

INVESTIGACIONES

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

Incidence of Algorithmic Thinking Skills in Problem-Solving Skills:
A Didactic Proposal in the Context of Basic Secondary Education

Diego Fernando Pinzón Pérez^a, Enoc Valentín González Palacio^b

^a Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.
diego.pinzon@udea.edu.co

^b Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

RESUMEN

La estructura curricular de matemáticas en Colombia plantea la resolución de problemas como objetivo general de la educación básica y media. Por otra parte, el interés creciente por el desarrollo del pensamiento algorítmico en algunos currículos internacionales, ha abierto la importancia de su reflexión para la educación matemática. A partir de la afirmación que el pensamiento algorítmico es una forma de resolución de problemas, se aplicó un proceso de revisión sistemática en educación, entre enero de 2015 y junio de 2020, sobre los conceptos de pensamiento algorítmico y de resolución de problemas. El objetivo de este artículo es presentar los principales hallazgos de la revisión sistemática en torno a cómo inciden las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación básica secundaria. De los 66 artículos seleccionados, 44 presentaban aportes considerables para la configuración conceptual del objetivo. Se constató que los estudios establecían relaciones solamente de orden teórico entre los conceptos y no se encontró evidencia empírica de que fuesen establecidos como variables interdependientes. Dada la relación latente entre pensamiento algorítmico y pensamiento computacional, se sugiere el uso del concepto de pensamiento algorítmico en el contexto educativo escolar por su conexión estrecha con el conocimiento y pensamiento matemático. En ese sentido, las habilidades de pensamiento algorítmico pueden servir de estrategia didáctica que aporte al desarrollo de habilidades para la resolución de problemas y el enfrentamiento del reto educativo que demanda el siglo XXI en un mundo cada vez más problematizado.

Palabras clave: cognitivismo, currículo, matemáticas, pensamiento computacional.

ABSTRACT

The curricular structure of mathematics in Colombia establishes problem solving as the general objective of elementary and middle school education. On the other hand, the growing interest in the development of algorithmic thinking in some international curricula, has opened the importance of its reflection for mathematics education. Based on the assertion that algorithmic thinking is a form of problem solving, a systematic review process was applied in education, between January 2015 and June 2020, on the concepts of algorithmic thinking and problem solving. The aim of this article is to present the main findings of the systematic review around how algorithmic thinking skills impact on problem-solving skills in the context of basic secondary education. Of the 66 articles selected, 44 presented considerable contributions to the conceptual configuration of the objective. It was found that the studies established only theoretical relationships between the concepts and no empirical evidence was found that they were established as interdependent variables. Given the latent relationship between algorithmic thinking and computational thinking, the use of the concept of algorithmic thinking in the school educational

context is suggested because of its close connection with mathematical knowledge and thinking. In this sense, algorithmic thinking skills can serve as a didactic strategy that contributes to the development of problem-solving skills and thus meet the educational challenge demanded by the 21st century in an increasingly problematized world.

Keywords: cognitivism, curriculum, mathematics, computational thinking.

1. INTRODUCCIÓN

El mundo actual es cada vez más problematizador en cada uno de sus entornos y contextos; las situaciones a las que se enfrentan los estudiantes son dinámicamente cambiantes, intransparentes y complejas (Greiff *et al.*, 2014), lo que convierte la vida en un reto constante que necesitará, por tanto, personas con mejores habilidades para resolverlos. El sistema educativo colombiano tiene establecido fines que apuntan al desarrollo de capacidades en los estudiantes para la solución de problemas, no sólo a nivel 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 se apoya en cinco pensamientos matemáticos para desarrollar los procesos que permitirán enfrentar las situaciones problemáticas del contexto (MEN, 2007, 1998). Es posible afirmar entonces, 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, en esta, se pueden evidenciar auténticos aprendizajes como resultado del proceso educativo escolar (Ver figura 1). Sin embargo, la resolución de problemas (en lo que sigue 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 (en lo que sigue PA) aparece en los últimos años como una estrategia que aporta a la resolución de problemas (Palma Suárez & Sarmiento Porras, 2015; Pöllänen & Pöllänen, 2019). Algunos autores definen el PA como el establecimiento de una serie de pasos para resolver un problema (Brown, 2017; Futschek, 2006; Jeong, 2018; Palma Suárez & Sarmiento Porras, 2015; Sánchez Vera, 2019). Sin embargo, la revisión bibliográfica sistemática adelantada en el presente estudio, no encontró investigaciones que evidencien relaciones empíricas entre las habilidades de pensamiento algorítmico y las habilidades de resolución de problemas en estudiantes de la básica secundaria. Ahondar en el estudio de la relación entre estas habilidades permitiría acercarse a la comprensión de su vinculación cognitiva, ampliar por un lado su conocimiento en educación, y por otro, evaluar su importancia en el desarrollo del pensamiento matemático.

El pensamiento algorítmico 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 & González, 2015; Zatarain, 2018). De otra parte, se afirma que el PA 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 & Sarmiento Porras, 2015). Sánchez Román *et al.* (2016) advierte la falta de un desarrollo adecuado de este tipo de pensamiento en los estudiantes, en tanto que Gal-Ezer & 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.

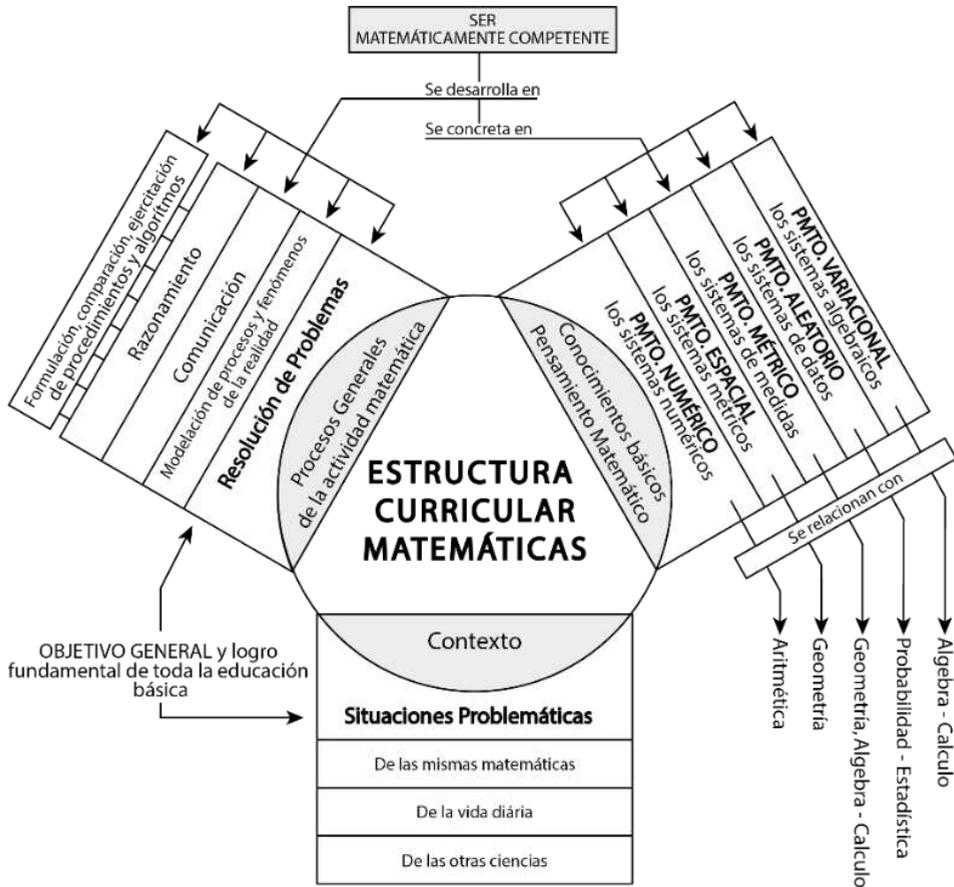


Figura 1. Estructura curricular de matemáticas en Colombia.

Fuente: elaboración propia con base en MEN (1998, 2007).

El PA, en particular, se considera una habilidad muy importante, la cual está ganando cada vez más terreno en la educación primaria y secundaria de los países en desarrollo dinámico (Zsakó & 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 PA puede aportar al desarrollo de habilidades para la RP, abriendo oportunidades

didácticas que permitan una planificación de estrategias orientadas al favorecimiento de habilidades de pensamiento en los estudiantes frente al contexto problemático del mundo actual.

2. REVISIÓN SISTEMÁTICA

Se aplicó un proceso de revisión sistemática (en lo que sigue RS) en educación como el esbozado por Newman & Gough (2020) para reunir, sintetizar y evaluar los hallazgos de los estudios que exploran la relación entre las habilidades de pensamiento algorítmico y las estrategias –o proceso– de resolución de problemas (Ver figura 2). Esta revisión se realizó desde el enfoque lógico de síntesis configurativa presentada por los autores, que consiste en la configuración deliberativa de datos por parte de los revisores en patrones para crear una comprensión conceptual más rica de un fenómeno; en este tipo de enfoque se suelen investigar preguntas de investigación sobre el significado y la interpretación para explorar y desarrollar la teoría. Suelen utilizar métodos de revisión exploratorios e iterativos que surgen a lo largo del proceso de revisión. Los revisores suelen estar interesados en la variedad intencionada, en la identificación y selección de estudios.

A partir de la afirmación que el pensamiento algorítmico es una forma de resolución de problemas, la RS estuvo orientada por los siguientes interrogantes:

- P1. ¿Cómo es definido el pensamiento algorítmico?
- P2. ¿Qué habilidades integran el pensamiento algorítmico?
- P3. ¿Cómo desarrollar habilidades de pensamiento algorítmico?
- P4. ¿Cómo inciden las habilidades de pensamiento algorítmico en las estrategias de resolución de problemas?

Para el proceso de RS se utilizaron los siguientes criterios de selección y estrategia de búsqueda: para el abordaje de la literatura multidisciplinaria sobre el pensamiento algorítmico y la resolución de problemas, se realizó una primera búsqueda en castellano usando las palabras clave de “pensamiento algorítmico”, “resolución de problemas” y “educación secundaria” y una segunda búsqueda en inglés usando los términos “algorithmic thinking”, “solving problems” y “middle school”. Los criterios de selección se especificaron como:

- a) relevancia del contenido: estudios y documentos conceptuales que examinaron o describieron el diseño y el desarrollo,
- b) año de publicación: 5 últimos años, entre enero de 2015 y junio de 2020,
- c) publicaciones arbitradas y materias equivalentes,
- d) artículo completo

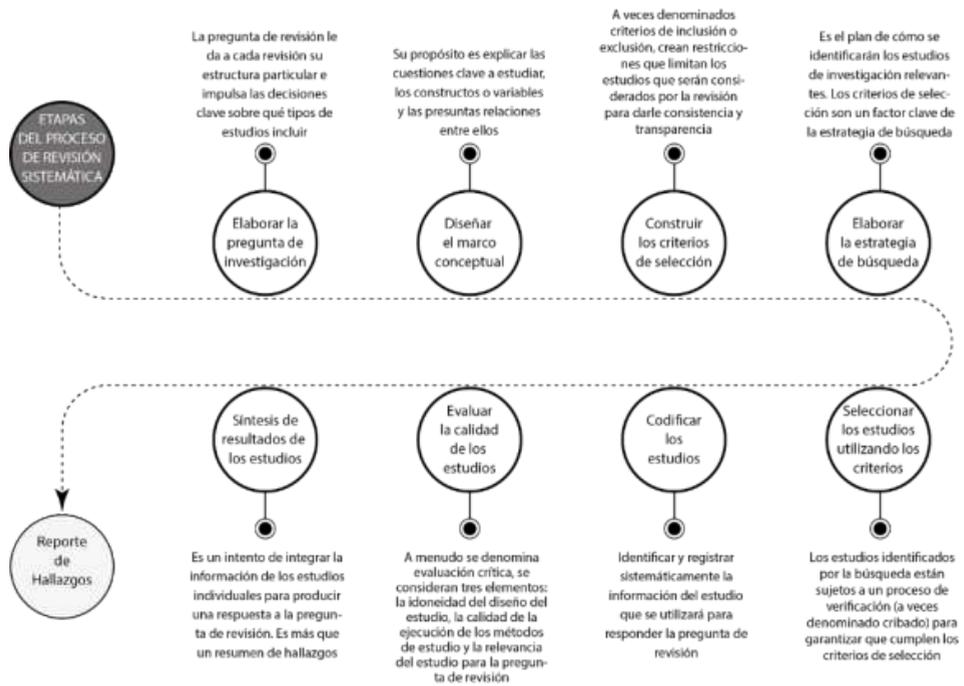


Figura 2. Proceso de revisión sistemática en educación.

Fuente: elaboración propia con base en Newman & Gough (2020).

La búsqueda de bibliografía fue exhaustiva dentro del conjunto de datos que consistía en bases bibliográficas informatizadas de EBSCO (Academic Search Premier y Academic Search Complete) y WEB OF SCIENCE (Web of Science - WOS, Korean Journal Database - KJD, Russian Science Citation Index - RSCI y SCIELO), donde figuran las principales revistas de educación y tecnología. Después de aplicar la estrategia de búsqueda y luego de utilizar los criterios de selección, 66 artículos fueron elegidos. 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, estos artículos fueron sintetizados y almacenados en Resúmenes Analíticos de Investigación (RAI) de acuerdo a la propuesta de González (2019), su análisis se realizó tanto en la hoja de Cálculo Excel como en el software AtlasTi v 7,0. La ubicación geográfica de los estudios permitió identificar aquellos países que presentan mayor número de investigaciones sobre las variables: Estados Unidos (15), España (7), Colombia (4), Corea (3), Malasia (2) y Grecia (2), otros países como México, Cuba, Perú, Chile, Argentina, Finlandia, Hungría, Lituania y Turquía con uno (1).

La revisión sistemática de literatura permitió elaborar una síntesis conceptual del uso del constructo habilidades de pensamiento algorítmico en procesos de resolución de problemas, en publicaciones científicas arbitradas; se analizaron los aspectos generales de los artículos revisados, y a nivel de contenido, la conceptualización del pensamiento algorítmico, las habilidades implicadas en este pensamiento y cómo desarrollarlas, y se

indagó si existe alguna incidencia en las estrategias para la resolución de problemas. Los principales resultados de la RS serán expuestos en el siguiente título del presente artículo.

3. MARCO CONCEPTUAL

El presente estudio aborda las variables “pensamiento algorítmico” y “resolución de problemas” en el contexto educativo. Para esto, es preciso explicar cómo se entiende, desde algunos autores representativos, lo que se ha conceptualizado de cada una de las variables. A continuación, se presentan los resultados más significativos.

3.1. PENSAMIENTO ALGORÍTMICO

En la Tabla No.1 se presentan algunas de las conceptualizaciones sobre PA con el propósito de identificar sus aspectos constitutivos de base con respecto al conocimiento matemático y los procesos cognitivos que lo subyacen.

Tabla 1. Conceptualizaciones de pensamiento algorítmico

Autores	Conceptualización
Compañ-Rosique et al., 2015	Automatizando soluciones mediante el PA, esto es, estableciendo una serie de pasos ordenados para llegar a la solución.
Espino & González, 2015	Resolver problemas y automatizar soluciones con ayuda del PA. Automatizar soluciones haciendo uso del PA (estableciendo una serie de pasos ordenados para llegar a la solución).
Basogain Olabe & Olmedo Parco, 2020; Hacker, 2017; Israel et al., 2015; Sánchez Vera, 2019	Automatizar soluciones mediante el PA (una serie de pasos ordenados).
Palma Suárez & Sarmiento Porras, 2015	Permite que los estudiantes establezcan una serie de pasos para resolver un problema. Razonamiento que ayuda a los estudiantes a establecer una serie de pasos de un problema y plasmarlos en un plan (que puede representarse en un programa, permitiendo que el alumno adquiera habilidades adicionales para definir y establecer claramente el problema, romperlo en sub-problemas más pequeños y manejables, y describir la solución en un conjunto bien definido de pasos).
Dagienè et al., 2017	Automatizar soluciones a través del PA (una serie de pasos ordenados). Pensar en términos de secuencias y reglas; Ejecutando un algoritmo; Creando un algoritmo.
Thomas et al., 2017	El pensamiento algorítmico computacional es la capacidad de diseñar, implementar y evaluar la implementación (es decir, el rendimiento) de algoritmos para resolver una serie de problemas; se centra específicamente en cómo el humano, como agente informático, diseña, implementa y evalúa un algoritmo o conjunto de algoritmos para resolver un problema.

Lee & Recker, 2018	El PA implica la creación de un plan paso a paso que puede ser implementado por un artefacto. Por ejemplo, la creación de una tarjeta de felicitación que se enciende cuando se abre o una sucesión de luces que se encenderán como un conjunto complejo de interruptores implica la creación de un algoritmo para los estados de encendido y apagado.
Jeong, 2018	La naturaleza del conocimiento relacionado con algoritmos tiene las características de un sistema de conocimiento que adquiere saber metódico para la resolución de problemas basado en conocimiento proposicional. En otras palabras, se dice que los diversos métodos que se intentan al resolver el problema son conceptos de un algoritmo.
Roldán-Segura et al., 2018	La automatización de las soluciones mediante PA (secuenciación y estructuración de pasos a seguir).
Beúnes Cañete & Vargas Ricardo, 2019	El PA está compuesto por habilidades conectadas a la construcción y comprensión de algoritmos, tales como: analizar el problema dado, especificar un problema con precisión, encontrar acciones básicas adecuadas al problema dado, construir el algoritmo correcto para resolver el problema dado a partir de las acciones básicas, pensar todos los casos posibles de solución del problema dado y comprobar la eficiencia de un algoritmo.
Shim, 2019	El PA es un componente clave del pensamiento informático, y desempeña un papel muy importante en el diseño y la programación de algoritmos. Capacidad de crear procedimientos para resolver un problema dado.
Ángel-Díaz et al., 2020	El PA consiste en proporcionar una serie de pasos bien definidos, o un algoritmo, que permita resolver el problema, tratando de ser lo más genérico posible. Lo anterior permite que problemas similares puedan ser resueltos con un algoritmo igual o similar al diseñado desde un primer momento.
Avello et al., 2020	Los estudiantes demuestran su abstracción y PA a través del algoritmo que crean, ya que un algoritmo es una abstracción de un proceso, desglosado en pasos ordenados.
Rojas-López & García-Peñalvo, 2020	Soluciones automáticas a través de PA (una serie de pasos ordenados). Diseño Algorítmico: habilidad para crear un conjunto de instrucciones que indiquen paso a paso la solución de un problema.

Es posible observar que, frente al concepto de pensamiento algorítmico, el concepto de algoritmo aparece como una noción de base que es importante para este razonamiento. Según M. Thomas (2020), el significado de algoritmo está relacionado con aspectos procedimentales utilizados 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, aplicar reglas sin una razón, más que una comprensión relacional. La comprensión del algoritmo implica conocer 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.

De igual forma, en el concepto de PA resaltan tres capacidades: la abstracción, es decir, la representación mental de una estructura, proceso, relación o concepto; la capacidad de automatizar (diseño algorítmico), es decir, crear una serie de pasos ordenados; y, la capacidad de planificar, crear un plan para producir una solución o serie de soluciones a un problema.

Diversas referencias teóricas unen el pensamiento algorítmico con el pensamiento computacional (PC). 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 PA. Un análisis de los dos conceptos, permitió identificar tres concepciones teóricas: la primera, una concepción sinónima, la cual equipara el PA como el mismo pensamiento computacional. La segunda, una concepción integradora, donde se afirma que el PA es un componente subyacente del pensamiento computacional. Y la tercera, una concepción diferenciada, donde el PA se asume como un tipo de pensamiento diferente del pensamiento computacional, el cual desarrolla un proceso específico con habilidades particulares. Ver figura 3.

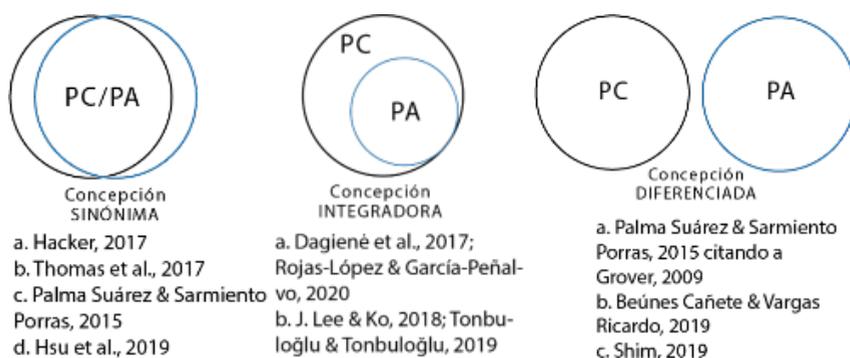


Figura 3. Concepciones teóricas de pensamiento algorítmico frente al pensamiento computacional.

3.1.1. Habilidades de pensamiento algorítmico

La tabla 2 recoge las habilidades de PA que los estudios identifican como fundamentales a la hora de usar este tipo de pensamiento. Aunque existe una fuerte conexión de este con la informática y la programación, el PA es más cotidiano de lo que podría pensarse. J. O. Thomas *et al.* (2017) argumentan que como humanos desarrollamos y/o realizamos un método paso a paso para lograr o analizar el desempeño de alguna tarea, o diseñamos, identificamos y/o realizamos algoritmos, por ejemplo: buscar un nombre en una lista ordenada alfabéticamente, cocinar una comida, aprender una división larga, usar un cajero automático, aprender un baile popular, ayudar a alguien a encontrar algo a través de una llamada telefónica y hacer fila en el supermercado, entre otros.

Tabla 2. Habilidades de pensamiento algorítmico

Autor	Habilidades de pensamiento algorítmico
Palma Suárez & Sarmiento Porras, 2015	Establecer una serie de pasos de un problema y plasmarlos en un plan, permitiendo que el alumno adquiriera habilidades adicionales para definir y establecer claramente el problema, romperlo en sub-problemas más pequeños y manejables (descomposición), y describir la solución en un conjunto bien definido de pasos.
Grover et al., 2015	Acciones como repetir, mientras y para, para expresar la idea de bucles y repetición, ayuda a los estudiantes a ir más allá de las características superficiales del lenguaje sintáctico y de programación para ver la estructura más profunda de cómo las secuencias, los bucles y los condicionales, por ejemplo, caracterizan la mayoría de las soluciones expresadas en cualquier lenguaje imperativo (secuenciación, repetición y condicionales... representación). Este diseño se basa en estudios previos de ciencias cognitivas que utilizan representaciones análogas en el aprendizaje para comprender estructuras más profundas en situaciones de resolución de problemas
Gretter & Yadav, 2016	Reconocimiento de patrones, la abstracción y la descomposición
Dagiené et al., 2017	¿Cómo detectar el uso de la habilidad de PA? pensar en términos de secuencias y reglas; ejecutando un algoritmo; creando un algoritmo.
Shim, 2019	Dominios secuenciales, repetitivos y funcionales
Beúnes Cañete & Vargas Ricardo, 2019	El PA está compuesto por habilidades conectadas a la construcción y comprensión de algoritmos, tales como: analizar el problema dado, especificar un problema con precisión, encontrar acciones básicas adecuadas al problema dado, construir el algoritmo correcto para resolver el problema dado a partir de las acciones básicas, pensar todos los casos posibles de solución del problema dado y comprobar la eficiencia de un algoritmo.

Stephens & Kadijevich (2020) sostienen que el PA es una forma de razonamiento matemático que puede adoptar muchas formas, como algebraica, espacial y geométrica, y estadística. 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 sub-problemas) y la abstracción (hacer afirmaciones generales que resuman ejemplos particulares relativos a conceptos, procedimientos, relaciones y modelos subyacentes). De igual forma, el PA 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 PA y el pensamiento computacional, pero que es precisamente la aplicación de la automatización lo que las separa.

3.1.2. *Cómo desarrollar habilidades de pensamiento algorítmico*

Los estudios abordados proponen diversas formas y métodos para desarrollar habilidades de PA. 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 por ejemplo un robot (Ángel-Díaz *et al.*, 2020; Beúnes Cañete & Vargas Ricardo, 2019; Csapó *et al.*, 2020; Grover *et al.*, 2015; J. Lee & Ko, 2018; Palma Suárez & Sarmiento Porras, 2015; Sánchez Román *et al.*, 2016); las segundas, hacen referencia a estrategias que no requieren conexión a internet y pueden hacer uso o no de una herramienta tecnológica para el desarrollo de tareas que implican habilidades de PA, entre estas resaltan el concurso internacional Bebras y las actividades del proyecto Discover Coding (Dagienè *et al.*, 2017; Tonbuluğlu & Tonbuluğlu, 2019).

3.2. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Podría decirse que la historia de la humanidad es una reseña de la creatividad humana frente a los problemas que ha enfrentado para sobrevivir. Los problemas hacen parte de la vida y el reto del ser humano ha sido superarlos, son implícitos al hecho de existir y han provocado el surgimiento de las matemáticas, las disciplinas del conocimiento y las ciencias. Santos-Trigo (2020) refiere que el tema de resolución de problemas ha sido parte de la investigación en la enseñanza de las matemáticas; de una parte, lo que concierne al proceso de formulación, representación y solución de problemas; y de otra, el interés por comprender, explicar y caracterizar los procesos cognitivos, sociales y afectivos de los resolutores. Ambos tipos de análisis han proporcionado información importante para enriquecer los entornos de aprendizaje que tienen como objetivo involucrar a los estudiantes en experiencia de resolución de problemas. Resaltan los estudios de George Polya en la década de los 50 y Alan H. Schoenfeld en los 90, en el intento de ofrecer marcos de comprensión de cómo los estudiantes pueden tener éxito en el proceso de resolución de problemas, sin desconocer que, han surgido multiplicidad de interpretaciones de la RP en el campo de la enseñanza de las matemáticas.

3.2.1. *Solución de problemas y resolución de problemas*

El término problema, desde una perspectiva cognitiva, hace referencia a una cuestión difícil de resolver o solucionar, un caso dudoso o una tarea compleja que entraña dudas debido a la complejidad y la falta de transparencia (Jonassen, 2011). Gilhooly (1989) ofrece una definición de corte psicológico y otra de corte cognitivista. Desde la psicología, un problema existe cuando un organismo vivo tiene una meta, pero no sabe cómo ha de alcanzarla; y en términos de la ciencia cognitiva, se afirma que existe un problema cuando un sistema de procesamiento de información tiene una condición de meta que no puede ser satisfecha sin un proceso de búsqueda, es decir, sin búsqueda no hay problema. Jonassen & Hung (2012) definen un problema como una entidad desconocida en algún contexto (la diferencia entre un estado objetivo y un estado actual).

Cuando se hace referencia a la resolución (resolver – solucionar) de problemas en matemáticas, podría interpretarse el término solución y resolución como expresiones

sinónimas o complementarias. Sin embargo, los lineamientos de matemáticas en Colombia hacen la distinción entre solución de problemas y resolución de problemas; la primera hace referencia a la interacción con situaciones problemáticas con fines pedagógicos, o sea como estrategia didáctica; y la segunda, resolución de problemas como capacidad, la cual se busca desarrollar como objetivo general del área y logro fundamental de toda la educación básica y media (MEN, 1998). Codina & Rivera (2001) precisan los términos “solución” y “resolución” con el fin de proponer una reflexión sobre los procesos que intervienen en los intentos por resolver los problemas y destacar la importancia que puede tener para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas:

- Solución: designará el resultado o efecto de la acción de resolver, siempre y cuando verifique las condiciones supuestas en el problema.
- Resolución: acción o proceso de resolver el problema que tiene como fin una meta que llamaremos solución.
- Resolutor: sujeto que está resolviendo el problema, designado también como solvente.

Si se mira desde el punto de vista de la psicología, Mayer (1989) sostiene que la resolución de problemas es un proceso cognitivo dirigido a resolver un problema. Cognitivo en el sentido de que ocurre internamente en la mente o en el sistema cognitivo; proceso, en el sentido de que se aplican operadores al conocimiento en la memoria; y dirigida, en el sentido de que la actividad cognitiva de RP tiene un objetivo.

3.2.2. *Habilidades de resolución de problemas*

Seel (2012) expone cómo los psicólogos cognitivos proponen que lo primero que hace una persona cuando se enfrenta a un problema es construir una representación mental de sus características relevantes, denominada espacio del problema; si dicha construcción ha sido exitosa, el espacio del problema consiste en información sobre el estado inicial y objetivo del problema, así como información sobre los operadores que pueden aplicarse para resolverlo, entonces, un problema ocurre si una persona no sabe cómo proceder desde un estado dado hasta un estado objetivo deseado; así pues, un problema se describe mediante tres componentes:

- un estado inicial determinado (EI);
- un estado final deseado (EF); y
- una barrera que impide la solución del problema, es decir, pasar de EI a EF.

Jonassen (2004) afirma que, si un problema es una incógnita que vale la pena resolver, entonces la resolución de problemas es cualquier secuencia de operaciones cognitivas dirigida a un objetivo, encontrar esa incógnita. En conclusión, Jonassen & Hung (2012) terminan afirmando que la resolución de problemas es una actividad principalmente cognitiva, la cual consta del proceso de construcción y aplicación de representaciones mentales de los problemas para encontrar soluciones a los problemas que se encuentran en casi todos los contextos. Plantean que el proceso de RP tiene dos atributos críticos: la construcción de una representación mental de la situación del problema y la recuperación

de esquemas de problemas de la memoria del resolutor. La representación mental describe la comprensión del problema por parte del resolutor, y si debe investigar algo más a fondo con el fin de representar una mejor imagen del problema; a esto se suma la capacidad de identificar qué tipo de problema es. Esta representación mental del problema también se conoce como espacio del problema. De otra parte, la recuperación de esquemas ayuda al proceso de RP, dado que, las experiencias se acumulan y almacenan en recuerdos, para ser organizados en forma de modelos mentales, también conocidos como esquemas de problemas. Un esquema de problema consiste en la representación semántica de los conjuntos de un problema y sus relaciones estructurales, así como el proceso para encontrar la solución. Un esquema de problema completo es una representación mental resultante de la inducción de esos conjuntos, relaciones y procesos, basada en la experiencia previa, en la solución de determinados tipos de problema, lo que permite al resolutor pasar directamente a la ejecución de la solución. Ambos atributos tienen como fin idear la solución más viable. Finalmente, los autores concluyen diciendo que es la construcción mental activa y consciente del espacio del problema por parte del resolutor lo que resulta más crítico para la solución eficaz de los problemas.

En resolución de problemas se han presentado diversos modelos que proponen cómo llevar a cabo un proceso efectivo de resolución. Estos modelos, llamados de fase (por ejemplo, el General Problem Solver, el solucionador de problemas IDEAL –identificación, definición, exploración, actuación, logros– y el modelo de Polya) se han caracterizado por proponer un enfoque general bajo la suposición que todos los problemas se resuelven de la misma manera (Jonassen, 2011). El enfoque teórico de Jonassen para resolver problemas sostiene que tanto los problemas como los procesos de resolución varían, por lo cual, no es admisible generalizar que todos los problemas se resuelven de la misma manera sin importar el contexto. Esto lo fundamenta en que el conocimiento del dominio influirá en la forma cómo el estudiante construye la representación del problema –esquema o modelo mental– y cómo manipula dicha representación para generar una solución. Expone algunas habilidades cognitivas implicadas en procesos de RP, las cuales son operacionalizadas como estrategias cognitivas dependiendo del tipo de problema que intenta resolver:

- Definir el problema - esquemas de problemas: es una forma de estructura de conocimiento utilizada para identificar el tipo de problema que se está resolviendo.
- Comparación analógica de problemas: la transferencia de la resolución de problemas se basa en la inducción y reutilización de esquemas, que es una forma de razonamiento analógico. Es decir, para aprender a resolver un nuevo problema, los alumnos deben comparar analógicamente ese problema con otro estructuralmente similar.
- Comprensión de las relaciones causales en los problemas: la habilidad cognitiva más esencial requerida para resolver problemas es el razonamiento causal. Los problemas consisten en factores o elementos del problema que están relacionados causalmente; descubrir estas relaciones es esencial para aprender a resolverlos.
- Estrategias de preguntas para apoyar la resolución de problemas: durante la resolución de problemas, las preguntas son esenciales para guiar el razonamiento de los estudiantes mientras trabajan en comprender el problema y generar soluciones.
- Modelización de problemas: el modelado ayuda a los alumnos a expresar y exteriorizar su pensamiento, a visualizar y poner a prueba los componentes de sus teorías, y a hacer que los materiales sean más interesantes.

- Argumentar para aprender a resolver problemas: la argumentación es el medio por el que resolvemos racionalmente preguntas, cuestiones, disputas y problemas. Favorece la comprensión conceptual y epistémica, y ayuda a hacer visible el razonamiento científico.
- Regulación meta-cognitiva de la resolución de problemas: la metacognición ayuda a los solucionadores de problemas a reconocer que hay un problema que resolver, a definir el problema y a entender cómo llegar a una solución.

4. INCIDENCIA DE LAS HABILIDADES DE PA EN LAS HABILIDADES DE RP

La revisión sistemática desarrollada permitió evidenciar que a nivel conceptual se establece una relación entre pensamiento algorítmico y la resolución de problemas. Algunos estudios, como los presentados en la tabla 3, enuncian el PA y la RP como procesos conectados en codificación, programación informática y desarrollo de software, y que podría darse una mejora en las habilidades que los integran.

Tabla 3. Incidencia de habilidades de pensamiento algorítmico en habilidades de resolución de problemas

Autor	Incidencia de habilidades de PA en las habilidades de RP
Sánchez Román et al., 2016	Hacen alusión a una propuesta de sistema tutor basado en inteligencia artificial (AI) que ayudaría a desarrollar habilidades algorítmicas en los estudiantes y que por tanto influiría en el desarrollo de las mismas para la resolución de problemas. Los autores esperan que, con el desarrollo del sistema tutor y su implementación, haya una mejora positiva en las habilidades algorítmicas de los estudiantes.
Sáiz-Manzanares & Pérez Pérez, 2016)	Aducen una relación entre los procesos metacognitivos de autoconocimiento y planificación involucrados en la resolución de problemas matemáticos, con la función retrospectiva y prospectiva que tiene el algoritmo de la resolución al momento de la monitorización del aprendizaje, reafirmando una mejora en el uso de estrategias metacognitivas de control en la resolución de problemas.
J. Lee & Ko, 2018	Afirma que a partir del resultado del análisis estadístico, hubo un aumento significativo en el pensamiento algorítmico y la resolución de problemas como efecto de la educación en software en los estudiantes.
Jeong, 2018	Argumenta que la naturaleza del conocimiento relacionado con algoritmos tiene las características de un sistema de conocimiento que adquiere saber metódico para la resolución de problemas basado en conocimiento proposicional; al igual que la importancia de la educación de algoritmos para fortalecer soluciones a problemas relacionados con el uso de computadoras.
Tonbuloğlu & Tonbuloğlu, 2019	Afirman que en la parte cuantitativa del estudio, donde se llevaron a cabo actividades de codificación desconectada durante 10 semanas, el examen de los subfactores reveló que estadísticamente no hay ningún cambio significativo en la capacidad de resolución de problemas, a pesar de los efectos positivos observados en la creatividad, el pensamiento algorítmico, la colaboración y la capacidad de pensamiento crítico.

Los estudios enuncian una posible relación entre algoritmo, habilidades algorítmicas, pensamiento algorítmico y resolución de problemas. Dicha relación se apoya en el supuesto que las habilidades que integran el PA, y que funcionan como un tipo de razonamiento (Stephens & Kadujevich, 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. Sin embargo, no se encontró -en el rango de fechas de la revisión sistemática- ningún estudio que haya planteado las habilidades de PA y de RP como variables interdependientes o que se correlacionen de tal manera que una incida en la otra. En consecuencia, las afirmaciones que hacen los estudios tienen un apoyo sólo a nivel teórico que sería importante evidenciar de manera precisa, de tal modo que se pueda establecer cómo y en qué medida las habilidades de PA inciden en las habilidades subyacentes que los estudiantes ponen en ejecución al momento de implementar estrategias de RP. Esto motivó la generación de un proyecto investigativo con la intención didáctica de estimular el desarrollo de habilidades de pensamiento algorítmico, con el fin de evidenciar su efecto en las habilidades de los estudiantes al momento de iniciar un despliegue de razonamiento para la resolución de problemas.

5. PROPUESTA DIDÁCTICA BASADA EN PA

El sistema educativo colombiano tiene planteado, en su normatividad, fines que apuntan al desarrollo de capacidades en los estudiantes para la solución de problemas, no sólo a nivel del conocimiento formal, sino también de la vida cotidiana. Para que esto sea realidad, se requiere de propuestas didácticas orientadas a favorecer el desarrollo de tales capacidades, que los maestros retomen la resolución de problemas como objeto primordial de conocimiento y, que las asignaturas estructuradas en los planes de estudio superen el enfoque temático, instrumental, informativo y teórico alejado de la realidad, del contexto y de los problemas del estudiantado y de la sociedad. Es importante resaltar que el pensamiento algorítmico no está contemplado en la estructura curricular de matemáticas como un conocimiento básico entre los tipos de pensamiento. Esto se convierte en un asunto de reflexión sobre el currículo vigente, dado el auge de este pensamiento a nivel académico y a su implementación curricular en otros países.

La educación básica secundaria, culmen del proceso educativo, para establecer en los estudiantes los fundamentos de las ciencias y del conocimiento, se presenta como un contexto apropiado para indagar sobre el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas y de pensamiento algorítmico, con el fin de evaluar la pertinencia del proceso educativo y proponer alternativas didácticas para subsanar la posible carencia de desarrollo de dichas habilidades. Los asuntos abordados en el presente estudio, han sido los pilares para una propuesta didáctica basada en habilidades de PA (Descomposición, Abstracción y Algoritmización) a desarrollarse en dos instituciones educativas oficiales del departamento de Antioquia, la cual tiene como objetivo evaluar las habilidades de PA y de RP a través de diversos instrumentos como el Computational Thinking Test (Román-González, 2015), el Test de Pensamiento Algorítmico (Shim, 2019), el Test de Capacidad de Resolución de Problemas (García-García & Rentería-Rodríguez, 2013) y el instrumento MicroDYN (Funke & Greiff, 2017), el cual es la versión de base del Complex Problem-Solving Test (COMPRO), un test profesional que evalúa la capacidad cognitiva de resolución de problemas complejos.

6. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

A partir de la revisión sistemática realizada, el concepto de pensamiento algorítmico tiende a confundirse con pensamiento computacional debido a las diversas formas como dichos constructos son asumidos por los estudios abordados. Por lo tanto, lo más pertinente en el contexto educativo es adoptar una concepción diferenciada entre PA y PC, estableciendo una frontera –no excluyente o limitante– que permita el reconocimiento potencial que tienen como habilidades de pensamiento para el proceso de aprendizaje. En consecuencia, y desde el punto de vista didáctico y curricular, el término “pensamiento algorítmico” es más afín al campo educativo escolar en tanto que guarda conexiones estrechas con las matemáticas, gracias a los tipos de conocimiento que pretende desarrollar este pensamiento; si se mira desde las habilidades cognitivas que le subyacen, puede relacionarse con otras disciplinas del plan de estudios, convirtiéndose en un tipo de pensamiento que aporta de manera transversal a la resolución de problemas en diferentes asignaturas. Siguiendo la estructura conceptual presentada, el PA es un tipo de razonamiento que permite la construcción de una ruta o camino para llegar a la resolución de un problema, y se constituye esencialmente de las siguientes habilidades: la descomposición, la abstracción y la algoritmización.

Con el interés creciente de algunos currículos internacionales por el desarrollo del pensamiento algorítmico, se abre la oportunidad de explorar este tipo de razonamiento y generar propuestas didácticas que permitan evidenciar que efectivamente el PA es una forma de producir una solución o una serie de soluciones a un problema. Su relación con la actividad matemática, particularmente con contenidos de orden procedimental, es fundamental para el desarrollo de operaciones en la solución de problemas matemáticos estructurados. Además, con el auge de la computación informática y el desarrollo de software con códigos de programación, el PA se ha constituido en una de las bases cruciales en los procesos de formación de diferentes disciplinas científicas, en especial, en el campo de las ciencias exactas, la tecnología y las ingenierías (Rojas-López & García-Peñalvo, 2020; Shim, 2019). Sin embargo, esto no significa que sea exclusivo de estos campos en particular.

Las habilidades de resolución de problemas son procesos cognitivos (identificación del tipo de problema, comparación analógica, comprensión de relaciones causales, preguntas, modelización, argumentación y metacognición) que actúan en el pensamiento cuando un sujeto intenta enfrentar una situación problemática con miras a una solución efectiva y satisfactoria. Esta capacidad ha sido un asunto de vital importancia para la educación en general, 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 lo tanto, la más relevante que pueden realizar los estudiantes, pues en contextos cotidianos, incluyendo el trabajo y la vida personal, las personas resuelven problemas constantemente. También, es una habilidad esencial del siglo XXI, especialmente si son capaces de resolver diferentes tipos de problemas, tanto estructurados como desestructurados, bien sea de manera convencional o innovadora. El futuro es incierto, y lo representativo será tal vez la problemática de un mundo cada vez más global y diverso en sus problemas y efectos; para enfrentarlo, la escuela debe retomar de manera apremiante la formación de nuevas generaciones con mejores capacidades resolutivas.

En este orden de ideas, la implementación de propuestas didácticas para el desarrollo de habilidades de pensamiento algorítmico orientadas a la resolución de problemas, en el

campo de la educación en los jóvenes, es útil y relevante en cualquier contexto donde la matemática sea de interés académico y pedagógico. Tal como se evidencia en la revisión de la literatura a nivel internacional, estas habilidades están en el foco de las capacidades a desarrollar en el futuro.

Finalmente, es posible establecer que el proceso de resolución de problemas se conecta con las habilidades de pensamiento algorítmico, y que es conveniente profundizar en la cuestión de cómo se relacionan estos procesos cognitivos desde las habilidades subyacentes que los componen. El diseño de propuestas didácticas que fomenten el desarrollo del pensamiento en su dimensión algorítmica y de resolución de problemas, es vital para los maestros que den una respuesta a los retos del siglo actual en cualquier contexto educativo. Una escuela así, que resuelve problemas, se convertirá en consecuencia, en un espacio favorable para que los estudiantes enfrenten la vida en contexto y partan de su propia realidad, pues, atendiendo a que los algoritmos generan un mapa secuenciado de pasos con diferentes rutas de solución, les permitirá abordar las vicisitudes o situaciones problemáticas comunes tanto en el entorno escolar como en la vida cotidiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángel-Díaz, C. M., Segredo, E., Arnay, R. & León, C. (2020). Simulador de robótica educativa para la promoción del pensamiento computacional. *Educational robotics simulator for fostering computational thinking*, 20(63), 1-30. <https://doi.org/10.6018/red.410191>
- Avello, R., Lavonen, J. & Zapata-Ros, M. (2020). Coding and educational robotics and their relationship with computational and creative thinking. A compressive review: Codificación y robótica educativa y su relación con el pensamiento computacional y creativo. Una revisión compresiva. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.413021>
- Basogain Olabe, X. & Olmedo Parco, M. E. (2020). Integración de Pensamiento Computacional en Educación Básica. Dos Experiencias Pedagógicas de Aprendizaje Colaborativo online. *Integration of Computational Thinking in Compulsory Education. Two Pedagogical Experiences of Collaborative Learning online*, 20(63), 1-21. <https://doi.org/10.6018/red.409481>
- Beúnes Cañete, J. E. & 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 Thinking—BNAD 277—U of A - StuDocu*. University of Arizona. <https://www.studocu.com/en-us/document/university-of-arizona/analytical-methods-for-business/tutorial-work/introduction-to-algorithmic-thinking/1427940/view>
- Codina, A. & Rivera, A. (2001). Hacia una instrucción basada en la resolución de problemas: Los términos problema, Solución y Resolución. En *Iniciación a la investigación en didáctica de la matemática: Homenaje al profesor Mauricio Castro* (1a ed., pp. 125-136). Universidad de Granada.
- Compañ-Rosique, P., Satorre-Cuerda, R., Llorens-Largo, F. & 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. & Abari, K. (2020). Sprego: Case study on the effectiveness of teaching spreadsheet management with schema construction. *Education and Information Technologies*, 25(3), 1585-1605. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10024-2>
- Dagienè, V., Sentance, S. & Stupurienè, G. (2017). Developing a Two-Dimensional Categorization System for Educational Tasks in Informatics. *Informatica*, 28(1), 23-44. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2017.119>

- Espino, E. E. & 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. <https://doi.org/10.6018/red/46/12>
- Funke, J. & Greiff, S. (2017). Dynamic Problem Solving: Multiple-Item Testing Based on Minimally Complex Systems. En D. Leutner, J. Fleischer, J. Grünkorn, & E. Klieme (Eds.), *Competence Assessment in Education* (pp. 427-443). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50030-0_25
- Futschek, G. (2006). Algorithmic Thinking: The Key for Understanding Computer Science. En R. T. Mittermeir (Ed.), *Informatics Education – The Bridge between Using and Understanding Computers* (pp. 159-168). Springer. https://doi.org/10.1007/11915355_15
- Gal-Ezer, J. & Lichtenstein, O. (1997). A Mathematical-Algorithmic Approach To Sets: A Case Study. *Mathematics and Computer Education*, 31(1), 33-42.
- García-García, J. J. & Rentería-Rodríguez, E. (2013). Resolver problemas y modelizar: Un modelo de interacción. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 5(11), 297-333.
- Gilhooly, K. J. (Ed.). (1989). *Human and Machine Problem Solving*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8015-3>
- González, E. V. (2019). Representaciones sociales sobre la formación inicial y ser maestro en estudiantes de educación física del departamento de Antioquia. [Tesis doctoral Universidad de Antioquia]. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/13905/4/GonzalezPalacioEnoc_2019_RepresentacionesSocialesFormacion.pdf
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Csapó, B., Demetriou, A., Hautamäki, J., Graesser, A. C. & Martin, R. (2014). Domain-general problem solving skills and education in the 21st century. *Educational Research Review*, 13, 74-83. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.002>
- Gretter, S. & Yadav, A. (2016). Computational Thinking and Media & Information Literacy: An Integrated Approach to Teaching Twenty-First Century Skills. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 60(5), 510-516. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0098-4>
- Grover, S., Pea, R. & Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer Science Education*, 25(2), 199-237. <https://doi.org/10.1080/08993408.2015.1033142>
- Hacker, M. (2017). Integrating computational thinking into technology and engineering education. *Technology & Engineering Teacher*, 77(4), 8-14.
- Hsu, Y.-C., Irie, N. R. & Ching, Y.-H. (2019). Computational Thinking Educational Policy Initiatives (CTEPI) Across the Globe. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, 63(3), 260-270. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00384-4>
- Israel, M., Wherfel, Q. M., Pearson, J., Shehab, S. & Tapia, T. (2015). Empowering K-12 Students With Disabilities to Learn Computational Thinking and Computer Programming. *TEACHING Exceptional Children*, 48(1), 45-53. <https://doi.org/10.1177/0040059915594790>
- 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.
- _____. (2011). *Learning to solve problems: A handbook for designing problem-solving learning environments*. Routledge.
- Jonassen, D. H. & Hung, W. (2012). Problem Solving. En *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2680-2683). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_208
- Kaarakainen, M.-T. (2019). ICT Intentions and Digital Abilities of Future Labor Market Entrants in Finland. *Nordic Journal of Working Life Studies*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.18291/njwls.v9i2.114803>
- Knuth, D. E. (1985). Algorithmic thinking and mathematical thinking. *American Mathematical Monthly*, 92, 170-181. <https://doi.org/10.2307/2322871>

- Lee, J. & Ko, E. (2018). The Effect of Software Education on Middle School Students' Computational Thinking, *18*(12), 238-250. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.12.238>
- Lee, V. R. & Recker, M. (2018). Paper Circuits: A Tangible, Low Threshold, Low Cost Entry to Computational Thinking. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*, *62*(2), 197-203. <https://doi.org/10.1007/s11528-017-0248-3>
- Ley General de Educación, Pub. L. No. 115 (1994), Por la cual se expide la Ley General de Educación. Diario Oficial No. 41.214. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0115_1994.html
- Mayer, R. (1989). Human Nonadversary Problem Solving. En *Human and Machine Problem Solving* (pp. 39-55). Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8015-3>
- MEN. (2007). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas—Ministerio de Educación Nacional de Colombia*. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-116042.html>
- _____. (1998). *Lineamientos curriculares Matemáticas*. Ministerio de Educación Nacional. http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf
- Newman, M. & Gough, D. (2020). Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application. En O. Zawacki-Richter, M. Kerres, S. Bedenlier, M. Bond, & K. Buntins (Eds.), *Systematic Reviews in Educational Research: Methodology, Perspectives and Application* (pp. 3-22). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27602-7_1
- Palma Suárez, C. A. & 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.
- Pöllänen, S. H. & 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. & 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. <https://doi.org/10.6018/red.409991>
- Roldán-Segura, C., Perales-Palacios, F. J., Ruiz-Granados, B., Moral-Santaella, C. & de la Torre, A. (2018). Enseñando a programar por ordenador en la resolución de problemas de Física de Bachillerato. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, *15*(1), 1-15. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1301
- Román González, M. (2016). *Codigoalfabetización y pensamiento computacional en Educación Primaria y Secundaria: Validación de un instrumento y evaluación de programas* [Universidad Nacional de Educación a Distancia (España). Escuela Internacional de Doctorado. Programa de Doctorado en Educación]. <http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:Educacion-Mroman>
- _____. (2015). *Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4203.4329>
- Sáiz-Manzanares, M. C. & Pérez Pérez, M. I. (2016). Self-regulated and improving knowledge in problem-solving. *Psicología desde el Caribe*, *33*(1), 14-30. <https://doi.org/10.14482/psdc.33.1.8076>
- Sánchez Román, G., Guerrero García, J., Collazos Ordóñez, C. A., Tapia Cortes, C. & Mocenhua 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. <https://doi.org/10.7203/realia.23.15635>
- Santos-Trigo, M. (2020). Problem-Solving in Mathematics Education. En *Encyclopedia of Mathematics Education* (Second, pp. 686-693). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0>

- Seel, N. M. (2012). Problems: Definition, Types, and Evidence. En *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (pp. 2690-2693). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_914
- 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. <https://doi.org/10.32823/jcic.5.3.201912.237>
- Stephens, M. & Kadijevich, D. M. (2020). Computational/Algorithmic Thinking. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 117-123). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_100044
- Thomas, J. O., Rankin, Y., Minor, R. & Sun, L. (2017). Exploring the Difficulties African-American Middle School Girls Face Enacting Computational Algorithmic Thinking over three Years while Designing Games for Social Change. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 26(4-6), 389-421. <https://doi.org/10.1007/s10606-017-9292-y>
- Thomas, M. (2020). Algorithms. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (Second, pp. 48-50). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_8
- Tonbuloğlu, B. & Tonbuloğlu, İ. (2019). The Effect of Unplugged Coding Activities on Computational Thinking Skills of Middle School Students. *Informatics in Education*, 18(2), 403-426. <https://doi.org/10.15388/infedu.2019.19>
- Vidal, C. L., Cabezas, C., Parra, J. H. & 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. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000400004>
- Zatarain, R. (2018). Reconocimiento afectivo y gamificación aplicados al aprendizaje de Lógica algorítmica y programación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(3), 115. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.3.1636>
- Zsakó, L. & Szlávi, P. (2012). ICT Competences: Algorithmic Thinking. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 49-58.

