

Categorías y prácticas implicadas con el pensamiento computacional para la mejora de las habilidades en la resolución de problemas matemáticos en secundaria.

Categories and practices involved with computational thinking for the improvement of mathematical problem-solving skills in secondary school.

Jorge Didier Obando-Montoya¹, Marisol Valencia-Cardenas², Carmen Helena Romero-Díaz³,
Sebastián Reyes-Alvarado⁴

^{1,2,3}Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria, Medellín - Colombia,

⁴Universidad de Santander, Ciudad de Panamá - Panamá

ORCID: [10000-0003-4145-1898](https://orcid.org/0000-0003-4145-1898), [20000-0003-2957-9178](https://orcid.org/0000-0003-2957-9178), [30000-0002-3913-0764](https://orcid.org/0000-0002-3913-0764), [40000-0002-5824-9832](https://orcid.org/0000-0002-5824-9832)

Recibido: 15 de febrero 2024.

Aceptado: 12 de abril de 2024.

Publicado: 1 de mayo de 2024.

Resumen- En este artículo de reflexión se evidencia como el pensamiento computacional comprende un conjunto de habilidades que requiere el capital humano actual, vinculado a una necesidad respecto a la demanda económica y laboral en la era de la cuarta revolución industrial. Además, las carencias educativas en los grados de secundaria, en cuanto a la formación de las matemáticas y la computación, hacen necesario revisar las categorías y prácticas que se pueden utilizar en el proceso de formación de estas habilidades en la escuela secundaria e innovar en el desarrollo de estas. Por lo tanto, a partir de la revisión de la literatura, se encontraron tres categorías relevantes asociadas a los procesos computacionales, que impactan la educación en habilidades matemáticas de resolución de problemas en secundaria: la programación de algoritmos, la resolución de problemas y la modelación, a través de las cuales se desarrollan las habilidades de pensamiento computacional, descomposición del problema, abstracción y diseño de algoritmo. A diferencia del método Pólya que se ha implementado en muchos estudios para resolver problemas matemáticos llevando a cabo pasos como: comprender el problema, establecer un plan, ejecutar el plan y revisar el proceso realizado con el fin de asegurar que no se cometió algún error, el pensamiento computacional permite resolver el problema y representarlo a través de códigos con algoritmos matemáticos, con diversas herramientas didácticas. De esta forma, el pensamiento computacional adquiere en la actualidad una gran importancia para promover el desarrollo de las competencias necesarias en el siglo XXI. Lo anterior muestra líneas de posibilidades en nuevas investigaciones que buscan desarrollar prácticas pedagógicas para la resolución de problemas vinculados con la matemática en la secundaria; algunas de ellas incluyen habilidades de codificación, uso de bloques y gráficos. Esto facilita la interiorización de conocimientos que garantizan el avance progresivo de los estudiantes en sus habilidades matemáticas y computacionales y su formación integral.

Palabras clave: pensamiento computacional, matemática, prácticas pedagógicas.

Abstract— This reflection article shows how computational thinking comprises a set of skills required by today's human capital, linked to a need regarding economic and labor demand in the era of the fourth industrial revolution. In addition, the educational deficiencies in the secondary grades, regarding the training of mathematics and computation, make it necessary to review the categories and practices that can be used in the process of training these skills in secondary school and innovate in the development of these skills. Therefore, from the literature review, three relevant categories associated with computational processes were found, which impact education in mathematical problem-solving skills in secondary school: algorithm programming, problem solving and modeling, through which the skills of computational thinking, problem decomposition, abstraction and algorithm design are developed. Unlike the Pólya method, which has been implemented in many studies to solve mathematical problems by carrying out steps such as: understanding the problem, establishing a plan, executing the plan and reviewing the process to ensure that no mistakes were made, computational thinking allows solving the problem and representing it through codes with mathematical algorithms, with various didactic tools. In this way, computational thinking currently acquires great importance to promote the development of the necessary competencies in the 21st century. The above shows lines of possibilities in new research that seek to develop pedagogical practices for the resolution of problems related to mathematics in secondary school; some of them include coding skills, use of blocks and graphics. This facilitates the internalization of knowledge that guarantees the progressive advancement of students in their mathematical and computational skills and their integral formation.

Keywords: computational thinking, mathematics, pedagogical practices.

*Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jorge.obando@correo.tdea.edu.co (Jorge Didier Obando Montoya).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad de Santander.

Este es un artículo bajo la licencia CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Como citar este artículo: J. D. Obando-Montoya, M. Valencia-Cardenas, C. H. Romero-Díaz y S. Reyes-Alvarado, "Categorías y prácticas implicadas con el pensamiento computacional para la mejora de las habilidades en la resolución de problemas matemáticos en secundaria", *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 12, no. 2, pp. 173-172 2024, doi: [10.15649/2346030X.4408](https://doi.org/10.15649/2346030X.4408)

I. INTRODUCCIÓN

El mundo actual presenta un alto desarrollo del avance tecnológico y del conocimiento [1]. Hoy en día la industria genera productos y servicios que incorporan cada vez más estas tecnologías asociadas a diversos pilares de la cuarta revolución industrial (4RI), que también podrían estar en la cadena de producción y suministro empleada, todo lo cual requiere de capacidades no solo en el sentido productivo, sino también de personal capacitado en estos componentes.

En este sentido, se presenta una tendencia frente a las necesidades laborales y educativas, señaladas por diversos organismos internacionales en búsqueda de la innovación, pero también, a los cambios en la educación, como la Organización para la Cooperación y el desarrollo Económico (OCDE) [2], además la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) [3], fundando en conjunto, la necesidad de desarrollar nuevas competencias en los estudiantes, frente a la realidad tecnológica que vivimos. Estas competencias son las habilidades para el siglo XXI, pensadas como un conjunto de habilidades vinculadas al conocimiento cognitivo, social, emocional pero también, digital, ayudando al alumnado a afrontar y experimentar problemas para los ciudadanos de esta sociedad actual [4].

Así, la literatura internacional establece como una prioridad la capacitación de la mano laboral para enfrentar las necesidades tecnológicas, económicas y sociales siglo XXI [5]. El Pensamiento Computacional (PC), es una de las propuestas orientadas a la formación específica en estas habilidades, generando resultados educativos asociados a la formación de nuevas competencias tecnológicas [6]. En la misma línea, Salamanca y Badilla [4], muestran que dentro del proceso cognitivo convergen dos competencias esenciales para el presente y el futuro de la sociedad: El PC y el desarrollo de la creatividad. Determinándose que estas habilidades tienen en común capacidad para la resolución de problemas (RP) [7].

El desarrollo del PC se ha considerado como un objetivo en los planes de estudio a nivel global, pero también se establece como una competencia transversal en diferentes niveles educativos [8], desde la educación primaria hasta la universitaria; esto, junto con la formación de competencias computacionales transversales, competencias en todos los campos del conocimiento, se relaciona con las posibilidades que ofrece en la solución de problemas sociales y educativos, la internacionalización para diferentes niveles de formación y la mejora de los procesos de investigación con creciente interés [9], [10], [11].

La denominación del PC, se popularizó a partir de 2006 con la publicación de Wing [12], donde la propuso como una habilidad tan importante como la lectura o la escritura; sin embargo, a través del desarrollo del lenguaje de programación por Papert [13], se implementó como el primer lenguaje de programación diseñado especialmente para niños, que bajo un enfoque constructorista se propuso dar un papel activo al alumno en su aprendizaje, además de una construcción tangible de un objeto representativo del nuevo aprendizaje adquirido [13].

Es así como Denning [14], demuestra la importancia de utilizar la herramienta de programación como proceso didáctico para que los niños, desarrollen habilidades de pensamiento para la RP, vinculadas al PC. Sin embargo, es importante destacar que todas estas líneas de trabajo educativo no se limitan a los niños, sino también a los estudiantes de secundaria, universitarios y educadores, que se convierten en multiplicadores de la formación.

Algunos de los trabajos más utilizados, aplicados y citados destacan la importancia del desarrollo de habilidades de PC, considerando diversas dimensiones o variables que permiten su control, los cuales como Weintrop et al. [6] y Ye et al. [15], proponen la aplicación del PC en la enseñanza de las matemáticas y las ciencias; de manera que se estructure una relación de mejora de estas habilidades, sin embargo, la relación también se da de manera recíproca, al emplearlo de manera similar, para lograr la formación, por ejemplo, en matemáticas.

Weintrop et al. [6], propone aplicar dimensiones, descomposición de problemas, abstracción y diseño de algoritmos como dimensiones para resolver problemas y todo esto se asocia al desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en matemáticas. En tanto, Ye et al. [15], sugiere implementar además de las variables mencionadas, el reconocimiento de patrones, y la generalización; además, integran aspectos trabajados en otras investigaciones generando un consenso con una comprensión coherente para el desarrollo de prácticas de resolución de problemas matemáticos (RPM), basados en PC [16]. Los autores recrean un pensamiento sistémico en la RPM y consideran necesario realizar un proceso de descomposición de un problema complejo, en otros más pequeños, considerando las relaciones parte todo [17].

Entre las deducciones encontradas en estos importantes trabajos, se puede observar que se pueden asociar varias prácticas pedagógicas, importantes para integrar el pensamiento computacional con la matemática, que promueven un ambiente que permite familiarizar a los estudiantes con la forma en que el mundo real puede relacionarse con las matemáticas, mejorar el aprendizaje de dichos contenidos, o desarrollar habilidades para aplicar los conocimientos a nuevas situaciones, tales como prácticas computacionales utilizando datos, también, modelos, simulación, resolución de problemas computacionales, y pensamiento sistémico [18], [19], [20]. Por lo tanto, se destaca la importancia de definir prácticas que faciliten, tanto el desarrollo de habilidades de PC como a través de este, el aprendizaje de las matemáticas favoreciendo la formación integral de la comunidad de aprendices.

Todo lo anterior promueve la necesidad de precisar las categorías y prácticas pedagógicas que sean coherentes con el logro de habilidades de PC para la RPM en secundaria, de esta forma, este artículo busca generar reflexiones en torno a la pregunta: ¿Cuáles son las categorías y prácticas pedagógicas relacionadas con el PC para el desarrollo de habilidades de RPM en secundaria?

II. DESARROLLO

Para el presente desarrollo, se ha utilizado una revisión literaria a través de Scopus comenzando con la cadena de los términos "computational thinking", vinculado a: "mathematics", "tools", "frameworks", "topics", utilizando el conector booleano AND, y "computational thinking", vinculado a "practice" utilizando el conector booleano AND. Sobre la base de los criterios anteriores, se encontraron 933 artículos en Scopus relacionados con esta primera cadena de búsqueda. Los criterios de búsqueda se limitan a los idiomas inglés y español entre 2000 y 2023. A continuación, se analizaron los resultados aplicando un proceso de limpieza de datos para detectar las categorías que no eran relevantes para la formación de habilidades de PC a través de prácticas en la matemática de secundaria.

Con base en lo anterior, se encontraron 53 artículos, de los cuales 13 estaban relacionados con secundaria, 23 con primaria y 17 con procesos de capacitación docente sobre PC. Por lo tanto, la revisión se basó en los 13 artículos que aportan evidencias de investigación sobre las categorías de PC para el desarrollo de habilidades de RPM en secundaria.

En segundo lugar, se plantea una síntesis y abstracción del tema para delimitar la profundidad de aplicabilidad a la realidad de las categorías y prácticas que se muestran relevantes para el desarrollo de habilidades de PC en la RPM en secundaria.

a. Categorías relacionadas con el PC.

En el desarrollo del presente artículo de reflexión entiéndase el pensamiento computacional desde una mirada operacional como una actividad relacionada con la resolución, pero sin limitarse a esta donde se evidencian un número selecto de habilidades, procesos de evaluación y generalización [21].

En La Tabla 1, se muestra las deducciones en correspondencia con la determinación de las categorías, a partir de la abstracción derivada de la lectura de los 13 artículos, los cuales corresponden a: la programación de algoritmos, resolución de problemas y modelación matemática, pensamiento crítico, transposición. Se observa a la derecha de la Tabla 1, la relación de las categorías afines a los trabajos de cada autor dispuestos a la izquierda.

Tabla 1: Categorías relacionadas con el pensamiento computacional.

Autor	Variables relacionadas con PC
Cui y Ng [22], Subramaniam et al.[23], Wu y Su [24], Bråting y Kilhamn [25], Ramaila y Shilenge [26], Ortiz y Guizado [27]	1.Programación de algoritmos. 2.Resolución de problemas.
Kallia et al.[28], Weintrop et al.[6], Ye et al.[15], Quiroz et al. [29]	1.Programación de algoritmos. 2. Resolución de problemas. 3.Modelación matemática
Relkin et al.[30], Ersozlu et al.[31] Nogueira et al.[32]	1.Programación de algoritmos.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con las lecturas, hallazgos y discusiones de los 13 artículos, se evidencia la frecuencia de las categorías, permitiéndose identificar las mayores frecuencias corresponden a: programación de algoritmos, RP y modelación.

A partir de la revisión de la literatura se evidencia que tanto la programación de algoritmos, como la RP se relacionan con el PC y pensamiento algorítmico (PA) cuyas habilidades comunes son la descomposición, diseño de algoritmo y abstracción [33].

1. Programación de algoritmos.

La programación de algoritmos se relaciona con el pensamiento algorítmico, el cual es clave tanto en la matemática, como en los procesos de programación debido a que se relaciona con la capacidad de ejecutar, entender y poder crear procedimientos ya sean matemáticos o computacionales [34], siendo fundamentales las herramientas que el docente pueda aportarle a sus estudiantes relacionadas con programación de algoritmos con el fin de permitirles a través de una serie de actividades desarrollar habilidades de pensamiento computacional [35].

Entre ellas, la herramienta de programación Scratch ha sido implementada para la solución de problemas matemáticos, la cual dispone de bloque interactivos, que no requiere de conocimientos profundos en programación, sino de poseer un razonamiento y pensamiento lógico que posibilite la resolución del problema o el desarrollo de la simulación, con posibilidad de realizar juegos en 2D [36].

Para llevar a cabo este procedimiento es necesario que el estudiante previamente haya desarrollado una estructura matemática, seguido deba de reconocer las estructuras algorítmicas como parte de su experticia y conocimiento en el lenguaje de programación que le serán de utilidad para traducir los objetos y relaciones matemáticas en estructuras algorítmicas que inicialmente podrían representarse a través de pseudocódigos enmarcados en procesos que evidencian el desarrollo de habilidades comunes entre el PC y algorítmico. Como uno de los elementos necesarios para finalizar este procedimiento, se requiere que los estudiantes valoren la construcción de sus códigos semántica y sintácticamente con el fin de verificar su existe y la posibilidad de desarrollar un código más simplificado, si la estructura algorítmica es la adecuada y poder resolver la situación problema planteada inicialmente [37].

Por lo tanto, con el fin de relacionar el pensamiento algorítmico en la programación y la matemática, se hace necesario crear un proceso para la solución de problemas utilizando lenguajes de programación con programación de algoritmos [12]. De acuerdo con algunos autores la relación de la matemática con la programación de algoritmos puede tener una influencia positiva en los estudiantes, además de posibilitar conocimientos matemáticos a través de esa relación matemática y programación [32], [15].

2. Resolución de problemas (RP).

El PA, se considera clave en la RP debido a que este se relaciona con la capacidad de razonar matemáticamente, condición necesaria para poder comprender, probar, diseñar, donde en ese camino de solución de una situación problema se evidencian habilidades comunes con el pensamiento computacional como la descomposición del problema, abstracción y algoritmización o diseño de algoritmo [38].

Los procesos de RP en ocasiones se suelen enmarcar el modelo donde se constata el aporte del PA implementando procesos relacionados con las repeticiones, secuencias y algoritmos conformados por estructuras de datos. Denotándose el proceso basado en las repeticiones con la capacidad de comprender iteraciones e implementando secuencias repetitivas. También estableciendo desde las secuencias la capacidad para numerar estructuras algorítmicas y las estructuras de datos como la capacidad de ordenar con carácter de importancia los datos de una situación problema [39].

Existen diferentes procedimientos heurísticos para resolver problemas, entre los que se destacan Polya [40], cuyo camino a seguir contiene los elementos: entender el problema, diseñar un plan, poner en práctica y evaluar.

También se observan otros procedimientos de resolución de problemas donde inicialmente se busca identificar la situación problema, definirlo, explorar y aplicar estrategias y finalmente evaluar los efectos de las actividades [41]. Entre otros procedimientos heurísticos donde se plantea inicialmente solucionar de una forma creativa el problema, conllevando a generar algunas ideas, todo esto dentro de un proceso donde actúa activamente el estudiante [42].

Más cercano a la investigación actual, se observa a través de la revisión de la literatura algunos procedimientos adaptados a la resolución de problemas computacionales donde inicialmente se busca entender el problema, seguido de realizar un diseño, escribir una programación y finalmente evaluar solución obtenida [43]. También se destacan procedimientos aún más estructurados donde inicialmente se hace un reconocimiento de términos, identificando entradas, salidas y condiciones, seleccionando conceptos y componentes claves para resolver el problema, seguido de diseñar el algoritmo y evaluar su solución [44].

A pesar de establecerse, diferentes procedimientos con miras a solucionar problemas matemáticos y computacionales, actualmente se contrastan dificultades en los estudiantes para la programación de algoritmos a nivel de secundaria [45] y dificultades en los estudiantes para RPM [22].

Actualmente, dentro de los estándares para evidenciar las destrezas de los estudiantes para RP se encuentra el Programa para la Evaluación Internacional de los alumnos (PISA), que, respecto a la matemática, los problemas propuestos se enmarcan en tres niveles de complejidad cognitiva como lo son, reproducción, cuya característica principal es que son situaciones rutinarias y familiares para los estudiantes, con un carácter muy cercano a las enseñadas en las clases.

Las conexiones, donde además de necesitarse los procedimientos de una situación de reproducción, se deben de conectar con conocimientos previos o nuevos conocimientos familiares con el proceso académico de los estudiantes y finalmente el nivel de complejidad cognitiva reflexión, donde el estudiante implementa estrategias para resolver problemas en contextos no tan familiares y necesitando habilidades de mayor complejidad de razonamiento, como la abstracción, la generalización [46].

Desde la educación en Colombia, respecto al currículo de matemática, la RP es tomado como un objetivo general, considerándose fundamental en la educación primaria y secundaria [47], [48]. Pero se observa, que actualmente el PC y el PA no se relacionan como procesos que actualmente se vinculen con la formación de los estudiantes. Actualmente, si se han establecido procesos de capacitación de docentes respecto al PC con iniciativa del Ministerio de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICS) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN), con el fin que los estudiantes adquieran habilidades de RP a través de las herramientas computacional y actividades desenchufadas, es decir sin el uso de computadores [49].

3. Modelación matemática y su relación con el pensamiento computacional.

Uno de los autores que han vinculado la modelación con el pensamiento computacional es Ye et al. [15], el cual, al presentarla como una práctica, lo describe de una forma amplia como se lleva a cabo dicho proceso utilizando como medio o fin. En otro sentido, Kallia et al. [28], si establece esta relación entre el proceso de modelación de acuerdo con Blum y Leib [50] y el PC como se establece en la Tabla 2.

Kallia et al. [28], enmarca un proceso de modelación y su relación con el pensamiento computacional dentro del enfoque constructivista social como se presenta en la Tabla 2, en el cual se otorga un papel importante a los factores sociales, para la construcción del conocimiento que se construye socialmente [51]. En este sentido, desarrollar actividades matemáticas enmarcadas en el constructivismo social, posibilita centrar dicho proceso en actividades netamente sociales que conllevan a ver el mundo a través de la matemática, enfatizando así la conexión entre el mundo y la matemática [52]. De acuerdo con lo anterior, Freudenthal [53], considera que las matemáticas son la acción humana de organizar y estructurar el mundo, proceso conocido como matematización.

Tabla 2: Relación entre la modelación matemática y el pensamiento computacional.

Modelación matemática.	Proceso de pensamiento computacional.
1) Traducir una situación a un modelo matemático o computacional, basándose en el modelado.	Abstracción y reconocimiento de patrones.
2) Razonamiento y trabajo dentro de las matemáticas e informática.	Diseño de algoritmo
3) Traducir el resultado de vuelta al contexto.	Generalización.
4) Verificar si realmente resuelve adecuadamente el problema del mundo real.	Evaluación

Fuente. Elaboración a partir de Kallia et al. [28].

Obsérvese al lado izquierdo de la Tabla 2, que se establecen los procesos de la modelación matemática de acuerdo a Blum y Leib [50], los cuales se relacionan con las habilidades de pensamiento computacional, las cuales son comunes con el pensamiento algorítmico como se establece por Pérez et al. [33]. De esta forma en la medida que se lleva a cabo la modelación matemática se busca implementar las habilidades de PC, siendo clave la propuesta de práctica pedagógica que proponga el docente para realizarse en el tiempo y de acuerdo a las características de cada estudiante.

Se establece que en este proceso de modelación desarrolla una como matematización horizontal la cual tiene que ver con procesos cognitivos, relacionadas con la traducción de una situación a un modelo matemático o computacional, basándose, por ejemplo, en modelado, abstracción y reconocimiento de patrones, traduciendo el resultado nuevamente al contexto, involucrando la generalización. Además se desarrolla una matematización vertical como una actividad cognitiva en la que ya se trabaja dentro de las matemáticas y la computación y a partir del cual se realizan análisis enmarcados en procesos como reconocer, clasificar, organizar, identificar [28].

b. Prácticas pedagógicas relacionadas con el PC.

Por medio de una revisión de literatura, existen diferentes prácticas donde se relaciona el PC con la RPM, como se observa en la Tabla 1, donde en la columna izquierda se encuentra el autor que propone la práctica, en la columna central los procesos que la componen y en la columna derecha los autores que desarrollan dichas prácticas en sus trabajos.

Tabla 3: Diferentes prácticas pedagógicas relacionadas con el pensamiento computacional.

Autor	Prácticas de PC	Autores que citan la práctica
Weintrop et al. [6]	Procesos que involucran de datos, modelado y simulación computacional. Procesos de RP y proceso sistémico	Cui y Ng [22], Gilchrist et al. [19]
Rich et al. [11]	Programación: secuencia, repetición, condicionales.	Cui y Ng [22]
Brennan & Resnick [55]	Conceptos computacionales; prácticas computacionales; perspectiva computacional.	Cui y Ng [22]
Bocconi et al. [16]	1) Abstracción, (2) pensamiento algorítmico (3) automatización (4) descomposición, (5) depuración (6) generalización	Valovičová et al. [56]
Román et al. [57]	Conceptos computacionales: secuencias, iteración o bucle, manejo de eventos, condicionales	Rodríguez et al. [58]
Ho et al. [59]	Descomposición, reconocimiento de patrones, abstracción, diseño algorítmico.	Chan et al. [60]
Ye et al. [15]	Prácticas de pensamiento computacional: 1. Pensamiento sistémico. 1.1. Descomposición. 1.2. Abstracción (reconocimiento de patrones). 1.3. Pensamiento algorítmico: automatización, modularizar. 2.. Prácticas de datos: 2.1. Modelación. 2.2 Simulación. 3 reutilizar y remezclar. 4.Pruebas y depuración.	Cui & Ng[22], Gilchrist et al. [19]

Fuente: Elaboración propia con base en Kallia et al. [28]; Ye et al. [15].

Como se observa en la Tabla 3, existen prácticas que involucran las categorías establecidas en la Tabla 1, a partir de las cuales se desarrollan habilidades para la RP de pensamiento computacional como la descomposición del problema, abstracción y diseño de algoritmos.

Se observa además, que algunos docentes han desarrollado sus prácticas utilizando aplicaciones web, además de test de habilidades de PC, con el fin de medir las habilidades a diferentes niveles en secundaria; donde a partir de las investigaciones se ha encontrado que no se referencian brechas importantes en relación con el género y los niveles de secundaria en relación con las habilidades de PC [61].

Respecto a la programación de algoritmos, a nivel de secundaria se enmarcan en el desarrollo de pruebas, talleres, cuestionarios para la solución de problemas donde los estudiantes deben de desarrollar habilidades de PC como la abstracción, descomposición del problema y diseño de algoritmo [54], [24].

En el desarrollo de las actividades robóticas en secundaria se evidencia el desarrollo de prácticas donde se integra la programación y robótica en ciencias y matemáticas, promovándose la comprensión de algoritmos y códigos, las secuencias, motores y condicionales [62].

Estas prácticas se han visto relacionadas con temas matemáticos como se observa en la Tabla 4, relacionados con el álgebra, geometría, estadística y probabilidad.

Tabla 4: Temas matemáticos que se han implementado para aplicar el PC.

Dominio de contenido	Temas relacionados con cada contenido.
Números y Algebra	Promedio, suma y multiplicación [19]. Similitud, relación y medición [56]. Ecuaciones paramétricas, funciones y trigonometría [63].
Geometría	Propiedades de los círculos [64]. Estructuras de fractales, según [65]. Formas y área de triángulos [20]. Segmentos y círculos [63].
Estadística y probabilidad	Procesos con datos: recopilar, donde se analizan datos relacionados relacionados con situaciones cotidianas. [19]. Resolver un problema matemático-estadístico [66].

Fuente: Elaboración propia a partir de Ye et al. [15].

En Colombia, además se ha establecido desde el MEN y MINTIC [49], en el año 2022 en articulación con la British Council, las orientaciones para articulación del PC con el plan de estándares de matemática. En este documento se establecen para cada grado desde transición hasta el grado once, las componentes conceptuales, habilidades y prácticas de pensamiento computacional además de los temas de matemática a través de los cuales ejemplifican llevar a cabo dicho proceso de articulación del pensamiento computacional con la matemática y la ciencia.

Luego de haber establecido, las categorías de PC, además de las prácticas a través de las cuales se llevan cabo y las habilidades que se involucran para la RPM en secundaria, a continuación, se describe como se conciben las prácticas pedagógicas.

1. Prácticas pedagógicas.

Con base a las prácticas pedagógicas se podrían establecer cuatro categorías.

Primero, existen una serie de prácticas tradicionales donde el docente le transmite a sus estudiantes unos contenidos y el estudiante solamente es un receptor de la información, cuya meta a cumplir es la evaluación de unos contenidos los cuales han sido memorizados considerándose como elemento primordial la reproducción de la información compartida.

Segundo, las prácticas donde el docente previamente ha establecido objetivos para desarrollar, siendo el estudiante el responsable del aprendizaje de acuerdo con el contexto de la práctica establecida por el tutor, donde se espera que el proceso además de ser formativo permita al estudiante aplicar lo aprendido en diferentes contextos matemáticos.

Tercero, desde otra mirada se observan prácticas pedagógicas las cuales parten de las necesidades de los estudiantes, donde se espera que a partir del proceso de aprendizaje el estudiante sea capaz de resolver problemas cotidianos.

Cuarto, una práctica pedagógica, donde el estudiante a partir de un proceso de investigación sea el constructor de su propio conocimiento, centrándose en la indagación, las preguntas, las dudas y reflexiones constantes en torno un tema de interés y significancia [67].

En este sentido, se evidencia que las prácticas pedagógicas donde el PC se ha implementado para la RPM en secundaria han estado enmarcadas en las cuatro categorías descritas observándose logros en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional, aunque de igual forma contrastándose con algunas deficiencias formativas en resolución de problemas y programación a nivel global [22], [19], [58].

c. Habilidades de PC relacionadas con las categorías y prácticas para la RPM en secundaria.

A partir de las categorías establecidas como la programación de algoritmos, resolución de problemas, modelación y las prácticas mencionadas, se han podido desarrollar habilidades como la descomposición del problema, abstracción y diseño de algoritmo, relacionadas con el pensamiento computacional, cuya definición se establece a continuación.

1. Descomposición del problema.

Para el desarrollo de este procedimiento donde se evidencia la habilidad de descomposición de los problemas los estudiantes deben de realizar una mirada global y particular de cada uno de los componentes del problema o situación planteada con el fin de identificar los elementos matemáticos o computacionales que la componen, como se relacionan, cuáles son los conceptos, conocimientos y procedimientos de los cuales se compone. Es de entender que la descomposición no debe de tomarse como un procedimiento inicial y finito, sino que este se desarrolla de manera continua en el paso del lenguaje común al algorítmico, seguido del pseudocódigo y diseño del algoritmo [37].

2. Abstracción.

De esta forma, es necesario que el estudiante seleccione de forma adecuada los elementos que serán parte de la estructura matemática, pseudocódigo y diseño del algoritmo de acuerdo a las exigencias y condiciones de la situación contextual, donde además se observa que el estudiante tiene los conocimientos, es consciente de las relaciones que se deben de dar entre los elementos matemáticos y computacionales, los ha simplificado y relaciona de forma adecuada para darle solución a una situación problema [68].

3. Diseño de algoritmo.

A lo largo de la historia, se han implementado los algoritmos en la RP cuya implementación no es exclusiva de la matemática. El algoritmo data de hace 2500 años antes de nuestra era donde se ha utilizado de forma constante en los procedimientos para resolver problemas matemáticos y en los últimos tiempos computacionales [69]. Por lo tanto los algoritmos no se consideran únicos de la informática ya que se han implementado a lo largo de la historia en diversos problemas de las áreas de la lógica como un conjunto de procedimientos y pasos que permiten darle solución a un problema o familia de problemas [70].

Ahora, el diseño de algoritmo se relaciona con un procedimiento que permite diseñar un algoritmo computacional, donde se escribe e implementan programas con el fin de traducir la situación real en un lenguaje de programación determinado.

A pesar de las diferentes prácticas que se han desarrollado a lo largo de la historia donde el PC se implementa como un medio para adquirir conocimientos o para el desarrollo de habilidades de PC, aún se confrontan insuficiencias formativas en la programación de algoritmos [71].

Por lo tanto, es relevante que los estudiantes desarrollen la habilidad de diseñar algoritmos, dado que esta es parte del PC, debido que se evidencia desde las diferentes investigaciones que los estudiantes desarrollan habilidades de PC cuando implementan los algoritmos para resolver problemas utilizando herramientas computacionales [72].

III. CONCLUSIONES

Con el fin de implementar el PC para el desarrollo de habilidades de RPM en secundaria, se han establecido a nivel global algunas prácticas pedagógicas que involucran en un mayor porcentaje las categorías descritas en la Tabla 1, las cuales corresponden a la programación de algoritmos, resolución de problemas y modelación, a partir de las cuales se han realizado un gran número de procesos donde el PC es el medio

o el fin a través de lo cual se han evidenciado el desarrollo de las habilidades descomposición de problemas, abstracción y diseño de algoritmos, situación que se considera fundamental, de acuerdo a las necesidades de innovación educativa, el proceso económico y laboral a nivel global.

Con el fin de seguir desarrollando habilidades de PC para la RPM en secundaria, y el proceso se consolide a nivel global, se hace necesario que los docentes se capaciten sobre PC y articulen sus aprendizajes en el desarrollo de prácticas pedagógicas, teniendo en cuenta el contexto de su escuela. De esta forma, el PC no solicita la existencia de computadores, para el desarrollo de las habilidades, debido a que a través de la literatura se ha informado sobre prácticas de actividades desenchufadas, es decir sin computador, donde se han desarrollado procesos enmarcados en el PC con estudiantes de primaria y secundaria, evidenciándose aspectos muy positivos en su implementación, respecto al razonamiento lógico de los estudiantes [5].

De esta forma, es evidente que la implementación del PC dadas las necesidades actuales de innovación en las prácticas educativas debe convertirse en una prioridad para las naciones a nivel educativo, donde se convoquen a capacitaciones de los docentes, pero buscando que, como parte de proceso, el docente desarrolle prácticas en la escuela de acuerdo con las particularidades, sociales, económicas de los estudiantes y sus familias.

Además, de ser relevante que los docentes desarrollen prácticas con base en las particularidades de su contexto educativo, también es preponderante tener en cuenta las exigencias sobre evaluación de los estudiantes a nivel global de acuerdo con las pruebas PISA. De esta forma, la construcción de las prácticas pedagógicas donde el PC es un medio para la resolución de problemas matemáticos en secundaria debe ser el puente para que los estudiantes no solamente aprendan a solucionar situaciones rutinarias, familiares, sino situaciones complejas donde requieran de sus saberes previos, realizar conexiones con conocimientos e ideas previamente adquiridas, contextos familiares y no tan familiares, con el fin de darle solución un problema.

Finalmente es necesario mencionar, que, a pesar de establecerse, diferentes procedimientos con miras a solucionar problemas matemáticos y computacionales, actualmente se contrastan dificultades en los estudiantes para la programación de algoritmos a nivel de secundaria [45] y dificultades en los estudiantes para RPM [22]. Por lo tanto, es necesario seguir desarrollando prácticas que optimicen las destrezas, habilidades, capacidades de PC para RP incluyendo los matemáticos en secundaria, con tal que conlleve a enfrentarse a situaciones cada vez más complejas como lo requiere el mundo económico y laboral de la 4RI de una forma autónoma.

IV. REFERENCIAS

- [1] K. V. de Oudeweetering y J. Voogt, "Teachers' conceptualization and enactment of twenty-first century competences: exploring dimensions for new curricula," *The Curriculum Journal*, vol. 29, no. 1, pp. 116-133, 2018, doi: [10.1080/09585176.2017.1369136](https://doi.org/10.1080/09585176.2017.1369136).
- [2] OCDE, "Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) | Cancillería," Accedido: 10 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cancilleria.gov.co/en/internacional/politica/economico/OCDE>.
- [3] UNESCO, "E2030: educación y habilidades para el siglo XXI; reporte - UNESCO Biblioteca Digital," Accedido: 12 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000250117>.
- [4] I. J. Salamanca y M. Badilla, "Estudio de marcos referenciales de habilidades para el siglo XXI: un modelo ecosistémico para orientar procesos de innovación educativa," *Synergies Chili*, vol. 16, pp. 33-48, ago. 2020.
- [5] M. Zapata, *Pensamiento computacional desconectado. Computational thinking unplugged*, 2019, doi: [10.13140/RG.2.2.12945.48481](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12945.48481).
- [6] D. Weintrop et al., "Defining computational thinking for mathematics and science classrooms," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 25, no. 1, pp. 127-147, 2016, doi: [10.1007/s10956-015-9581-5](https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5).
- [7] M. Resnick et al., "Scratch: Programming for All," *Communications of the ACM*, vol. 52, pp. 60-67, nov. 2009, doi: [10.1145/1592761.1592779](https://doi.org/10.1145/1592761.1592779).
- [8] L. Zhang y J. Nouri, "A systematic review of learning computational thinking through Scratch in K-9," *Computers & Education*, vol. 103607, jun. 2019, doi: [10.1016/j.compedu.2019.103607](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103607).
- [9] M. Lodi y S. Martini, "Computational Thinking, Between Papert and Wing," *Science & Education*, vol. 30, ago. 2021, doi: [10.1007/s11191-021-00202-5](https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5).
- [10] S. Grover y R. Pea, "Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come," 2017, doi: [10.5040/9781350057142.ch-003](https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003).
- [11] K. M. Rich, E. Spaepen, C. Strickland, y C. Moran, "Synergies and differences in mathematical and computational thinking: implications for integrated instruction," *Interactive Learning Environments*, abr. 2020, Accedido: 16 de febrero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10494820.2019.1612445>.
- [12] J. M. Wing, "Computational thinking," *Communications of the ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33-35, mar. 2006, doi: [10.1145/1118178.1118215](https://doi.org/10.1145/1118178.1118215).
- [13] S. Papert, *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*, USA: Basic Books, Inc., 1980.
- [14] P. Denning, "Remaining trouble spots with computational thinking," *Communications of the ACM*, vol. 60, pp. 33-39, may 2017, doi: [10.1145/2998438](https://doi.org/10.1145/2998438).
- [15] H. Ye, B. Liang, O.-L. Ng, y C. S. Chai, "Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: a systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning," *International Journal of STEM Education*, vol. 10, no. 1, p. 3, ene. 2023, doi: [10.1186/s40594-023-00396-w](https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w).
- [16] S. Bocconi et al., "Developing Computational Thinking in Compulsory Education. Implications for policy and practice," *EUR - Scientific and Technical Research Reports*, dic. 2016, doi: [10.2791/792158](https://doi.org/10.2791/792158).
- [17] J. Sumway, L. Welch, J. Kozlowski, J. Midura, y V. Lee, "Kindergarten students' mathematics knowledge at work: the mathematics for programming robot toys," *Mathematical Thinking and Learning*, vol. 25, no. 4, Accedido: 26 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10986065.2021.1982666>.
- [18] Z. Cui y O.-L. Ng, "The Interplay Between Mathematical and Computational Thinking in Primary School Students' Mathematical Problem-Solving Within a Programming Environment," *Journal of Educational Computing Research*, vol. 59, p. 073563312097993, ene. 2021, doi: [10.1177/0735633120979930](https://doi.org/10.1177/0735633120979930).
- [19] P. O. Gilchrist, A. B. Alexander, A. J. Green, F. E. Sanders, A. Q. Hooker, y D. M. Reif, "Development of a Pandemic Awareness STEM Outreach Curriculum: Utilizing a Computational Thinking Taxonomy Framework," *Education Sciences*, vol. 11, no. 3, Art. no. 3, mar. 2021, doi: [10.3390/educsci11030109](https://doi.org/10.3390/educsci11030109).

- Categorías y prácticas implicadas con el pensamiento computacional para la mejora de las habilidades en la resolución de problemas matemáticos en secundaria
- [20] C. Pei, D. Weintrop, y U. Wilensky, "Cultivating Computational Thinking Practices and Mathematical Habits of Mind in Lattice Land", *Mathematical Thinking and Learning*, vol. 20, pp. 75-89, ene. 2018, doi: [10.1080/10986065.2018.1403543](https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403543).
 - [21] C. Selby y J. Woollard, "Computational thinking: the developing definition", ene. 2013.
 - [22] Z. Cui y O. Ng, "The Interplay Between Mathematical and Computational Thinking in Primary School Students' Mathematical Problem-Solving Within a Programming Environment", *Journal of Educational Computing Research*, pp. 1-17, 2021. Accedido: 23 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0735633120979930>.
 - [23] S. Subramaniam, S. M. Maat, y M. S. Mahmud, "Computational thinking in mathematics education: A systematic review", *Cypriot Journal of Educational Sciences*, vol. 17, n.o 6, jun. 2022, doi: [10.18844/cjes.v17i6.7494](https://doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7494).
 - [24] S. Wu y Y. Su, "Visual Programming Environments and Computational Thinking Performance of Fifth- and Sixth-Grade Students", *Journal of Educational Computing Research*, vol. 59, n.o 6, pp. 1075-1092, oct. 2021, doi: [10.1177/0735633120988807](https://doi.org/10.1177/0735633120988807).
 - [25] K. Bråting y C. Kilhamn, "Exploring the intersection of algebraic and computational thinking", *Mathematical Thinking and Learning*, vol. 23, n.o 2, pp. 170-185, abr. 2021, doi: [10.1080/10986065.2020.1779012](https://doi.org/10.1080/10986065.2020.1779012).
 - [26] S. Ramaila y H. Shilenge, "Integration of computational thinking activities in Grade 10 mathematics learning", *International Journal of Research in Business and Social Science*, vol. 12, n.o 2, mar. 2023, doi: [10.20525/ijrbs.v12i2.2372](https://doi.org/10.20525/ijrbs.v12i2.2372).
 - [27] J. Á. R. Ortiz y J. V. Guizado, "Proceso del pensamiento crítico y computacional en el aprendizaje de la Matemática en educación secundaria", *Revista Prisma Social*, n.o 41, abr. 2023.
 - [28] M. Kallia, S. van, P. Drijvers, E. Barendsen, y J. Tolboom, "Characterising computational thinking in mathematics education: a literature-informed Delphi study", *Research in Mathematics Education*, vol. 23, n.o 2, pp. 159-187, may 2021, doi: [10.1080/14794802.2020.1852104](https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104).
 - [29] D. Quiroz, J. Carmona, A. Castrillón, y J. Villa, "Integración del Pensamiento Computacional en la educación primaria y secundaria en Latinoamérica: una revisión sistemática de literatura", *Revista de Educación a Distancia*, vol. 21, n.o 68, nov. 2021, doi: [10.6018/red.485321](https://doi.org/10.6018/red.485321).
 - [30] E. Relkin, L. Ruiter, y M. Bers, "Learning to Code and the Acquisition of Computational Thinking by Young Children", *Computers & Education*, vol. 169, p. 104222, abr. 2021, doi: [10.1016/j.compedu.2021.104222](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104222).
 - [31] Z. Ersozlu, M. Swartz, y A. Skourdoumbis, "Developing Computational Thinking through Mathematics: An Evaluative Scientific Mapping", *Education Sciences*, vol. 13, n.o 4, abr. 2023, doi: [10.3390/educsci13040422](https://doi.org/10.3390/educsci13040422).
 - [32] V. Nogueira et al., "Towards an inclusive digital literacy: An experimental intervention study in a rural area of Brazil", *Education and Information Technologies*, vol. 27, mar. 2022, doi: [10.1007/s10639-021-10711-z](https://doi.org/10.1007/s10639-021-10711-z).
 - [33] D. Pérez, M. Román, y E. González, "El pensamiento algorítmico como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación básica secundaria", vol. 23, pp. 1-22, ene. 2023, doi: [10.6018/red.542111](https://doi.org/10.6018/red.542111).
 - [34] M. Velasco, "Resolución de problemas algorítmicos y objetos de aprendizaje: una revisión de la literatura", *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 10, n.o 20, mar. 2020, doi: [10.23913/ride.v10i20.630](https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.630).
 - [35] A. Ioannidou, V. Bennett, A. Repenning, K. H. Koh, y A. Basawapatna, "Computational Thinking Patterns", Online Submission, ago. 2011.
 - [36] H. Pérez, "Uso de Scratch como herramienta para el desarrollo del pensamiento computacional en programación I de la carrera de informática de la Universidad Central del Ecuador", 2017. Accedido: 14 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/82731>.
 - [37] I. Alonso, "La resolución de problemas matemáticos. Una alternativa didáctica centrada en la representación", 2001. doi: [10.13140/RG.2.2.27079.19362](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27079.19362).
 - [38] D. Pinzón, M. Román, y E. González, "El pensamiento algorítmico como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación básica secundaria", vol. 23, pp. 1-22, ene. 2023, doi: [10.6018/red.542111](https://doi.org/10.6018/red.542111).
 - [39] J. Shim, "A Study on the Level of Algorithmic Thinking of Students in Elementary and Secondary Schools", Accedido: 14 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: http://www.kci.go.kr/kciportal/landing/article.kci?arti_id=ART002544204.
 - [40] G. Polya, *How to solve it: A new aspect of mathematical method*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1945.
 - [41] J. D. Bransford y B. S. Stein, *The Ideal Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity*. New York, NY, USA: Freeman, 1984. Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.product24swiss.net/?referenceid=1062573>.
 - [42] D. Treffinger y S. Isaksen, "Creative Problem Solving: The History, Development, and Implications for Gifted Education and Talent Development", *Gifted Child Quarterly*, vol. 49, pp. 342-353, oct. 2005, doi: [10.1177/001698620504900407](https://doi.org/10.1177/001698620504900407).
 - [43] S. Thompson, *How to Program It*. Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.cs.kent.ac.uk/people/staff/sjt/Haskell_craft/HowToProgIt.html.
 - [44] M. I. Mac Gaul de Jorge, M. F. López, y A. P. del Olmo, "Resolución de problemas computacionales: análisis del proceso de aprendizaje", presentado en III Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, jun. 2008. Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19049>.
 - [45] I. Alonso, A. Salgado, y A. Blanco, "Sistema básico de habilidades para algoritmizar durante la programación computacional", *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*. Accedido: 15 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/725>.
 - [46] F. Rojas y H. Solar, "Organización de tareas matemáticas según niveles de complejidad cognitiva: una mirada desde las competencias matemáticas", ene. 2011.
 - [47] MEN, "Lineamientos Curriculares - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:...", Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-89869.html>.
 - [48] MEN, "2007 - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:...", Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-166893.html>.
 - [49] MINTIC, "Orientaciones Curriculares de Tecnología e Informática", Colombia Aprende. Accedido: 24 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://colombiaaprende.edu.co/contenidos/coleccion/orientaciones-curriculares-de-tecnologia-e-informatica>.
 - [50] W. Blum y D. Leiß, "How do Students and Teachers Deal with Modelling Problems?", en *Mathematical Modelling*, 2007, pp. 222-231, doi: [10.1533/9780857099419.5.221](https://doi.org/10.1533/9780857099419.5.221).
 - [51] P. Cobb, "Where Is the Mind? Constructivist and Sociocultural Perspectives on Mathematical Development", Accedido: 27 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/243720204_Where_Is_the_Mind_Constructivist_and_Sociocultural_Perspectives_on_Mathematical_Development.

- [52] A. Schoenfeld, "Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics", 1992, pp. 334-370.
- [53] H. Freudenthal, *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, vol. 1, 2002, doi: [10.1007/0-306-47235-X](https://doi.org/10.1007/0-306-47235-X).
- [54] Z. Cui y O. Ng, "The Interplay Between Mathematical and Computational Thinking in Primary School Students' Mathematical Problem-Solving Within a Programming Environment", *Semantic Scholar*. Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Interplay-Between-Mathematical-and-Thinking-in-Cui-Ng/94f82e7cf9148ee5cbd7b012b37587a3b0341398>.
- [55] K. Brennan y M. Resnick, "New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking", MIT Media Lab. Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.media.mit.edu/publications/new-frameworks-for-studying-and-assessing-the-development-of-computational-thinking/>.
- [56] E. Valovičová, J. Ondruška, E. Zelenický, V. Chytrý, y J. Medová, "Enhancing Computational Thinking through Interdisciplinary STEAM Activities Using Tablets", *Mathematics*, vol. 8, n.o 12, Art. n.o 12, dic. 2020, doi: [10.3390/math8122128](https://doi.org/10.3390/math8122128).
- [57] M. Román, J. Pérez, y C. Jiménez, "Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test", Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308654282_Which_cognitive_abilities_underlie_computational_thinking_Criterion_validity_of_the_Computational_Thinking_Test.
- [58] J. Rodríguez, J. A. González, y J.-M. Sáez, "Computational thinking and mathematics using Scratch: an experiment with sixth-grade students", *Interactive Learning Environments*, vol. 28, pp. 1-12, may 2019, doi: [10.1080/10494820.2019.1612448](https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1612448).
- [59] W. Ho, C. Looi, W. Huang, P. Seow, y L. Wu, "Computational thinking in mathematics: To be or not to be, that is the question", en *Mathematics: Connection and Beyond: Yearbook 2020 Association of Mathematics Educators*, World Scientific, 2021, pp. 205-234, doi: [10.1142/9789811236983_0011](https://doi.org/10.1142/9789811236983_0011).
- [60] S. Chan, C. Looi, W. Ho, W. Huang, P. Seow, y L. Wu, "Learning Number Patterns through Computational Thinking Activities: A Rasch Model Analysis", *Heliyon*, vol. 7, p. e07922, sep. 2021, doi: [10.1016/j.heliyon.2021.e07922](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07922).
- [61] E. Coban y Ö. Korkmaz, "An alternative approach for measuring computational thinking: Performance-based platform", *Thinking Skills and Creativity*, vol. 42, p. 100929, ago. 2021, doi: [10.1016/j.tsc.2021.100929](https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100929).
- [62] J. Sáez, M. Sevillano, y E. Vázquez, "The effect of programming on primary school students' mathematical and scientific understanding: educational use of mBot", Rochester, NY, 8 de mayo de 2022. Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://papers.ssrn.com/abstract=4103579>.
- [63] N. Sinclair y M. Patterson, "The Dynamic Geometrisation of Computer Programming", *Mathematical Thinking and Learning*, vol. 20, pp. 54-74, ene. 2018, doi: [10.1080/10986065.2018.1403541](https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403541).
- [64] O. Kaufmann y B. Stenseth, "Programming in mathematics education", *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol. 52, n.o 7, pp. 1029-1048, ago. 2021, doi: [10.1080/0020739X.2020.1736349](https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1736349).
- [65] M. Wilkerson, "Construction, categorization, and consensus: Student generated computational artifacts as a context for disciplinary reflection", *Educational Technology Research and Development*, vol. 62, pp. 99-121, feb. 2014, doi: [10.1007/s11423-013-9327-0](https://doi.org/10.1007/s11423-013-9327-0).
- [66] S. Psycharis y M. Kallia, "The effects of computer programming on high school students' reasoning skills and mathematical self-efficacy and problem solving", *Instructional Science*, vol. 45, n.o 5, pp. 583-602, 2017, doi: [10.1007/s11251-017-9421-5](https://doi.org/10.1007/s11251-017-9421-5).
- [67] R. Porlán, "Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional (las concepciones epistemológicas de los profesores)", Universidad de Sevilla, 1991. Accedido: 28 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=130281>.
- [68] A. Gorina, I. Alonso, N. Domecq, y J. Esteven, "Pautas para implementar la enseñanza de la Matemática a través de la resolución de problemas/ Guidelines to implement the teaching of Mathematics through the problem solving", *Revista Maestro y Sociedad*, pp. 66-81, abr. 2018.
- [69] B. Jonsson, M. Norqvist, Y. Liljekvist, y J. Lithner, "Learning mathematics through algorithmic and creative reasoning", *The Journal of Mathematical Behavior*, vol. 36, pp. 20-32, dic. 2014, doi: [10.1016/j.jmathb.2014.08.003](https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2014.08.003).
- [70] T. Easton, "Beyond the algorithmization of the sciences", *Commun. ACM*, vol. 49, pp. 31-33, may 2006, doi: [10.1145/1125944.1125967](https://doi.org/10.1145/1125944.1125967).
- [71] A. Salgado, I. A. Berenguer, y A. Gorina Sánchez, "Ejemplificación de la solución algorítmica de problemas de programación computacional", *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, vol. 5, n.o 4 (Octubre-Diciembre), pp. 15-36, 2014.
- [72] I. Alonso, "Sistema Básico de Habilidades para la Algoritmización Computacional", *Revista de Investigación, Formación y Desarrollo: Generando Productividad Institucional*, vol. 9, p. 14, abr. 2021, doi: [10.34070/rif.v9i1.255](https://doi.org/10.34070/rif.v9i1.255).