: none"> - Pensamiento computacional como habilidad STEM - Componentes del pensamiento computacional
	Contextos de pedagógicos	<ul style="list-style-type: none"> - Conectado (Computación física, Creación de juegos) - Desconectado - Transcurricular
Módulo 2	Introducción a la codificación visual	<ul style="list-style-type: none"> - Bases de la codificación visual
		<ul style="list-style-type: none"> - Plataformas de desarrollo integrado - Conceptos de lenguaje de programación basado en bloques
Módulo 3	Introducción a la robótica educativa	<ul style="list-style-type: none"> - Componentes de la robótica educativa
		<ul style="list-style-type: none"> - Dispositivos y placas de robótica disponibles - Introducción al uso de Micro:bit - Introducción a Makecode
Módulo 4	Proyectos en la placa micro:bit	<ul style="list-style-type: none"> - Proyectos básicos
		<ul style="list-style-type: none"> - Proyectos con condicionales, variables y funciones - Programación de los sensores - Programación con extensores
Módulo 5	Proyectos de robótica educativa basado en micro:bit	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocimiento del kit de robótica
		<ul style="list-style-type: none"> - Sensores externos, motores y servomotores - Armar proyectos con el kit de robótica - Qué hacer si (aspectos técnicos a tener en cuenta)

Fuente: Elaboración propia

2.4. Plan de análisis

Para evaluar el impacto del programa de formación en las habilidades de pensamiento computacional de los maestros se realizó una prueba de hipótesis a través de un Análisis de Varianza de Muestras Repetidas (ANOVA-MR) y se analizó el tamaño del efecto con Omega cuadrado, considerándolo el más apropiado para el tamaño de la muestra. Las diferencias entre grupos se analizaron con pruebas Post Hoc por medio de correcciones Bonferroni.

3. Resultados

Se verificó que la muestra cumplió con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, los cuales se presentan en la tabla 2 junto con las medidas de media y desviación estándar del pretest y posttest de la medida total y de las subescalas de la prueba de pensamiento computacional.

Tabla 2. Medidas de las puntuaciones y supuestos de verificación

Subscale	Medidas de tendencia central*		Supuestos de verificación pretest		Supuestos de verificación posttest	
	Pretest	Posttest	F(1,28)	p	F(1,28)	p
Puntuación total	14,6 ± 4,6	20,3 ± 3,6	0,038	0,848	0,228	0,636
Secuencias	3 ± 0,99	3,6 ± 0,5	3,078	0,090	0,166	0,686
Bucles simples	2,7 ± 0,95	3,5 ± 0,6	0,176	0,678	0,276	0,603
Bucles hasta	2,4 ± 1,2	3,1 ± 0,8	0,832	0,369	1,372	0,251
Condicionales simples	1,5 ± 1,0	2,6 ± 0,8	1,572	0,220	6,734	0,979
Condicionales compuesto	1,8 ± 1,1	2,3 ± 0,9	0,184	0,671	0,069	0,785
Condicionales mientras	1,4 ± 1,0	2,2 ± 1,3	1,517	0,228	0,778	0,385
Funciones simples	1,7 ± 1,1	3,1 ± 0,8	0,141	0,710	1,841	0,185

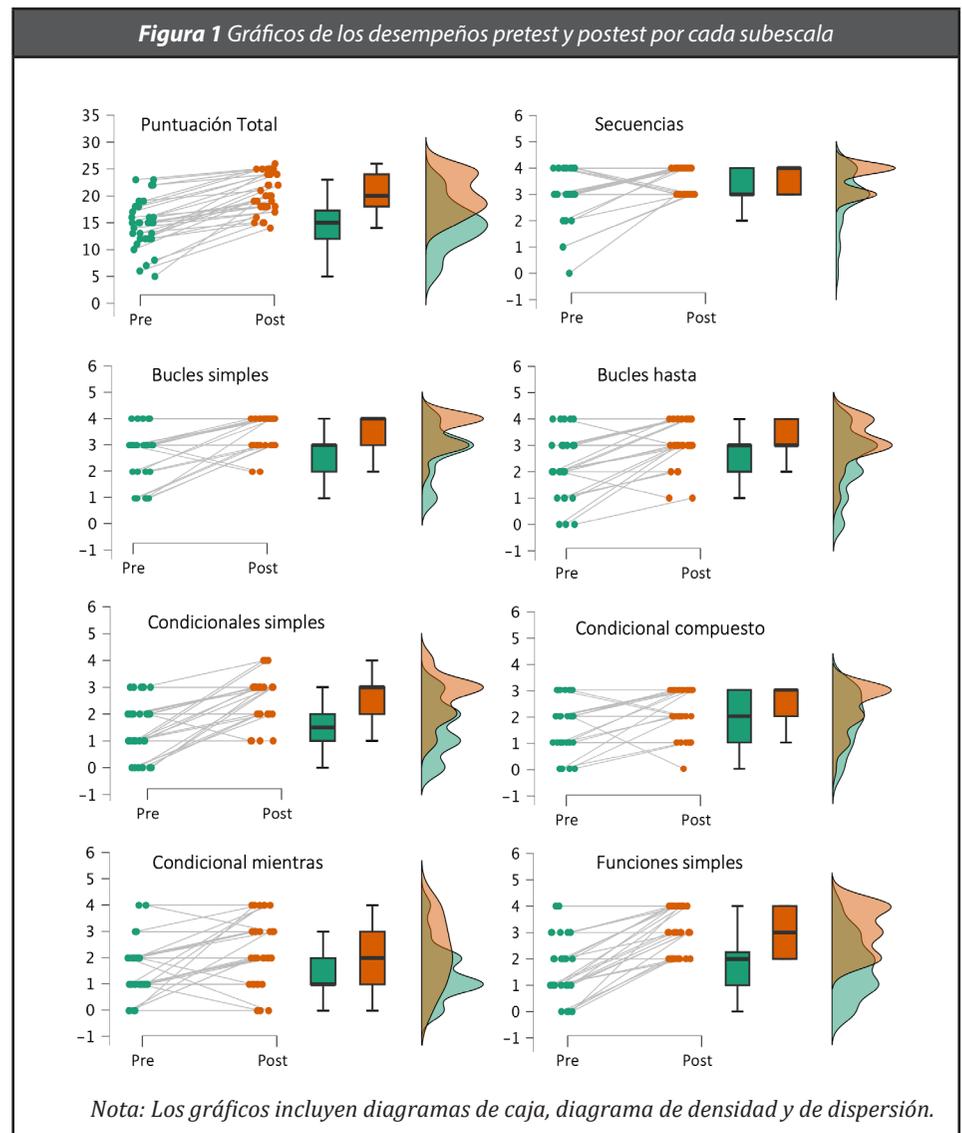
*Nota: *Las medidas de tendencia central presentadas con la media y la desviación estándar*

Los gráficos Raincloud de la figura 1 muestran los resultados de la prueba CTt aplicada a los maestros antes y después de participar en el programa de formación. Cada gráfico representa una de las subescalas que componen la prueba: secuencias, bucles simples, bucles hasta, condicionales simples, condicionales compuestos, condicionales mientras y funciones simples.

Como se pueden observar en las gráficas, las escalas que mostraron menor desempeño previo a la intervención fueron las escalas de condicionales simples, condicionales mientras y funciones simples, lo que sugieren que estos eran los conceptos de pensamiento algorítmico que mayor dificultad le generaron a los maestros antes de

participar de la intervención. Mientras que las secuencias, los bucles simples y los bucles hasta fueron los conceptos que los maestros lograron manejar mejor.

El desempeño de la medida posttest mostró mejoras en todas las medidas, tanto en la puntuación total como en las subescalas que componen la prueba, lo que sugiere una mejora en el desempeño relacionado con la participación en la intervención. Para corroborar si esta diferencia fue estadísticamente significativa y reconocer el tamaño del efecto se procedió a realizar la respectiva prueba de hipótesis y pruebas post hoc.



La medida de funciones simples que mostró desempeños más bajos en el pretest logró casi duplicar su puntuación luego del programa de formación. Sin embargo, los conceptos de condicionales mientras, condicionales simples y condicionales mientras, si bien mostraron mejoras, aún muestran un desempeño bajo. El hecho que las medidas de secuencias y bucles mostraran un tamaño del efecto mediano o pequeño, se podría explicar en un efecto techo, entendiendo que estas fueron las medidas que mostraron mejores desempeños en el pretest.

Como muestra la tabla 3, el examen de las diferencias globales entre las medias pre y post-test, resultado del análisis de varianza de muestras repetidas, mostró diferencias estadísticamente significativas para todos los factores de la prueba de pensamiento computacional presentaron ($p < ,05$ para todos los indicadores). Los tamaños del efecto variaron de acuerdo con las diferentes escalas del instrumento. Para interpretar el tamaño del efecto, el valor de omega cuadrado se interpreta de la siguiente manera, un valor superior a 0,01 se entiende como un efecto de tamaño pequeño, un valor por encima de 0,6 se considera un efecto de tamaño mediano y valor por encima de 0,14 se interpreta como un efecto de tamaño grande (Hederich, 2023). Las diferencias en las medidas de puntuación total, junto con las escalas de bucles simples, condicionales simples y funciones simples mostraron un tamaño del efecto grande, mientras que las escalas de secuencias, bucles hasta y condicionales mientras mostraron un tamaño del efecto mediano y la escala de condicionales compuestas un tamaño del efecto pequeño. Las diferencias entre grupos se analizaron con pruebas Post Hoc utilizando correcciones Bonferroni, los resultados de estas pruebas confirmaron los hallazgos con valores de $b < ,005$ para todas las medidas.

Tabla 3. Diferencia globales entre pretest y postest y tamaños del efecto

Subescala	Diferencia global entre pretest y postest			Pruebas post Hoc Bonferroni
	F(1, 31)	p	ω^2	(b)
Puntuación total	81,011	< ,001	0,320***	< ,001
Secuencias	11,768	,002	0,117**	0,005
Bucles simples	18,001	< ,001	0,159***	< ,001
Bucles hasta	17,438	< ,001	0,112**	< ,001
Condicionales simples	26,743	< ,001	0,238***	< ,001
Condicionales compuesto	7,273	,011	0,051*	0,003
Condicionales mientras	10,333	,003	0,087**	0,004
Funciones simples	45,193	< ,001	0,314***	< ,001

*Nota: * tamaño del efecto pequeño, ** tamaño del efecto mediano; *** tamaño del efecto grande.*

También se realizó un análisis de varianza de muestra repetidas evaluando el efecto del género y del grado escolar en que los maestros ejercen sus labores.

En relación al género de los maestros, las medidas de tendencia central (ver tabla 4) mostraron que tanto hombres como mujeres mejoraron su desempeño en el postest comparado con el pretest, estos datos se confirman con los resultados del ANOMA-MR (Tabla 5) al evaluar la diferencia global entre el pretest y postest la cual además de ser estadísticamente significativa mostró un tamaño del efecto grande ($F(1, 31) = 75,006$ $p < ,001$ $\omega^2 = 0,339$), es decir, tanto hombre como mujeres mostraron mejoras luego de la intervención. Al observar las medidas de tendencia central es posible apreciar que los maestros hombres tuvieron mejor desempeño en el pretest que las maestras mujeres, a pesar de que ambos grupos mejoraron sus desempeños en el postest esta diferencia se mantuvo, al evaluar estos datos a través del ANOVA-MR se observó una diferencia entre sujetos

estadísticamente significativa con un tamaño del efecto moderado ($F(1, 31) = 5,801$ $p = ,022$ $\omega^2 = 0,072$), es decir entre ambos géneros se observaron diferencias moderadas tanto en el pretest como el posttest. Por último, al analizar la interacción entre el grupo y la prueba, no se encontró diferencia estadísticamente significativa ($F(1, 31) = 0,390$ $p = ,537$ $\omega^2 = 0,0$), esto permitiría interpretar que ambos grupos se beneficiaron en la misma proporción del programa de entrenamiento.

Tabla 4. Medidas de tendencia central discriminada por género y grado escolar

Género	Femenino		Masculino	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
	12,3 ± 4,7	18,5 ± 3,4	15,8 ± 4,1	21,2 ± 3,4
Grupo escolar	Primaria		Secundaria	
	Pretest	Postest	Pretest	Postest
	13,1 ± 4,9	20,5 ± 3,6	15,8 ± 4,1	10,2 ± 3,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Diferencias discriminadas por género y grupo escolar

Factor	Diferencia global entre pretest y postest			Diferencia asociada a la interacción grupo/prueba			Diferencia entre sujetos		
	F(1, 31)	p	ω^2	F(1, 31)	p	ω^2	F(1 31)	p	ω^2
Género	75,006	<,001	0,339	0,390	0,537	0,000	5,801	0,022	0,072
Grupo escolar	100,678	<,001	0,344	6,661	0,015	0,029	0,790	0,381	0,000

Fuente: Elaboración propia

Al analizar las diferencias entre los maestros de primaria y de secundaria, si bien las medidas de tendencia central (media) mostraron diferencias en su desempeño inicial en la prueba (tabla 4), esta diferencia no mostró ser significativa estadísticamente ($F(1, 31) = 0,790$ $p = 0,381$ $\omega^2 = 0,0$) (ver tabla 5). Sin embargo, al revisar los cambios globales de ambos grupos entre el pretest y el posttest, se observó una mejora significativa con un

tamaño del efecto grande luego de participar de la intervención ($F(1, 31) = 100,678$ $p < ,001$ $\omega^2 = 0,344$), esto podría interpretarse como que tanto los maestros de primaria como los maestros de secundaria mejoraron después de la intervención. Por último, al analizar la diferencia asociada a la interacción entre el grupo y el momento de la prueba, si se encontró una diferencia estadística significativa con una tamaño del efecto pequeño ($F(1, 31) = 6,661$ $p = ,015$ $\omega^2 = 0,029$), lo cual podría sugerir que los maestros de secundaria se beneficiaron un poco más del programa de formación que los maestros de primaria (Ver tabla 3).

4. Discusión

El Programa Ondas, iniciativa del Ministerio de Educación de Colombia, busca transformar la educación tradicional fomentando el aprendizaje contextualizado, donde los estudiantes relacionan el conocimiento con su entorno cercano y lejano (Núñez, 2017). Este enfoque promueve en los niños y jóvenes un sentido teleológico del saber, es decir, los lleva a preguntarse por las finalidades de la investigación y a encontrar sentido al para qué del acto de conocer. Además, frente a los modelos transmisionistas y estáticos de la educación tradicional, el Programa Ondas busca inculcar en los estudiantes una idea de ciencia en la que se implique al ser humano y se trasciende la noción de ciencia como un constructo acabado, lineal, aséptico y no intencionado.

En este contexto, el fomento de las habilidades de pensamiento computacional en las nuevas generaciones se presenta como una herramienta innovadora para fortalecer su desarrollo como sujetos científicos. Al aprender a pensar computacionalmente, los estudiantes adquieren la capacidad de resolver problemas de manera creativa, sistemática y colaborativa, habilidades esenciales para la investigación científica.

La presente investigación exploró el impacto de un programa de formación en el desarrollo del pensamiento computacional entre maestros. Se utilizó un diseño cuasiexperimental con grupo único y se aplicó la prueba CTt para evaluar el pensamiento

computacional de los maestros antes y después de la intervención. Los resultados del análisis de varianza revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en todas las escalas de la prueba de pensamiento computacional entre las mediciones pre y post-intervención. Sin embargo, los tamaños del efecto variaron significativamente entre las diferentes escalas del instrumento, destacando un tamaño del efecto grande para las puntuaciones totales y las escalas de bucles simples, condicionales simples y funciones simples, mientras que las escalas de secuencias, bucles compuestos y condicionales compuestos mostraron tamaños del efecto mediados o pequeños.

Estos resultados deben ser analizados a la luz de las características de la prueba, ya que algunas de las subescalas abordan conceptos de pensamiento computacional de un nivel más bajo de complejidad, como las secuencias y los bucles, por lo tanto el efecto techo de estas pruebas se observa en la medida en que fueron las escalas con mejores desempeños en el pretest y por tanto, ya que hacía parte del conocimiento previo del maestro, las preguntas no representaban un techo suficientemente alto como para notar un cambio significativo. Por el contrario, las escalas que representan mayor nivel de dificultad en el pretest, fueron las que mostraron mejoras más grandes, como las funciones simples, y los condicionales simples.

Por otro lado, si bien todas las medidas de resultado mostraron efectos significativos luego del programa de formación, los condicionales complejos fue la escala con tamaños del efecto más pequeño. Lo que podría significar que la intervención no logró impactar de forma contundente en las habilidades de los maestros para comprender y usar este tipo de recursos de pensamiento computacional.

Un análisis adicional, permitió observar el efecto del género y el grado escolar en el desempeño de los maestros. Se encontraron diferencias significativas por género, con un tamaño del efecto moderado en las medidas tomadas, indicando que hubo variaciones en cómo hombres y mujeres respondieron al programa de formación. Sin embargo, ambos géneros experimentaron mejoras significativas en su desempeño postest, con un tamaño del efecto

grande, sugiriendo que ambos grupos se beneficiaron igualmente del programa. En cuanto al grado escolar, no se observaron diferencias en el desempeño inicial, pero tanto los maestros de primaria como de secundaria mostraron mejoras significativas después del programa, siendo ligeramente más pronunciado el efecto en los maestros de secundaria.

Entre las limitaciones del estudio es importante reconocer que se seleccionó una medida de resultado que en principio está pensada para jóvenes de últimos años de primaria y de secundaria. Esto obedeció a que, al ser un concepto nuevo para los maestros, las pruebas disponibles para adultos tenían un nivel de dificultad que no permitía discriminar con claridad el constructo teórico que se esperaba medir.

En conclusión, este estudio proporciona evidencia sólida de que un programa estructurado de formación en pensamiento computacional puede mejorar significativamente las habilidades de los maestros en diferentes aspectos del pensamiento algorítmico. Estos hallazgos representan una contribución importante al conocimiento existente sobre la formación docente en esta área, y resaltan el potencial de este tipo de programas para mejorar la calidad de la enseñanza del pensamiento computacional en las escuelas.

Las diferencias encontradas por género y grado escolar sugieren la necesidad de considerar estas variables al diseñar intervenciones educativas orientadas al desarrollo del pensamiento computacional en contextos escolares. Es importante comprender las diferentes necesidades e intereses de los estudiantes en función de su género y grado escolar para poder diseñar programas de formación más efectivos y equitativos.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra el reducido tamaño de la muestra, al tratarse de un estudio piloto sus resultados deben interpretarse con reserva y se requiere mayores estudios que confirmen los hallazgos. Sin embargo, con los resultados del presente estudio se espera contribuir a la formulación de futuros estudios en el área. Por otro lado, es necesario revisar los instrumentos de medida seleccionados en futuros estudios, ya que si bien para la

población objetivo el instrumento ATTA mostró un nivel de dificultad muy alto, el test CTt mostró un efecto techo en varias de sus escalas lo que podría sugerir que su nivel de dificultad fue muy bajo. Para próximos estudios también se sugiere evaluar otros componentes del pensamiento computacional además del pensamiento algorítmico.

Este estudio abre nuevas líneas de investigación para explorar con mayor profundidad los factores que influyen en el desarrollo del pensamiento computacional en los maestros, como la experiencia previa, la motivación o las creencias sobre la enseñanza del pensamiento computacional. Además, sería interesante investigar la efectividad de diferentes metodologías de formación docente en pensamiento computacional, y su impacto en el aprendizaje de los estudiantes.

Declaraciones: La presente investigación fue liderada por la primera autora con el objetivo de fortalecer las vocaciones científicas de la comunidad educativa del departamento de Caldas. Este trabajo se realizó en el marco del Programa Ondas, coordinado por la Fundación para el Desarrollo Educativo de Caldas (FUNDECA). La publicación presentada forma parte de los desarrollos de la tesis doctoral de la segunda autora, quien diseñó e implementó la intervención. Esta tesis doctoral fue realizada con el apoyo de las Becas de Excelencia Doctoral del Bicentenario, financiadas por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Referencias

- Acuña Caldera, C. D., Restrepo Mesa, J. F., Osorio del Valle, C., Velásquez, J., Castro Lalinde, P., López Aristizábal, C., Niño Rodríguez, P. y Gómez Pedraza, C., E. (2018). Guía para los grupos de investigación. Expedición Ondas Bio. Colciencias y Ondas-
- Espinal, Vieira y J. Magana. 2024. Desarrollo profesional en el pensamiento computacional: una revisión sistemática de la literatura. *ACM Trans. Comput. Educar.* 24, 2, Artículo 27 (junio de 2024), 24 páginas. <https://doi.org/10.1145/3648477>
- Bachelard, G. (2000). La formación del espíritu científico. Siglo XXI.
- Bavera, F., Quintero, T., Daniele, M., Buffarini, F. (2020). Computational Thinking Skills in Primary Teachers: Evaluation Using Bebras. In: Pesado, P., Arroyo, M. (eds) *Computer Science – CACIC 2019*. CACIC 2019. *Communications in Computer and Information Science*, vol 1184. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48325-8_26
- Bower, M., Macquarie University, Wood, L., Lai, J., Howe, C., Lister, R., Mason, R., Highfield, K., Veal, J. (2021). Improving the computational thinking pedagogical capabilities of school teachers. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(3), 53–72. <https://doi.org/10.14221/ajte.2017v42n3.4>
- Brennan K., Resnick M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Proceedings of the Annual Meeting of the American Educational Research Association*; Vancouver; 2012. pp. 13–17. April.
- Daza O, F. (2024). Aportes del Programa Ondas de Colombia en la formación de investigadores. *Plumilla Educativa*, 33 (1) 1-22 p. <https://doi.org/10.30554/pe.33.1.5075.2024>
- Espinal, A., Vieira, C., & Magana, A. J. (2024). Professional Development in Computational Thinking: A Systematic Literature Review. *ACM Transactions on Computing Education*, 24(2), 1-24.
- Gil, C. H., Jiménez, C. J. C., & ROJAS, L. T. P. R. P. (2023). El Maestro Ondas en el departamento del Caquetá. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 16(1), 69-97.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Hederich-Martínez, C. (2022). Análisis cuantitativo de datos para la investigación educativa y social. Universidad pedagógica nacional.

- Hurt, T., Greenwald, E., Allan, S. et al. The computational thinking for science (CT-S) framework: operationalizing CT-S for K-12 science education researchers and educators. *IJ STEM Ed* 10, 1 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00391-7>
- Jeng, H.-L., Zu Heng, K., & Liu, L.-W. . (2023). A Pedagogical Framework of Computational Thinking Components for Enhancing Pre-service Teachers' Problem- Solving Capability. *Asia Research Network Journal of Education*, 3(2), 41-47. Retrieved from <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/arnje/article/view/266909>
- Jiménez, F. M. (2022). El programa Ondas Minciencias como estrategia para fortalecer capacidades y habilidades investigativas en niños, niñas y jóvenes. *Revista PACA*, (12), 4.
- Kong, S.-C., Abelson, H., & Lai, M. (2019). Introduction to Computational Thinking Education. En S.-C. Kong & H. Abelson (Eds.), *Computational Thinking Education* (pp. 1-10). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_1
- Lafuente Martínez, M., Lévêque, O., Benítez, I., Hardebolle, C., & Zufferey, J. D. (2022). Assessing Computational Thinking: Development and Validation of the Algorithmic Thinking Test for Adults. *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), 1436-1463. <https://doi.org/10.1177/07356331211057819>
- López, EA y Henao, JP (2021). Educación en tiempos de pandemia. *Revista Araucana*, núm. 8 (95). https://issuu.com/uammanizales/docs/ara_a_2021_final
- Manjarrés, M. (2007). La investigación como estrategia pedagógica del programa Ondas de Colciencias. X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (RED POP-UNESCO) y IV Taller "Ciencia, Comunicación y Sociedad" San José, Costa Rica. [Online]. Disponible: <http://www.cientec.or.cr/pop/2007/CO-MariaManjarres.pdf> [2007, mayo 9].
- Manjarrés, M. E., Mejía Jiménez, M. R., Zaluda, A. C., Mora, A. I., Pulido, A., & Fundación, F. E. S. (2012). Niños, niñas y jóvenes investigan: Lineamientos de la investigación como estrategia pedagógica.
- Miyahira A., J. M. La investigación formativa y la formación para la investigación en el pregrado. *Revista Médica Herediana*. Vol. 20, No. 3, julio-septiembre, 2009, pp. 119-122 Universidad Peruana Cayetano Heredia San Martín de Porres, Perú.
- Núñez, J. (2017). Evaluación de impacto del programa Ondas de Colciencias.
- Núñez, J., Castro, F., Escobar, D., Contreras, M. P., Ospina, C., Parra, J., ... & Rodríguez, A. (2016). Diseño del sistema de información y monitoreo para la evaluación del Programa Ondas.
- Papert, S. (1987). Computer Criticism vs. Technocentric Thinking. *Educational Researcher*, 16 (1), 22-30. <https://doi.org/10.3102/0013189X016001022>

- Pérez, B. V. (2022). La investigación, un camino para la transformación de las prácticas pedagógicas. Una reflexión desde la implementación del Programa Ondas Bolívar. *Assensus*, 7(12), 193-214.
- Porzak, R. & Psomos, P. (2023) *Computational thinking for teachers and classes*. Innovatio Press Publishing House
- Programa Ondas de Colciencias. (2018). La Investigación en el Programa Ondas. Colección Ondas. Editorial Delfín.
- Ramos, D., Jiménez-Toledo, J.A., Muñoz, A., Acosta, L., Muñoz, M.A. & Herrera, E. (2020). Pensamiento Computacional para la formación de maestros: Una revisión sistemática de literatura. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.135>.
- Robledo, C., Rodríguez, L.H., & Ossa, L.F. (2023). Effect of COGNI-MACHINE computational thinking training on executive functions in children aged 9 to 11: Protocol of a cluster randomized controlled trial. *MethodsX*, 11, 102329. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102329>
- Román-González M., Pérez-González J., Jiménez-Fernández C. Which cognitive abilities underlie computational thinking? criterion validity of the computational thinking test. *Comput. Hum. Behav.* 2017;72:678-691
- Sastre, J. E. C. (2012). La investigación como estrategia pedagógica de construcción de ciudadanía en los niños, niñas y jóvenes del programa ondas y las relaciones que se construyen con los adultos acompañantes. *Educación y territorio*, 2(1), 67-85.