

Investigación doctoral en Educación: Propuestas, diálogos y difusión

Juan Carlos Echeverri-Álvarez
Milton Daniel Castellanos Ascencio
Compiladores



Universidad
Pontificia
Bolivariana

© Universidad San Buenaventura
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Investigación doctoral en Educación: Propuestas, Diálogos y Difusión

ISBN: 978-628-500-079-9

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-628-500-079-9>

Primera edición, 2022

Escuela de Educación y Pedagogía

Gran Canciller UPB y Obispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Magíster Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Coordinadora (e) Editorial: Maricela Gómez Vargas

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: María Isabel Arango Franco

Corrección de Estilo: Mateo Muñetones Rico

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2022

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 2228-23-08-22

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.

22. Incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas¹

Diego Fernando Pinzón Pérez
Universidad de San Buenaventura
diego.pinzonp@tau.usbmed.edu.co

Resumen

El mundo evoluciona constantemente y es cada vez más problematizador en todos los entornos y contextos; los estudiantes se verán enfrentados a diversos retos que exigirán de ellos el despliegue total de sus habilidades para la resolución de problemas. En ese sentido, el pensamiento algorítmico, con sus habilidades de pensamiento específicas (descomposición, abstracción y algoritmización), puede servir de estrategia didáctica que aporte al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas en respuesta a los retos del siglo XXI. A partir de un proceso de revisión sistemática en educación, los estudios abordados revelaron relaciones solo de orden teórico entre dichas habilidades, y ninguno presentaba evidencias empíricas de estas como variables interdependientes. El uso de instrumentos

¹ Derivado del proyecto de investigación "Incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas: una propuesta didáctica en el contexto de la educación básica secundaria".

para medir habilidades de pensamiento algorítmico (Algorithmic Thinking Test, Shim, 2019) y la capacidad de resolución de problemas (Test de García-García y Rentería-Rodríguez, 2013) han servido de soporte metodológico para un proceso de investigación cuantitativo de tipo exploratorio en torno a la relación entre dichas habilidades cognitivas en el contexto de la educación básica secundaria. Algunos resultados preliminares permiten concluir que algunos factores de la capacidad de resolución de problemas mejoraron significativamente después de una intervención basada en habilidades de pensamiento algorítmico durante 10 semanas, lo cual puede aportar al campo de reflexión didáctica en torno al currículo actual de matemáticas y su relación con las demás asignaturas del plan de estudios, de modo que el desarrollo de habilidades de pensamiento ofrezca alternativas pertinentes al contexto y la realidad del estudiantado.

Palabras clave: habilidades de pensamiento, pensamiento algorítmico, resolución de problemas, currículo de matemáticas.

Introducción

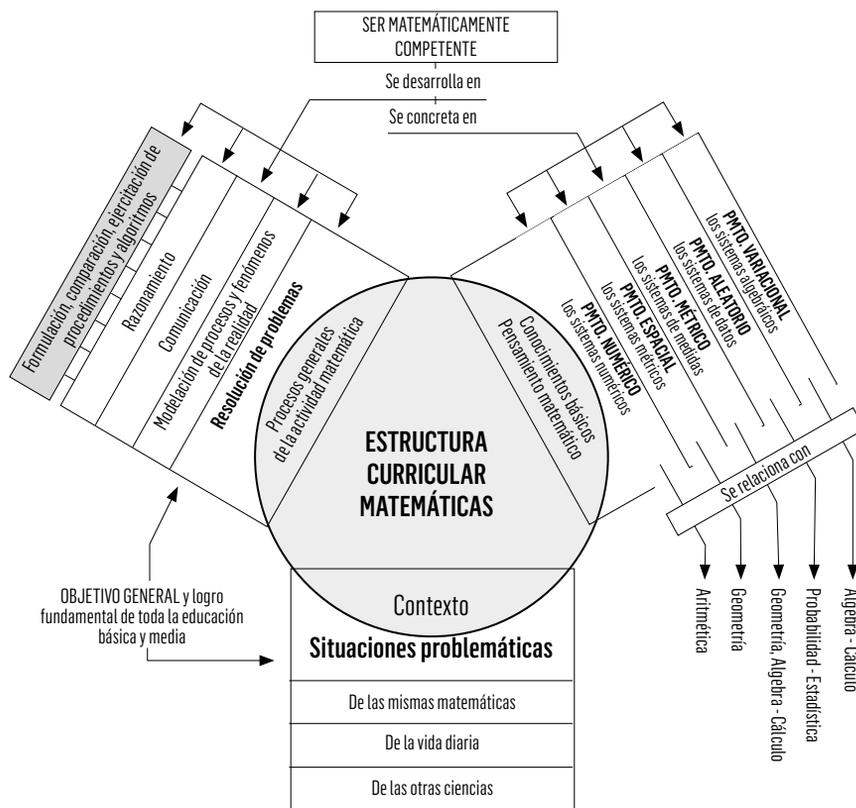
El mundo actual es cada vez más retador en cada uno de sus entornos y contextos; las situaciones a las que se enfrentan los estudiantes son dinámicamente cambiantes, confusas y complejas (Greiff *et al.*, 2014). Además, la realidad es una interacción dinámica de innumerables variables interconectadas. Las acciones que influyen en alguna de estas variables provocan inevitablemente cambios en otras. Comprender este tipo de relaciones dinámicas complejas en el entorno es fundamental para tener éxito en la vida moderna (Greiff *et al.*, 2015). Estas condiciones convierten la vida en un reto constante que exige de las personas mejores habilidades para resolver problemas.

El sistema educativo colombiano tiene establecido fines que apuntan al desarrollo de capacidades en los estudiantes para la solución de problemas, no solo respecto del conocimiento formal, sino también de la vida cotidiana (Ley General de Educación, 1994). En esta línea, la estructura curricular de matemáticas propone la resolución de problemas como objetivo general

del área y logro fundamental de toda la educación básica y media, y se apoya en los pensamientos matemáticos para desarrollar los procesos que permitirán enfrentar los problemas del contexto (MinEducación, 2007, 1998). Es posible afirmar que la resolución de problemas es una habilidad relevante y fundamental para el aprendizaje de las matemáticas y su aplicación en el contexto, y que con esta, se pueden evidenciar auténticos aprendizajes como resultado del proceso educativo escolar (ver figura 1). Sin embargo, la resolución de problemas (RP) se ha convertido en un asunto olvidado o irrelevante para los maestros (Jonassen, 2004), y su alusión en el currículo pareciera carecer de contenido.

En consonancia con lo anterior, el pensamiento algorítmico aparece en los últimos años como una estrategia que aporta a la resolución de problemas (Palma Suárez y Sarmiento Porras, 2015; Pöllänen y Pöllänen, 2019). Algunos autores definen el pensamiento algorítmico como el establecimiento de una serie de pasos para resolver un problema (Brown, 2017; Futschek, 2006; Jeong, 2018; Sánchez Vera, 2019). Aparece ligado al pensamiento computacional, el cual está orientado a la solución de problemas con mediación tecnológica o programación (Compañ-Rosique et al., 2015; Espino y González, 2015; Zatarain, 2018). Por otra parte, se afirma que el pensamiento algorítmico guarda conexiones estrechas con las matemáticas, ya que tienen en común varios modos de pensamiento (Knuth, 1985), y su desarrollo puede generar nuevas estructuras de aprendizaje aplicables en el área de matemáticas para la resolución de problemas (Palma Suárez y Sarmiento Porras, 2015). Sánchez Román *et al.* (2016) advierten la falta de un desarrollo adecuado de este tipo de pensamiento en los estudiantes, en tanto que Gal-Ezer y Lichtenstein (1997) afirman que debe cultivarse como un componente central de la educación matemática, y que aunado al pensamiento matemático, puede integrarse al plan de estudios de matemáticas o de ciencias de la computación desde un enfoque matemático-algorítmico a partir del cual se puede enseñar y aprender una asignatura.

Figura 1. Estructura curricular de matemáticas en Colombia



Fuente: elaboración propia según MinEducación (1998, 2007)

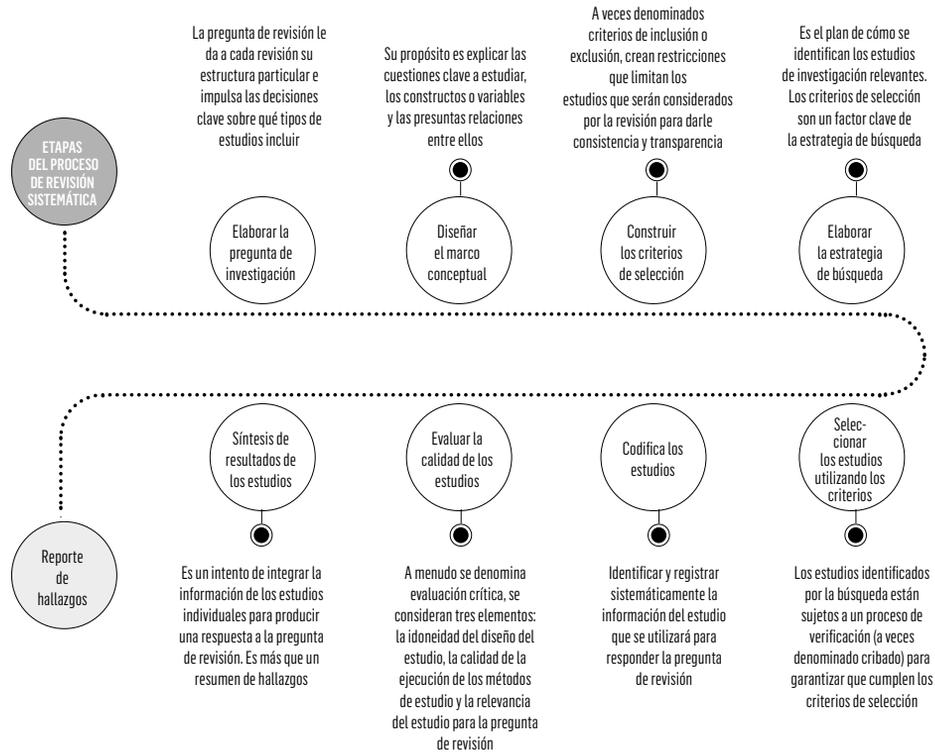
El pensamiento algorítmico, en particular, se considera una habilidad importante, la cual está ganando cada vez más terreno en la educación primaria y secundaria de los países en desarrollo dinámico (Zsakó y Szlávi, 2012); su incidencia en las perspectivas de desarrollo de la educación, ha impulsado que algunos currículos estén promoviendo la enseñanza de la programación, el pensamiento algorítmico y la solución de problemas de manera integrada en sus planes de estudio (Kaarakainen, 2019) y ha sido declarado como meta primordial de gran parte de los sistemas educativos modernos como Australia, China, Finlandia, Japón, Corea y Reino Unido, entre otros (Vidal *et al.*, 2015).

En este orden de ideas, el pensamiento algorítmico puede aportar al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas en los estudiantes. Con el uso de estrategias en el aula orientadas al favorecimiento de habilidades de pensamiento, la escuela podrá hacer frente al contexto problemático del mundo actual. Es posible afirmar que este tipo de pensamiento tiene un potencial cognitivo que podría aportar significativamente al desarrollo de los procesos generales de la actividad matemática, específicamente a la resolución de problemas y a la formulación, comparación y ejercitación de procedimientos y algoritmos, tal como está estipulado en la estructura curricular de matemáticas en Colombia.

Metodología

Para el abordaje de la literatura multidisciplinaria sobre el pensamiento algorítmico y la resolución de problemas, se aplicó un proceso de revisión sistemática en educación (figura 2) para reunir, sintetizar y evaluar los hallazgos de los estudios que exploran la relación entre las habilidades de pensamiento algorítmico y las habilidades de RP.

Figura 2. Proceso de revisión sistemática en educación



Fuente: elaboración propia según Newman y Gough (2020)

Después de la aplicación de la estrategia de búsqueda y de los criterios de selección, se escogieron 66 artículos. Se hizo una inspección minuciosa del abordaje de las variables del presente estudio en cada uno de estos, y 44 artículos presentaban aportes considerables para la configuración de datos y para la comprensión conceptual del objetivo de la revisión sistemática. Esta permitió elaborar una síntesis del uso del constructo habilidades de pensamiento algorítmico en procesos de RP en publicaciones científicas arbitradas; se analizaron los aspectos generales de los artículos revisados, y respecto del contenido, la conceptualización del pensamiento algorítmico, las habilidades implicadas en este pensamiento y cómo desarrollarlas, y se indagó si existe alguna incidencia en las habilidades para la resolución de problemas.

Sin embargo, la revisión adelantada entre enero de 2015 y junio de 2020, no encontró investigaciones que evidencien relaciones empíricas entre dichas habilidades en estudiantes de la básica secundaria. Por tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas en estudiantes de grado noveno de dos instituciones educativas oficiales de Antioquia. Profundizar en el estudio de la relación entre estas habilidades permitió acercarse a la comprensión de su vinculación cognitiva, ampliar su conocimiento en educación, y evaluar su importancia en el desarrollo del pensamiento matemático.

Desde un enfoque de tipo cuantitativo, se hizo la medición y evaluación de la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico (variable independiente) en las habilidades de resolución de problemas (variable dependiente); para esto, se planteó un diseño cuasi-experimental de grupo control no equivalente, ya que los grupos no fueron conformados aleatoriamente (en el presente estudio con dos grupos experimentales y un grupo control) y la aplicación de los instrumentos antes y después de la intervención (Polit *et al.*, 2007). La población objeto de estudio fueron los estudiantes de grado noveno, ya que éste es el último grado del proceso de educación básica en el sistema educativo colombiano. La muestra se tomó de dos instituciones educativas oficiales de la subregión Oriente del departamento de Antioquia, con un total de 107 estudiantes con edades que oscilaban entre los 14 y 17 años. La recolección de los datos se obtuvo

con el uso de dos instrumentos y fueron procesados en el *software* estadístico SPSS v.23:

1. Para evaluar el nivel de habilidades de pensamiento algorítmico se utilizó el Test de Pensamiento Algorítmico (Shim, 2019), un test que evalúa dominios secuenciales, iterativos, funcionales y de estructuras de datos.
2. Para evaluar la capacidad de resolución de problemas, el Test de García-García y Rentería-Rodríguez (2013). Un test que evalúa factores constitutivos de dicha capacidad: Factor 1: predicción y transferencia. Factor 2: Capacidad de síntesis. Factor 3: lectura crítica del enunciado. Factor 4: análisis. Factor 5: interpretación de información. Factor 6: comprensión metacognitiva de enunciados y procesos. Factor 7: delimitación del problema.

La intervención didáctica fue aplicada en el último periodo académico de 2021 en la Institución Educativa San Vicente Ferrer del municipio de San Vicente y la Institución Educativa Técnico Industrial Simona Duque del municipio de Marinilla. El servicio educativo se prestaba bajo el esquema de alternancia producto de la pandemia por covid-19. Dicho esquema establecía restricciones de aforo en las aulas como garantía de distanciamiento entre los estudiantes, además de otros protocolos de bioseguridad. Debido a la cantidad de estudiantes de grado noveno en las instituciones educativas (IE) participantes, los directivos de los establecimientos conformaron subgrupos entre 15 y 19 estudiantes que asistían entre 2 y 3 veces por semana a clase.

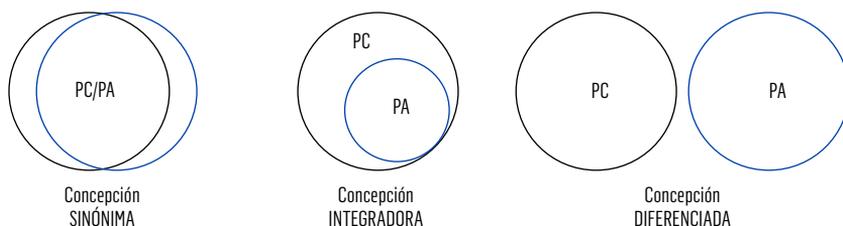
En consideración de tales condiciones, se diseñaron 3 módulos para trabajar habilidades básicas de pensamiento algorítmico: descomposición, abstracción y algoritmización, según los postulados de Stephens y Kadijevich (2020). Durante las 10 semanas del periodo académico, los módulos fueron desarrollados de manera autónoma por los estudiantes con el acompañamiento de los docentes de matemáticas. Los módulos se aplicaron de manera secuencial: primero el módulo de descomposición, luego el de abstracción y finalmente el módulo de algoritmización.

Resultados

Producto de la revisión sistemática, se encontró que en torno al concepto de pensamiento algorítmico, el concepto de algoritmo aparece como una noción de base que es importante para este razonamiento. Según Thomas (2020), el significado de algoritmo está relacionado con conocimiento procedimental utilizado en la enseñanza de las matemáticas, ya que los procedimientos pueden realizarse mediante algoritmos. En la enseñanza escolar ha prevalecido el enfoque de enseñanza de algoritmos, ya que suele ser más fácil que la de conceptos, lo cual explica el predominio de un uso o comprensión instrumental, es decir, la aplicación de reglas sin una razón, más que una comprensión relacional. La comprensión del algoritmo implica el conocimiento de las razones de qué hacer y porqué se debe hacer, dado que un concepto exige dotarlo de significado, es decir, representarlo, identificar sus operaciones, relaciones, propiedades y modos de uso.

Diversas referencias teóricas unen el pensamiento algorítmico con el pensamiento computacional. Sin embargo, la ambigüedad y la falta de un consenso ampliamente aceptado por la comunidad académica frente al concepto de pensamiento computacional (Román González, 2016), exigen una diferenciación conceptual frente al pensamiento algorítmico. Un análisis de los dos conceptos, permitió identificar tres concepciones teóricas (figura 3): la primera, una concepción sinónima, la cual equipara el pensamiento algorítmico como el mismo pensamiento computacional. La segunda, una concepción integradora, en la que se afirma que el pensamiento algorítmico es un componente subyacente del pensamiento computacional. Y la tercera, una concepción diferenciada, en la que el pensamiento algorítmico se asume como un tipo de pensamiento diferente del pensamiento computacional, el cual desarrolla un proceso específico con habilidades particulares.

Figura 3. Concepciones teóricas de pensamiento algorítmico frente al pensamiento computacional



Stephens y Kadjevich (2020) sostienen que el pensamiento algorítmico es una forma de razonamiento matemático que puede adoptar muchas formas, tales como la algebraica, la espacial y geométrica, y la estadística. El pensamiento algorítmico es necesario siempre que se tiene que comprender, probar, mejorar o diseñar un algoritmo, y tiene un fuerte aspecto creativo: la construcción de nuevos algoritmos que resuelven un problema dado. Argumentan que para abordar los algoritmos con éxito, se requieren diversas capacidades cognitivas, entre ellas la descomposición (descomponer un problema en subproblemas) y la abstracción (hacer afirmaciones generales que resuman ejemplos particulares relativos a conceptos, procedimientos, relaciones y modelos subyacentes). De igual forma, el pensamiento algorítmico también exige el reconocimiento de patrones, que puede considerarse como una instancia de abstracción y generalización; en síntesis, asumen que hay tres piedras angulares del pensamiento algorítmico, a saber: la descomposición, la abstracción y la algoritmización. Los autores enfatizan en que estas habilidades son compartidas por el pensamiento algorítmico y el pensamiento computacional, pero que es precisamente la aplicación de la automatización por parte del segundo lo que las separa.

Los estudios abordados proponen diversas formas y métodos para desarrollar habilidades de pensamiento algorítmico. Las propuestas pueden clasificarse en dos tipos: conectadas y desconectadas. Las primeras, hacen referencia a estrategias, que a través de internet y con el uso de medios tecnológicos, se sirven de entornos de programación en pseudocódigo para la creación de juegos, la generación y edición de algoritmos, y herramientas

que permiten la creación de objetos virtuales como un robot (Ángel-Díaz *et al.*, 2020; Beúnes Cañete y Vargas Ricardo, 2019; Csapó *et al.*, 2020; Grover *et al.*, 2015; Lee y Ko, 2018); las segundas, hacen referencia a estrategias que no requieren la conexión a internet y pueden hacer uso o no de una herramienta tecnológica para el desarrollo de tareas que implican habilidades de pensamiento algorítmico, entre las que resaltan las tareas del concurso internacional Bebras y las actividades del proyecto Discover Coding (Dagiené *et al.*, 2017; Tonbuloğlu y Tonbuloğlu, 2019).

Finalmente, la revisión sistemática permitió evidenciar a escala teórica que existe una posible relación entre algoritmo, habilidades algorítmicas, pensamiento algorítmico y la resolución de problemas (Lee y Ko, 2018; Sáiz-Manzanares y Pérez Pérez, 2016; Sánchez Román *et al.*, 2016). Dicha relación se apoya en el supuesto que las habilidades que integran el pensamiento algorítmico, y que funcionan como un tipo de razonamiento (Stephens y Kadijevich, 2020), intervienen en el proceso cognitivo de resolución de problemas, ayudando al estudiante a establecer un plan o estrategia de solución ordenada, lógica y sistemática. Es importante resaltar la falta de evidencias empíricas sobre la relación entre las habilidades de pensamiento algorítmico y las habilidades de RP.

Por otra parte, un análisis estadístico preliminar de los datos obtenidos en esta investigación, específicamente, las comparaciones emparejadas (test - postest) en cada uno de los grupos, permitió identificar que el grupo control tuvo una diferencia estadísticamente significativa en los factores 2, 4 y 6 (Capacidad de síntesis, Análisis, y Comprensión metacognitiva de enunciados y procesos) con una desmejora en el desempeño de dichos factores; en los otros factores no se presentaron diferencias; el grupo experimental 1 tuvo mejoras estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en los factores 3 y 5 (Lectura crítica del enunciado, e Interpretación de información), una mejora relativa pero no estadísticamente significativa en los factores 4 y 6 (Análisis, y Comprensión metacognitiva de enunciados y procesos) y sin cambios en los factores 1, 2 y 7 (Predicción y transferencia, Capacidad de síntesis, y Delimitación del problema); el grupo experimental 2 tuvo una mejora estadísticamente significativa ($P < 0,05$) en los factores 1, 2, 3, 5 y 6 (Predicción y transferencia, Capacidad de síntesis, Lectura crítica del

Tabla 1. Resultados preliminares por grupos después de la intervención en habilidades de pensamiento algorítmico

Factor	Factor 1: Predicción y transferencia			Factor 2: Capacidad de síntesis			Factor 3: Lectura crítica del enunciado			Factor 4: análisis		
	Media	t	Sig	Media	t	Sig	Media	t	Sig	Media	t	Sig
GRUPO												
Grupo Control	-0,05747	-1,223	,232	0,17241	3,550	,001	0,03448	,420	,677	0,39655	4,960	,000
Grupo Experimental 1	,14815	2,046	,057	,16667	1,638	,120	,19444	-3,289	,004	-0,2778	-,566	,579
Grupo Experimental 2	-,18333	-3,733	,000	-,10000	-2,373	,021	-,15000	-2,673	,010	-,08333	-1,692	,096

Factor	Factor 5: Interpretación de información			Factor 6: Comprensión metacognitiva de enunciados y procesos			Factor 7: Delimitación del problema		
	Media	t	Sig	Media	t	Sig	Media	t	Sig
GRUPO									
Grupo Control	-0,05717	1,727	,095	0,25287	4,683	,000	0,00000	0,000	1,000
Grupo Experimental 1	-,30556	-3,051	,007	-,09259	-1,000	,331	,05556	,437	,668
Grupo Experimental 2	-,10000	-2,117	,039	-,11111	-2,031	,047	-,01667	-,275	,784

enunciado, Interpretación de información, y Comprensión metacognitiva de enunciados y procesos.), mejoraron en el factor 4 (Análisis) pero no estadísticamente significativo, y sin mejora en el factor 7 (Delimitación del problema). Estos datos pueden observarse en la tabla 1. El análisis de la varianza (Anova) luego del proceso de intervención, permite concluir que los grupos experimentales presentaron mejoras significativas en los factores referidos a la resolución de problemas, en comparación con el grupo control (Ver Tabla 1).

Discusión y conclusiones

Con el interés creciente de algunos currículos internacionales por el desarrollo del pensamiento algorítmico (Vidal *et al.*, 2015), y la ausencia de propuestas curriculares sobre este en Colombia, queda sobre la mesa la inquietud de un posible atraso en nuestro país con respecto al pensamiento algorítmico, en lo referente a su comprensión, ejecución y desarrollo. Por otro lado, se abre la oportunidad didáctica de explorar esta habilidad de pensamiento en otras áreas del plan de estudios y fortalecer su desarrollo en matemáticas principalmente, generando propuestas que evidencien que efectivamente el pensamiento algorítmico es una forma de producir una solución o una serie de soluciones a un problema, lo cual se constituye en una respuesta urgente a las demandas educativas del presente siglo. Aún más, con el auge de la computación informática y el desarrollo de *software* con códigos de programación, el pensamiento algorítmico se ha constituido en una de las bases fundamentales para los ingenieros del futuro (Rojas-López y García-Peñalvo, 2020; Shim, 2019).

La habilidad para la resolución de problemas ha sido un asunto de vital importancia para la educación, a tal punto que Jonassen (2011) argumenta que la RP es el único objetivo cognitivo legítimo de la educación (formal, informal y otras) en cualquier contexto educativo, es la actividad de aprendizaje más auténtica y, por tanto, la más relevante que pueden realizar los estudiantes. En contextos cotidianos, incluyendo el trabajo y la vida personal, las personas resuelven problemas constantemente. Es una habilidad

esencial del siglo XXI, especialmente la capacidad de resolver diferentes tipos de problemas, estructurados y desestructurados, tanto de manera convencional como innovadora. La escuela, por tanto, está nuevamente invitada a retomar uno de sus principales retos, la resolución de problemas, contextualizando la enseñanza y respondiendo con pertinencia a las necesidades reales del estudiantado y del mundo.

El Anova luego del proceso de intervención permite concluir que los grupos experimentales presentaron mejoras significativas en los factores referidos a la resolución de problemas, en comparación con el grupo control, consecuente con la afirmación de que una propuesta didáctica orientada al desarrollo de habilidades de pensamiento algorítmico puede incidir positivamente en las habilidades de resolución de problemas. En ese sentido, el pensamiento algorítmico, entendido como una forma de razonamiento que permite la comprensión de un problema y el posterior diseño de un algoritmo de solución basado en pasos definidos, pero a la vez abiertos a la posibilidad creativa, guarda una conexión cognitiva entre sus habilidades de pensamiento con las habilidades subyacentes a la resolución de problemas. Por tanto, es posible establecer que el proceso de RP se conecta con las habilidades de pensamiento algorítmico, y que es importante profundizar aún más en la cuestión de cómo se relacionan estos procesos cognitivos en el desempeño de los estudiantes en matemáticas y en otras áreas, implementando propuestas didácticas para la práctica docente en el aula.

Finalmente, los resultados preliminares son congruentes con las afirmaciones de Palma Suárez y Sarmiento Porras (2015) y Pöllänen y Pöllänen (2019) en cuanto a que el pensamiento algorítmico es una estrategia que aporta a la resolución de problemas y puede generar nuevas estructuras de aprendizaje aplicables al área de matemáticas, advirtiendo, como dice Sánchez Román *et al.* (2016), la falta de un desarrollo adecuado de este tipo de pensamiento en los estudiantes.

Referencias

- Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R. y León, C. (2020). Simulador de robótica educativa para la promoción del pensamiento computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63).
- Beúnes Cañete, J. E. y Vargas Ricardo, A. (2019). La introducción de la herramienta didáctica PSeInt en el proceso de enseñanza aprendizaje: Una propuesta para Álgebra Lineal. *Transformación*, 15(1), 147-157.
- Brown, W. (2017). *Introduction to algorithmic thinkin*. <https://www.studocu.com/en-us/document/university-of-arizona/analytical-methods-for-business/tutorial-work/introduction-to-algorithmic-thinking/1427940/view>
- Compañ-Rosique, P., Satorre-Cuerda, R., Llorens-Largo, F. y Molina-Carmona, R. (2015). Enseñando a programar: Un camino directo para desarrollar el pensamiento computacional. *Revista de Educación a Distancia*, 46, 1-15.
- Csapó, G., Csernoch, M. y Abari, K. (2020). Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction. *Education and Information Technologies*, 25(3), 1585-1605.
- Dagiené, V., Sentance, S. y Stupuriené, G. (2017). Developing a two-dimensional categorization system for educational tasks in informatics. *Informatica*, 28(1), 23-44.
- Espino Espino, E. E. y González González, C. S. (2015). Estudio sobre diferencias de género en las competencias y las estrategias educativas para el desarrollo del pensamiento computacional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 46.
- Futschek, G. (2006). Algorithmic thinking: The key for understanding computer science. En R. T. (ed.), Mittermeir *International conference on informatics in secondary schools-evolution and perspectives* (pp. 159-168). Springer.
- Gal-Ezer, J. y Lichtenstein, O. (1997). A mathematical-algorithmic approach to sets: a case study. *Mathematics and Computer Education*, 31(1), 33-42.
- García-García, J. J. y Rentería-Rodríguez, E. (2013). Resolver problemas y modelizar: Un modelo de interacción. *Magis: Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(11), 297-333.
- Greiff, S., Stadler, M., Sonnleitner, P., Wolff, C. y Martin, R. (2015). Sometimes less is more: Comparing the validity of complex problem solving measures. *Intelligence*, 50, 100-113.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A. C. y Martin, R. (2014). Domain-general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*, 13, 74-83.

- Grover, S., Pea, R. y Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer Science Education*, 25(2), 199-237.
- Jeong, I. (2018). Software battle for algorithm education: Focused on sorting algorithm. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 22(2), 223-230. <https://doi.org/10.14352/jkaie.2018.22.2.223>
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to solve problems: An instructional design guide*. Pfeiffer.
- Jonassen, D. H. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Kaarakainen, M. T. (2019). ICT intentions and digital abilities of future labor market entrants in Finland. *Nordic Journal of Working Life Studies*, 9(2).
- Knuth, D. E. (1985). Algorithmic thinking and mathematical thinking. *American Mathematical Monthly*, 92, 170-181.
- Lee, J. y Ko, E. (2018). The effect of *software* education on middle school students' computational thinking. *The Journal of the Korea Contents Association*, 18(12), 238-250.
- Congreso de Colombia. (1994, 8 de febrero). Ley 115. *Por la cual se expide la ley general de educación*. Diario Oficial 41214.
- Ministerio de Educación Nacional. (2007). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-116042.html>
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Lineamientos curriculares: Matemáticas*. http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf
- Newman, M. y Gough, D. (2020). Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application. En O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond y K. Buntins (eds.), *Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application* (pp. 3-22). Springer.
- Palma Suárez, C. A. y Sarmiento Porras, R. E. (2015). Estado del arte sobre experiencias de enseñanza de programación a niños y jóvenes para el mejoramiento de las competencias matemáticas en primaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 20(65), 607-641.
- Polit, D. F., Hungler, B. P., Palacios Martínez, R. y Féher de la Torre, G. (2007). *Investigación científica en ciencias de la salud: Principios y métodos*. McGraw Hill.
- Pöllänen, S. H. y Pöllänen, K. M. (2019). Beyond programming and crafts: towards computational thinking in basic education. *Design and Technology Education: An International Journal*, 24(1), 13-32.

- Rojas-López, A. y García-Peñalvo, F. (2020). Evaluación de habilidades del pensamiento computacional para predecir el aprendizaje y retención de estudiantes en la asignatura de programación de computadoras en educación superior. *Assessment of computational thinking skills to predict student learning and retention in the subject programming computer in higher education*, 20(63), 1-39
- Román González, M. (2016). *Códigoalfabetización y pensamiento computacional en Educación Primaria y Secundaria: Validación de un instrumento y evaluación de programas* [tesis de doctorado, Universidad Nacional de Educación a Distancia].
- Sáiz-Manzanares, M. C. y Pérez Pérez, M. I. (2016). Self-regulated and improving knowledge in problem-solving. *Psicología desde el Caribe*, 33(1), 14-30.
- Sánchez Román, G., Guerrero García, J., Collazos Ordóñez, C. A., Tapia Cortes, C. y Mocenchua Mora, D. (2016). Propuesta de arquitectura de Sistema Tutor Inteligente para desarrollar las habilidades algorítmicas. *Informática Educativa Comunicaciones*, 24, 30-35.
- Sánchez Vera, M. del M. (2019). El pensamiento computacional en contextos educativos: Una aproximación desde la Tecnología Educativa. *Research in Education and Learning Innovation Archives*, 23, 24.
- Shim, J. (2019). A study on the level of algorithmic thinking of students in elementary and secondary schools. *Journal of Creative Information Culture*, 5(3), 237-243.
- Stephens, M. y Kadijevich, D. M. (2020). Computational/algorithmic thinking. En S. Lerman (ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 117-123). Springer.
- Thomas, M. (2020). Algorithms. En S. Lerman (ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 48-50). Springer.
- Tonbuloğlu, B. y Tonbuloğlu, İ. (2019). The effect of unplugged coding activities on computational thinking skills of middle school students. *Informatics in Education*, 18(2), 403-426.
- Vidal, C. L., Cabezas, C., Parra, J. H. y López, L. P. (2015). Experiencias prácticas con el uso del lenguaje de programación Scratch para desarrollar el pensamiento algorítmico de estudiantes en Chile. *Formación Universitaria*, 8(4), 23-32.
- Zatarain Cabada, R. (2018). Reconocimiento afectivo y gamificación aplicados al aprendizaje de lógica algorítmica y programación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 115-125.
- Zsakó, L. y Szlávi, P. (2012). ICT Competences: Algorithmic Thinking. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 49-58.