

El pensamiento algorítmico como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación básica secundaria

Algorithmic Thinking as A Didactic Strategy for the Development of Problem-Solving Skills in the Context of Basic Secondary Education

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

Marcos Román González
Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España
mroman@edu.uned.es

Enoc Valentín González Palacio
Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia
enoc.gonzalez@udea.edu.co

Resumen

La presente investigación propone una conexión entre las habilidades de pensamiento algorítmico y las habilidades de resolución de problemas con base en un estudio cuantitativo cuasi experimental sustentado en un modelo de regresión lineal múltiple. Los resultados indican que la intervención aplicada tuvo efectos estadísticamente significativos en las habilidades de resolución de problemas en los grupos experimentales y una desmejora en el grupo control; adicional a esto, se determinó una ecuación de un modelo que predice la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en la resolución de problemas con un ajuste de modelo del 47,5% (R^2). Se concluye con bases empíricas que el pensamiento algorítmico, y las habilidades que le subyacen, descomposición, abstracción y algoritmización, como estrategia didáctica en el contexto de la educación secundaria, incide significativamente en el desarrollo de habilidades en los estudiantes para la resolución de problemas, asunto considerado fundamental para el siglo XXI.

Palabras clave: pensamiento algorítmico; resolución de problemas; matemáticas; habilidades de pensamiento.

Abstract

The present research proposes a connection between algorithmic thinking skills and problem solving skills based on a quantitative quasi-experimental study supported by a multiple linear regression model. The results indicate that the applied intervention had statistically significant effects on problem solving skills in the experimental groups and an improvement in the control group; in addition to this, a model equation was determined that predicts the incidence of algorithmic thinking skills on problem solving with a model fit of 47.5% (R^2). It is concluded with empirical bases that algorithmic thinking, and the skills that underlie it, decomposition, abstraction and algorithmization, as a didactic strategy in the context of secondary education, has a significant impact on the development of problem-solving skills in students, an issue considered fundamental for the 21st century.

Keywords: Algorithmic thinking; Problem solving; Mathematics; Thinking skills.

1. Introducción

Las personas están constantemente resolviendo problemas, tanto en la vida diaria como en la escuela y el contexto laboral; esta actividad cotidiana exige el despliegue de diversas habilidades de pensamiento de tipo lógico, crítico y creativo (Vidal et al., 2015; Zsákó y Szlávi, 2012), a tal punto que Jonassen (2004) propone la resolución de problemas (RP) como el único objetivo legítimo de la educación y la formación. Algunos autores

proponen la resolución algorítmica de problemas (Alanoca, 2016; Figueiredo et al., 2021), o bien, el pensamiento algorítmico como un tipo de pensamiento que aporta a la RP (Grover, 2009), o incluso como una estrategia didáctica que favorece el desarrollo de habilidades para la RP (Rivadeneira y Toledo, 2019), en palabras de Stephens (2018), un enfoque pedagógico. La resolución de problemas ha sido reconocida como una de las habilidades fundamentales del siglo XXI debido a las transformaciones de la informática en varios campos de la vida como la economía y el mundo laboral, lo que ha generado que importantes instituciones a nivel global animen los sistemas educativos a invertir más en el desarrollo de estas habilidades (Kožuh et al., 2018).

Como constructo académico en el contexto educativo, el concepto de pensamiento algorítmico (PA) es el término usado en algunos documentos normativos en educación de países como Finlandia y Noruega (Hsu et al., 2019). Grover (2009) lo señala como un elemento fundamental de la ciencia de la computación que refuerza la resolución de problemas y, como concepto, se basa en las matemáticas de nivel escolar. La profundización en este tipo de pensamiento ha sido uno de los objetivos principales del concurso internacional Bebras desde sus inicios en 2004, en el cual participan actualmente más de 60 países (Dagienè et al., 2017). El PA, es definido como una forma de razonamiento matemático necesario para comprender, probar, mejorar o diseñar un algoritmo, el cual se entiende como un procedimiento rutinario descrito con precisión que puede aplicarse y seguirse sistemáticamente hasta una conclusión (M. Stephens y Kadijevich, 2020), o también como, una forma de pensar lógica y organizada que se utiliza para descomponer un objetivo complicado en una serie de pasos (ordenados) utilizando las herramientas disponibles (Lockwood et al., 2016).

Stephens y Kadijevich (2020) afirman que el PA requiere distintas habilidades cognitivas como la descomposición, la abstracción y la algoritmización, las cuales intervienen en procesos de resolución de problemas. El modelo propuesto por Shim (2019) refiere cuatro dominios como elementos del PA: dominio de secuencias, dominio de repeticiones, dominio de funciones y dominio de estructuras de datos. Dichos dominios fueron la base para el diseño de una herramienta evaluativa de PA en niveles de educación primaria, secundaria y media, donde el dominio de secuencias hacía referencia a la capacidad de enumerar comandos secuencialmente para resolver un problema determinado; el dominio de repeticiones a la capacidad de comprender estructuras iterativas en el proceso de solución de problemas y corregir dicha solución utilizando comandos repetitivos; el dominio de funciones a la capacidad de comprensión de un proceso de resolución de un problema de manera estructurada y concisa; y el dominio de estructuras de datos a la capacidad de comprender la organización y relevancia de un conjunto de datos en un problema dado. Además, otros estudios sostienen que, el PA es una habilidad de pensamiento utilizada para resolver problemas (Futschek, 2006; Iyer, 2019; Mumcu y Yıldız, 2018) y que las personas con habilidades de PA pueden ayudar a plantear un problema con precisión, dividirlo en subtareas bien precisas y plantear una solución en una serie de pasos para cada subtask (Kong, 2019; Plerou, 2016).

Las habilidades de RP son consideradas como habilidades de pensamiento superior (Lee y Ko, 2018), sin embargo, Jonassen (2004) constata que ha sido un campo olvidado por los maestros, pero a la vez, un objetivo legítimo y, tal vez, la habilidad más importante que los estudiantes pueden aprender. Por su parte, el PA promete ser un aporte a la

generación de nuevos aprendizajes en las diferentes asignaturas, especialmente en matemáticas (Palma Suárez y Sarmiento Porras, 2015), y también en tecnología, informática, ciencias y humanidades (Grover, 2009; Nazir et al., 2019).

Dados los avances en una sociedad cada vez más globalizada e interconectada, la resolución de problemas se considera una habilidad fundamental a desarrollar en los estudiantes del siglo XXI (Gretter y Yadav, 2016). Park y Kim (2022) refieren que uno de esos avances significativos, en términos tecnológicos, ha sido la realidad extendida, concepto relacionado con realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta, la cual sirve de medio para conectar las personas (avatares) en el metaverso (mundo virtual tridimensional). Dentro de las aplicaciones del metaverso se encuentran simulaciones, juegos, mercadeo, entornos sociales, laborales y educación, donde la resolución de problemas también ha sido parte de las situaciones en torno a las cuales giran las relaciones de aprendizaje (Barry et al., 2009; Kanematsu et al., 2012; Park y Kim, 2022), como es el caso del uso de la realidad aumentada en la resolución de problemas conceptuales y procedimentales en matemáticas (George Reyes, 2020). Con base en lo anterior, se considera que las habilidades de pensamiento algorítmico pueden servir de estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de RP en el campo educativo, bien sea en entornos reales o en el metaverso con fines o usos educativos.

En el contexto educativo colombiano, tal como se observa en la figura 1, la estructura curricular de matemáticas plantea en sus fines la resolución de problemas como objetivo general del área, es decir, como logro fundamental de toda la educación básica y media de acuerdo al Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998), y más aún, señala que podría convertirse en el principal eje organizador del currículo (MEN, 2007). Es de resaltar que en esta normatividad no se contempla el PA como un tipo de pensamiento a desarrollar en el proceso formativo de los estudiantes. De otra parte, se han impulsado sendas campañas de cursos en pensamiento computacional (PC) para maestros con la iniciativa del Ministerio de las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) bajo la premisa de que los estudiantes aprenderán a resolver problemas de manera divertida y con el uso de tecnología (MINTIC, 2021); dichas iniciativas han contado con el apoyo del MEN.

De otra parte, diversos estudios sobre el aprendizaje de las matemáticas de nivel escolar, afirman que el pensamiento algorítmico se considera como un tipo de pensamiento que complementa el pensamiento matemático (Gal-Ezer y Lichtenstein, 1997), que puede ser beneficioso para su aprendizaje (M. Stephens y Kadjevich, 2020) y que además, puede ser útil y deseable para hacer matemáticas (Lockwood et al., 2016). Dada la importancia de la resolución de problemas para el aprendizaje de las matemáticas en la educación primaria y secundaria, como lo demanda el currículo colombiano, y la relación que guarda con el pensamiento algorítmico, se considera fundamental ahondar en la comprensión de dicha relación en el campo educativo.

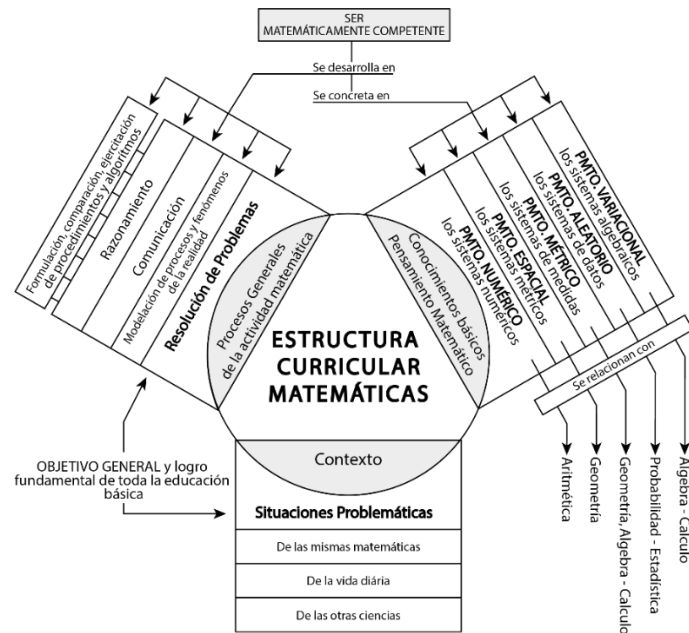


Figura 1. Estructura curricular de matemáticas en Colombia.
 Fuente: tomado de Pinzón Pérez y González Palacio (2022, p.417)

2. Antecedentes

Para el abordaje de la literatura multidisciplinaria sobre la relación entre el pensamiento algorítmico y la resolución de problemas, se aplicó un proceso de revisión sistemática (RS) en educación siguiendo las fases propuestas por Newman y Gough (2020) entre enero de 2015 y junio de 2020, para reunir, sintetizar y evaluar los hallazgos de los estudios que exploran la relación entre las habilidades de PA y las habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación secundaria (Ver figura 2).

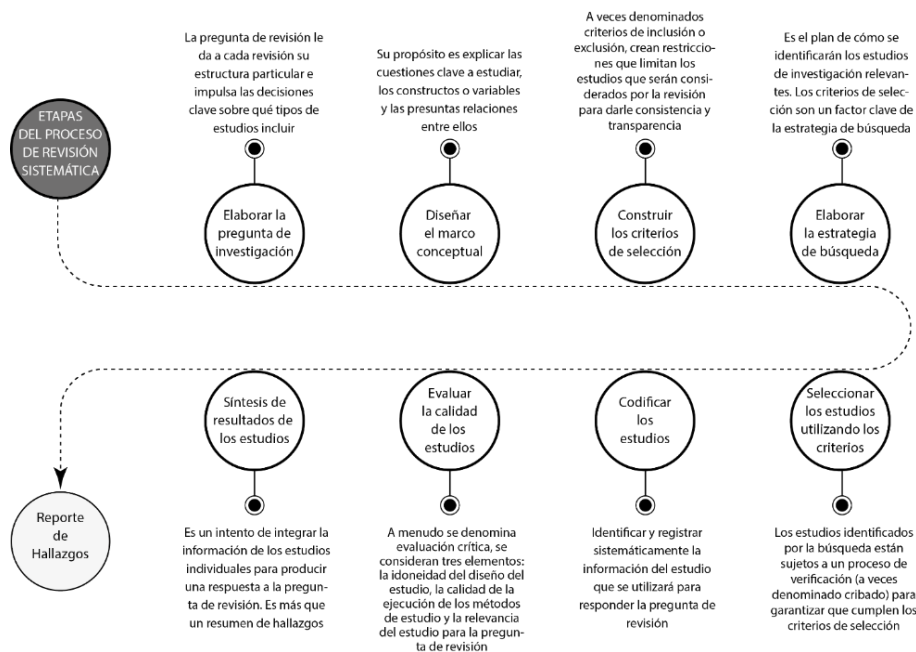


Figura 2. Proceso de revisión sistemática en educación.
 Fuente: tomado de Pinzón Pérez y González Palacio (2022, p.419)

La revisión de antecedentes permitió corroborar que el pensamiento algorítmico tiene como concepto de base el término algoritmo (Gretter y Yadav, 2016) y está referido, en general, a la creación de un algoritmo como abstracción de un proceso en pasos ordenados (Avello et al., 2020) y que, como solución a un problema puede ser automatizado (Dagiené et al., 2017; Israel et al., 2015; Roldán-Segura et al., 2018; Sánchez Vera, 2019). Como habilidad puede ser detectado cuando los estudiantes son capaces de pensar en términos de secuencias y reglas, ejecutando o creando un algoritmo (Dagiené et al., 2017) tiene aportes cognitivos importantes, especialmente en matemáticas (Palma Suárez y Sarmiento Porras, 2015) y su conexión con situaciones problemáticas de la vida real, a tal punto que se sugiere ser incluido en los planes de estudio de las escuelas (Low y Chew, 2020). Además, el PA tiene conexiones con la educación en software – programación, ya que es susceptible de mejoras en el aprendizaje de los estudiantes (Grover et al., 2015; Lee y Ko, 2018). Finalmente, dado que ninguno de los estudios de la RS evidenciaba una relación demostrativa entre las habilidades de PA y las habilidades de RP, la presente investigación planeó una intervención didáctica con el fin de determinar dicha relación, hasta el momento teórica.

3. Método

3.1. Objetivos e hipótesis

En este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar la incidencia de una intervención basada en habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas en estudiantes de grado noveno de dos instituciones educativas públicas de Colombia.

Objetivos específicos:

- Objetivo 1. Establecer las diferencias en la valoración inicial en las habilidades de resolución de problemas entre los grupos experimentales y de control.
- Objetivo 2. Determinar las diferencias entre la valoración inicial y final en las habilidades de resolución de problemas en cada uno de los grupos experimentales y de control.
- Objetivo 3. Establecer las diferencias en la valoración final en las habilidades de resolución de problemas entre los grupos experimentales y de control.
- Objetivo 4. Estimar la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas en la muestra indagada.

Para evaluar el alcance de estos objetivos, se establecen las siguientes hipótesis alternas, las nulas se infieren:

- Hipótesis 1. Existen diferencias estadísticamente significativas en la valoración inicial entre los grupos experimentales y de control.

- Hipótesis 2. Existen diferencias estadísticamente significativas entre la valoración inicial y final en las habilidades de resolución de problemas en cada uno de los grupos experimentales y de control.
- Hipótesis 3. Existen diferencias estadísticamente significativas en la valoración final entre los grupos experimentales y de control.
- Hipótesis 4. El modelo de regresión lineal derivado de la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico frente a las habilidades de resolución de problemas es estadísticamente significativo.

3.2. Participantes

La población participante de la investigación fueron los estudiantes de grado noveno, que en el sistema educativo de Colombia, es el último grado del proceso de educación básica secundaria. La muestra se tomó de dos instituciones educativas oficiales de la subregión oriente del departamento de Antioquia, con un total de 107 estudiantes, con edades que oscilan entre los 14 y 17 años.

3.3. Instrumentos

La recolección de los datos se obtuvo con el uso de dos instrumentos y fueron procesados en el software estadístico SPSS v.27:

1. Para evaluar las habilidades de pensamiento algorítmico se utilizó el Test de Pensamiento Algorítmico de Shim (2019), un test que evalúa dominio de secuencias, dominio de iteraciones, dominio de funciones y dominio de estructuras de datos.
2. Para evaluar la capacidad de resolución de problemas, el Test de García-García y Rentería-Rodríguez (2013). Un test que evalúa factores constitutivos de dicha capacidad: Factor 1: Predicción y transferencia. Factor 2: Capacidad de síntesis. Factor 3: Lectura crítica del enunciado. Factor 4: Análisis. Factor 5: Interpretación de información. Factor 6: Comprensión metacognitiva de enunciados y procesos. Factor 7: Delimitación del problema.

3.4. Procedimiento

Desde un enfoque de tipo cuantitativo, se hizo la medición y evaluación de las habilidades de pensamiento algorítmico (variable independiente) y a partir de sus resultados se diseñó un plan de intervención apoyado en la revisión de la literatura para determinar sus efectos en las habilidades de resolución de problemas (variable dependiente); para esto, se planteó un diseño cuasiexperimental de grupo control no equivalente, ya que los grupos no fueron conformados aleatoriamente (en el presente estudio con dos grupos experimentales y un grupo control) y la aplicación de los instrumentos antes y después de la intervención (Polit et al., 2007). El desarrollo se hizo de la siguiente manera:

Antes de la implementación del estudio cuasiexperimental, como se mencionó anteriormente, se realizó un proceso de revisión sistemática en educación (Newman y Gough, 2020) sobre las variables “habilidades de pensamiento algorítmico” y “resolución de problemas” en el contexto de la educación básica secundaria; dicha revisión buscó la precisión conceptual de las variables y la relación o incidencia entre las mismas. Luego se aplicó el pretest de resolución de problemas y un diagnóstico sobre habilidades de pensamiento algorítmico, resultados a partir de los cuales se diseñaron 3 módulos para

trabajar habilidades básicas de PA: descomposición, abstracción y algoritmización, según los postulados de Stephens y Kadijevich (2020). Partiendo de situaciones reales no estructuradas del estudiantado, se plantearon diferentes actividades a modo de entrenamiento cognitivo para el mejoramiento de cada una de las habilidades específicas de PA en el grupo experimental. En cada uno de los módulos se hacía una introducción a la habilidad de pensamiento a desarrollar y se daban ejemplos de referencia para cada actividad, buscando la aplicabilidad en las situaciones planteadas por los estudiantes. En el módulo de descomposición, los estudiantes desarrollaron actividades básicas de desglose o división en partes más pequeñas de figuras, cantidades, palabras, oraciones y situaciones con el fin de favorecer el análisis y el trabajo de lo simple a lo complejo, tal como se muestra en la figura 3.


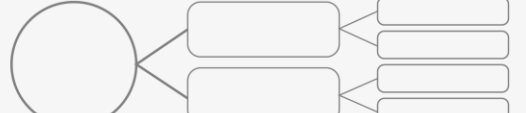
<p>DESCOMPOSICIÓN DE FIGURAS GEOMÉTRICAS</p>  <p>Descomponer en un cuadrado y dos triángulos.</p> <p>Descomponer en dos trapezoides y dos triángulos.</p>	<p>DESCOMPOSICIÓN DE CIFRAS</p> <p>Descomponer en la siguiente tabla de valor posicional la cifra: 760.829</p> <table border="1" data-bbox="853 705 1109 817"> <thead> <tr> <th>Cm</th> <th>Dm</th> <th>Um</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>R/</p>	Cm	Dm	Um	C	D	U																																																												
Cm	Dm	Um	C	D	U																																																														
<p>DESCOMPOSICIÓN DE PALABRAS</p> <p>ETIMOLOGÍA</p> <p>ETIMOS LOGOS + IA</p> <p>↓ ↓</p> <p>Esencia, verdad, origen Estudio, ciencia</p>	<p>DESCOMPOSICIÓN DE ORACIONES</p> <p>O</p> <p>SN SV</p> <p>Pos Sust V Adv SN Adj</p> <p>Mi vida es muy complicada</p>																																																																		
<p>DESCOMPOSICIÓN DE SITUACIONES</p> <p>Retoma el problema inicial ¿Es posible descomponerlo en partes más pequeñas, es decir en subproblemas? Completa el siguiente esquema:</p>  <p>Problema inicial Divídelo en dos partes Divídelo en cuatro partes</p>																																																																			

Figura 3. Ejemplo de actividades del módulo de descomposición.

En el módulo de abstracción, los estudiantes se enfocaron en actividades de reconocimiento de patrones, patrones numéricos, patrones en palabras y patrones en situaciones, con el fin de estimular la creación de representaciones mentales de los elementos esenciales o importantes de cada actividad (ver figura 4). En el módulo de algoritmización, se realizaron actividades que contenían algoritmos con números, algoritmos visuales y algoritmos verbales, con el fin de crear una estrategia, un plan o una serie de pasos para llegar a la solución de una situación planteada (ver figura 5).

ABSTRACCIÓN: reconocimiento de patrones

ABSTRACCIÓN: patrones numéricos

3, 7, 11, 15, 19, 23, 27, ... Patrón _____

31, 25, 19, 13, 7, 1, -5, ... Patrón _____

Fila 1	5	4	7	2	0	3	6	1
Fila 2	4	5	2	0	3	6	1	7
Fila 3	4	2	0	3	5	1	6	7
Fila 4	2	0	3	4	1	5	6	7
Fila 5	?	?	?	?	?	?	?	?

ABSTRACCIÓN: patrones en palabras

a) A-MAL-NI _____

b) LE-CO-GIO _____

Atrás, Córdoba, Francés, Irlandés, Jamás, Inglés, Japonés, París, Jesús, Después, Además, Revés, Adiós, Burgués, Compiás: PATRÓN _____

Guía, Tecnología, Armonía, Día, Energía, Poesía, Ecología, Categoría, Fotografía, Alegría, Garantía, Valentía, Filosofía: PATRÓN _____

Detener - Detuvo, Mantener - Mantuvo, Contener - Contuvo, Sostener - Sostuvo, Retener - Retuvo, Obtener - Obtuvo: PATRÓN _____

ABSTRACCIÓN: patrones en situaciones

X	X	O	O	O	X	X
X	O	O	O	O	O	X
O	O	I	I	I	I	O
X	O	X	I	X	O	X
X	X	O	O	O	X	X

bxcobx
axeoax
??????????
axaouxaiaxaoux
bxcobx

a) aobobicio
b) bocbibo
c) bodiao
d) oociaoio

Tomado de: *codex des images*, Castor Informatique 2010. SSIE

Vuelve a la primera hoja del módulo y retoma el problema que escribiste ahí. ¿Ese problema se puede descomponer en partes más pequeñas, es decir en subproblemas? Completa el siguiente esquema:

ABSTRACCIÓN DE SITUACIONES

Identifica el aspecto esencial o más importante

¿Cómo incide en los demás aspectos?

+

Aspecto y cómo es afectado

Problema inicial

Figura 4. Ejemplo de actividades del módulo de Abstracción.

ALGORITMOS CON NÚMEROS Y VISUALES

ALGORITMOS VERBALES

```

Inicio
↓
Encender la estufa
↓
Poner sartén con aceite
↓
Calentar el aceite
↻ ¿El aceite está a una temperatura correcta?
Si
↓
Freír el huevo
↻ ¿Tiene la textura correcta?
Si
↓
Salar y servir
↓
Final
                    
```

CREACIÓN DE PASOS PARA LA SOLUCIÓN DE UNA SITUACIÓN PROBLEMA

Problema inicial

1

2

3

4

Pasos a realizar >>>>

Solución esperada:

Figura 5. Ejemplo de actividades del módulo de Algoritmización

Una vez hechas las evaluaciones iniciales, se realizó la intervención, la cual consistió en el desarrollo de cada uno de los módulos por parte de los estudiantes en lo transcurrido de un periodo académico, es decir, 10 semanas entre los meses de octubre y noviembre de 2021; y al final de este periodo se aplicó el postest.

Al momento de la intervención, el servicio educativo se prestaba bajo el esquema de alternancia según las directrices del Ministerio de Educación Nacional para atender la pandemia por COVID 19 (MEN, 2021). Dicho esquema alternaba el estudio presencial en la escuela alternado con el trabajo en casa, y establecía restricciones de aforo en las

aulas como garantía de distanciamiento entre los estudiantes, además de otros protocolos de bioseguridad. Debido a la cantidad de estudiantes de grado noveno en las instituciones educativas participantes, los directivos de los establecimientos conformaron subgrupos de estudiantes que asistían entre 2 y 3 veces por semana a clase, reduciendo la cantidad de horas de trabajo presencial y aumentando las horas de trabajo autónomo en casa. Por lo cual, los docentes de aula de matemáticas, aprovechando la clase presencial, hacían la entrega de los módulos y daban orientaciones para que los estudiantes procedieran a su desarrollo de manera autónoma. Los módulos fueron entregados de manera secuencial así: primero, el módulo de descomposición, luego el de abstracción y por último el de algoritmización. Al final de cada módulo, el estudiante respondía una rúbrica de evaluación de los materiales y otra de autoevaluación de los aprendizajes, lo cual brindaba información a los docentes sobre el proceso académico.

3.5. Análisis de datos

El análisis de los datos se hizo en el programa SPSS versión 27, uno referido a las comparaciones tanto en el pretest y el postest entre los diferentes grupos teniendo en cuenta los resultados del test de resolución de problemas; la determinación de la normalidad se hizo con la prueba de Shapiro-Wilk, encontrándose distribuciones normales en las variables a contrastar ($p > 0,05$), por lo cual se utilizaron estadísticos paramétricos en la descripción (medias y desviación estándar) y comparación de muestras independientes a partir de un análisis de la varianza de un factor (ANOVA) una vez se comprobaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad de las varianzas, para las comparaciones post-hoc se utilizó la prueba de HSD Tukey ($\alpha = 0,05$) dado que los grupos a comparar eran no equivalentes y los valores muestrales muy diferentes por grupo; en las comparaciones pareadas se utilizó la t de student. Para el segundo análisis, se tuvieron en cuenta los valores de las variables referidas a los dominios de pensamiento algorítmico que fungieron como variables explicativas de un modelo de regresión lineal múltiple cuya variable dependiente fue la puntuación total de los factores de la prueba de resolución de problemas en el postest. Para el cálculo del tamaño del efecto y la potencia estadística de las diferentes pruebas se utilizó el software GPOWER v3.1.

4. Resultados

Con respecto al nivel de logro del objetivo 1, establecer las diferencias en el estado inicial de la variable dependiente (habilidades de resolución de problemas), a partir del ANOVA (Tabla 1), se pudo encontrar que los grupos no son estadísticamente diferentes ($p > 0,05$), por lo tanto, se asumen los grupos como homogéneos, es decir, con resultados similares en la prueba diagnóstica (pretest) antes de la intervención (ver figura 6).

Tabla 1

Comparación entre los grupos experimentales y control en las habilidades de resolución de problemas en el pretest (ANOVA).

Grupo	n	Media	Desviación estándar	IC (95%)		F	P
Control	29	3,0287	0,80557	2,7223	3,3352	1,3640	0,2600
Experimental 1	60	2,7278	1,01401	2,4658	2,9897		
Experimental 2	18	2,6378	0,72195	2,2788	2,9968		
Total	107	2,7942	0,92142	2,6176	2,9708		

gl=2

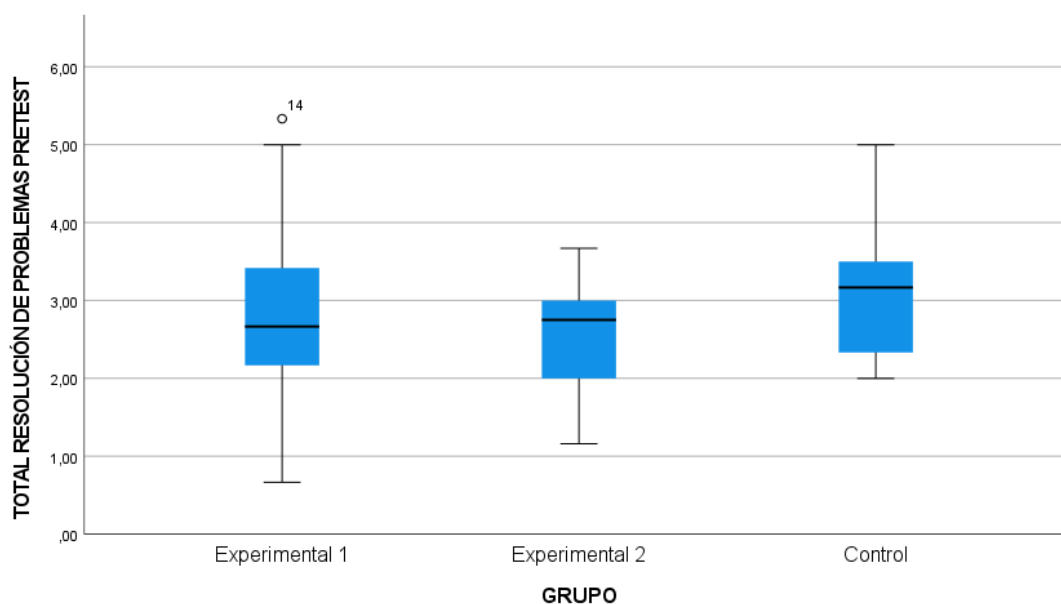


Figura 6. Resultados del pretest para los grupos experimentales y control en la variable “Total de Resolución de Problemas”.

Con respecto al objetivo 2, referido a establecer las diferencias entre el pretest y el postest en los diferentes grupos (ver figura 7), en el caso de grupo experimental 1, se presentaron diferencias estadísticamente significativas en las habilidades de resolución de problemas ($p < 0,01$) entre el pretest ($m=2,73$; $de=1,01$) y el postest ($m=3,47$; $de=1,14$), lo que indica que el plan de intervención referido a una propuesta didáctica basada en habilidades de pensamiento algorítmico a partir de dos módulos (descomposición y abstracción) fue exitosa, y los estudiantes de este grupo obtuvieron mejorías en sus habilidades de resolución de problemas (Tabla 2), dicha comparación tuvo un efecto de tamaño mediano ($d=0,6667$).

En el grupo experimental 2, en donde se implementaron tres módulos sobre habilidades de pensamiento algorítmico (descomposición, abstracción y algoritmización), también se presentaron cambios estadísticamente significativos ($p < 0,05$) entre el pretest ($m=2,64$; $de=0,72$) y el postest ($m=2,99$; $de=0,67$); por lo cual se puede inferir que este grupo de estudiantes también mejoró sus habilidades de resolución de problemas (Tabla 2), dicha comparación tuvo un efecto del tamaño mediano ($d=0,5752$).

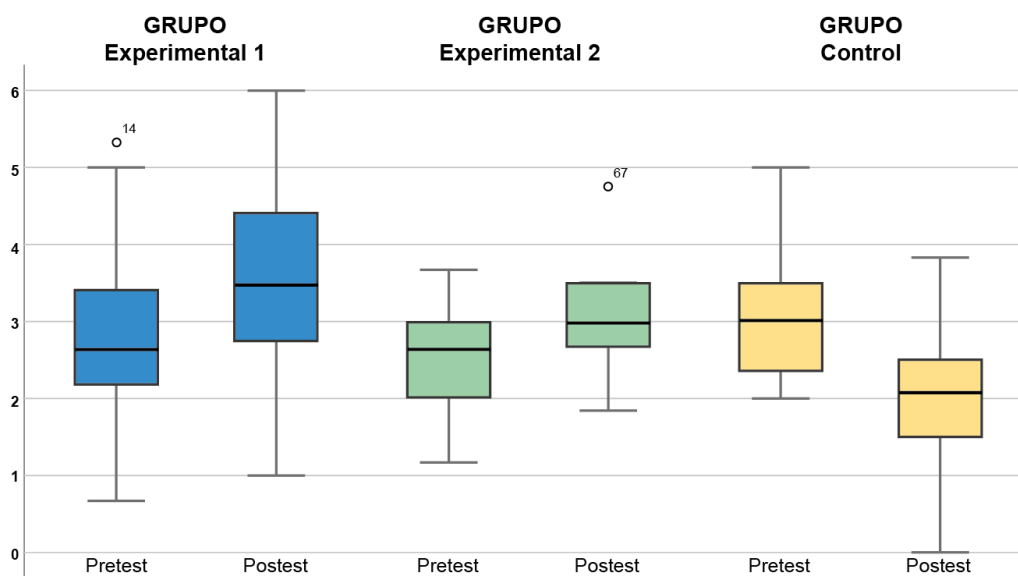
En el caso del grupo de control, cuya intervención se basó en la clase tradicional de matemáticas que ofrece la institución educativa, el cambio referido a la comparación entre el pretest ($m=3,03$; $de=0,81$) y el postest ($m=2,07$; $de=0,82$), este también fue estadísticamente significativo ($p < 0,01$), no obstante, la variación fue negativa, pues este grupo de estudiantes obtuvo una puntuación promedio inferior luego de la intervención (Tabla 2). El tamaño del efecto de esta disminución en la evaluación tuvo un tamaño del efecto muy grande ($d=2,0358$), lo que denota la importancia de intervenir en los estudiantes del grupo control para evitar posibles retrocesos en su proceso formativo, específicamente en la adquisición de habilidades de resolución de problemas. Sin

embargo, es posible considerar que las condiciones educativas generadas por la pandemia, afectaron cognitiva y emocionalmente a los estudiantes, aún más, cuando la medición del postest de las habilidades de RP se realizó al final del año escolar, época cargada de estrés y ansiedad por la promoción al año siguiente. Estas posibles razones son congruentes con afirmaciones sobre los resultados negativos en el país en 2021 con respecto al desempeño escolar de los estudiantes en pruebas estandarizadas nacionales.

Tabla 2

Comparación entre el pretest y el postest en los diferentes grupos experimentales y de control en las habilidades de resolución de problemas (t de student).

Grupo	Prueba	Media	Desviación estándar	n	IC (95%)		t	gl	P
Experimental 1	Pretest	2,7278	1,01401	60	-1,03282	-0,45606	-5,166	59	0,001
	Postest	3,4722	1,14412						
Experimental 2	Pretest	2,6378	0,72195	18	-0,65775	-0,04669	-2,432	17	0,026
	Postest	2,9900	0,66992						
Control	Pretest	3,0287	0,80557	29	0,61057	1,29748	5,690	28	0,001
	Postest	2,0747	0,81721						



TOTAL RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Figura 7. Comparación entre el pretest y el postest en los diferentes grupos.

Con respecto al nivel de logro del objetivo 3, que fue establecer las diferencias en el estado final para la variable dependiente (habilidades de resolución de problemas), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,01$) al comparar los dos grupos experimentales y el grupo control (Tabla 3); el ANOVA constató que por lo menos uno de los grupos presentaba una media diferente a la media de los demás grupos; para determinar las diferencias entre grupos manteniendo la significancia estadística ($\alpha = 0,05$), se realizó un análisis post-hoc (HSD Tukey), encontrándose frente a las habilidades de resolución de problemas, luego del proceso de intervención de una estrategia didáctica

basada en habilidades de pensamiento algorítmico, que el grupo control ($m=2,0747$; $de=0,8172$) se presentó como diferente ante los grupos experimentales ($p<0,5$), grupos que de hecho presentaron resultados promedio superiores (grupo experimental 1: $m=3,4722$; $de=1,1441$, y grupo experimental 2: $m=2,9900$; $de=0,6699$) al del grupo control ($m=2,07$; $de=0,82$) tal como lo muestra la figura 8; entre ambos grupos experimentales no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0,05$) (Tabla 4); en la anterior comparación se encontró un tamaño del efecto grande ($f=0,5166$), por lo tanto es posible afirmar que los resultados desde el punto de vista estadístico evidencian una mejoría en las habilidades de RP en aquellos grupos que fueron intervenidos con la estrategia didáctica basada en habilidades de PA.

Tabla 3

Comparación entre los grupos experimentales y el grupo control en las habilidades de resolución de problemas en el postest (ANOVA)

Grupo	n	Media	Desviación estándar	IC (95%)		F	P
Control	29	2,0747	0,81721	1,7639	2,3856	19,1780	0,0001
Experimental 1	60	3,4722	1,14412	3,1767	3,7678		
Experimental 2	18	2,9900	0,66992	2,6569	3,3231		
Total	107	3,0123	1,15642	2,7907	3,2340		

gl=2

Tabla 4

Comparaciones múltiples (HSD Tukey) en las habilidades de resolución de problemas en el postest

(I) GRUPO	(J) GRUPO	Diferencia de medias (I-J)	p	IC (95%)	
Control	Experimental 2	-,91529*	0,008	-1,6272	-0,2033
	Experimental 1	-1,39751*	0,001	-1,9341	-0,8609
Experimental 1	Control	1,39751*	0,001	0,8609	1,9341
	Experimental 2	0,48222	0,175	-0,1554	1,1199
Experimental 2	Control	,91529*	0,008	0,2033	1,6272
	Experimental 1	-0,48222	0,175	-1,1199	0,1554

* La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

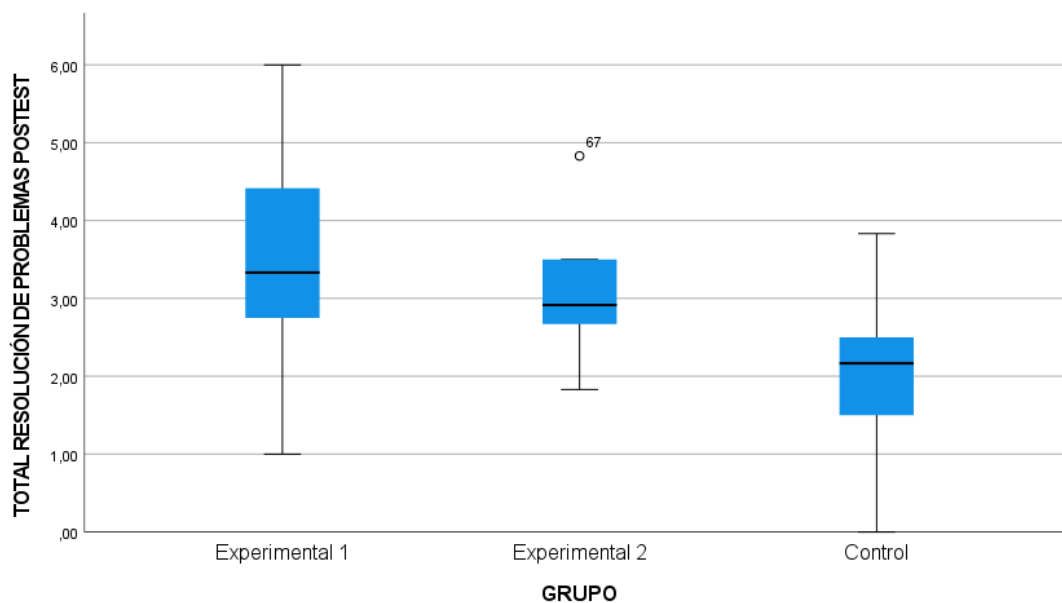


Figura 8. Resultados del postest para los grupos experimentales y control en la variable “Total de Resolución de Problemas”.

Con respecto al nivel de logro del objetivo 4, de estimar la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico en las habilidades de resolución de problemas en la muestra indagada, en el caso de los resultados después de la intervención, al relacionar cada uno de los dominios de las habilidades de pensamiento algorítmico (variables regresoras) con la puntuación total en las habilidades de resolución de problemas (variable dependiente) para determinar el supuesto de linealidad, se encontraron correlaciones positivas moderadas entre esta última y el dominio de repeticiones ($r = 0,556$), dominio de secuencias ($r = 0,539$) y dominio de estructuras de datos ($r = 0,488$), todas ellas estadísticamente muy significativas ($p < 0,01$), en el caso del dominio de funciones no se presentó correlación ni asociación estadística ($r = -,002$; $p > 0,05$), por lo que se asume que este último dominio no ayuda a explicar las habilidades de resolución de problemas.

Frente al supuesto de independencia de los errores en la medición de las variables explicativas o regresoras, se aplicó la prueba de Durbin – Watson, cuyo valor fue de 1,678 el cual se encuentra en el rango (1,5 – 2,5) que indica que existe independencia en los errores (Tabla 5).

En la determinación del supuesto de homocedasticidad, se estableció la relación entre los valores predichos estandarizados y los residuos tipificados, y fue posible identificar que no existen pautas de asociación, por lo que la variación de los residuos se puede asumir como uniforme; del mismo modo fue posible establecer que dichos residuos del modelo presentaron distribución normal la cual se evaluó con la prueba Shapiro – Wilk ($p > 0,05$).

Para la determinación del supuesto de no colinealidad de las variables independientes se usó la tolerancia y el factor de inflación de la varianza (VIF), donde se puede apreciar que en todas las variables regresoras la tolerancia fue mayor a 0,10, y el VIF es menor a 10, resultados que verifican el supuesto de no colinealidad (Tabla 5).

Luego, a partir del método de análisis de introducir, se obtiene un modelo de regresión lineal múltiple (Tabla 5) que es estadísticamente significativo ($p < 0,01$), en donde la variable dependiente, habilidades de resolución de problemas, puede explicarse a partir de 3 variables regresoras referidas a habilidades de pensamiento algorítmico: en primer orden el dominio de repeticiones ($Beta = 1,474$), le sigue el dominio de secuencias ($Beta = 1,015$), y finalmente el dominio de estructuras de datos ($Beta = 0,0802$); todas estas variables contribuyen a explicar la variable dependiente y presentan significancia estadística muy alta ($p < 0,01$); como puede apreciarse en la tabla 5, todas las variables tienen valores de Beta positivos, por lo cual entre mejor sea la valoración de cada una de las variables regresoras mayor será el valor de la variable dependiente.

Tabla 5.

Modelos de regresión lineal múltiple y diagnóstico de colinealidad

Coeficientes ^a												
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	95,0% intervalo de confianza para B		Correlaciones			Estadísticas de colinealidad	
	B	Error estándar				Beta	Límite inferior	Límite superior	Orden cero	Parcial	Parte	Tolerancia
Constante	1,373	,186		7,373	,000	1,004	1,743					
Dominio de Secuencias	1,015	,280	,292	3,629	,000	,460	1,569	,539	,337	,255	,765	1,307
Dominio de Repeticiones	1,474	,326	,354	4,519	,000	,827	2,121	,556	,407	,318	,807	1,240
Dominio de Estructuras de Datos	,802	,220	,279	3,640	,000	,365	1,239	,488	,338	,256	,844	1,185

a. Variable dependiente: total Resolución de Problemas

Finalmente, en la bondad de ajuste del modelo se halló un valor de R^2 ajustado de 0,475, lo que significa que el modelo explica un 47,5% de la varianza (Tabla 6); por otro lado, en el análisis de la varianza (ANOVA) a partir del estadístico de Fisher ($F = 32,994$), se presentó significancia estadística ($p < 0,01$), lo que indica una relación lineal entre la variable dependiente y las tres (3) variables explicativas (Tabla 7); igualmente al determinar el tamaño del efecto del modelo de regresión ($f = 0,8804$) este es un valor muy grande ($f > 0,35$) lo que denota la relevancia empírica del modelo encontrado.

Tabla 6

Resumen del modelo^b de regresión lineal multivariado

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio					Durbin-Watson
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F	
1	,700 ^a	,490	,475	,83777	,490	32,994	3	103	,000	1,678

a. Predictores: (Constante), Dominio de Estructuras de Datos, Dominio de Repeticiones, Dominio de secuencias. b. Variable dependiente: Resolución de Problemas.

Tabla 7

Resumen de ANOVA^a de la variable dependiente Resolución de Problemas

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	69,470	3	23,157	32,994	,000 ^b
	Residuo	72,291	103	,702		
	Total	141,761	106			

a. Variable dependiente: total Resolución de Problemas. b. Predictores: Dominio de Estructuras de Datos, Dominio de Repeticiones, Dominio de Secuencias

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se ofrece la ecuación del modelo:

$$Y = 1,373 + 1,474 X_1 + 1,015 X_2 + 0,802 X_3$$

Y= Puntuación total resolución de problemas
 X₁= Dominio de repeticiones
 X₂= Dominio de secuencias
 X₃= Dominio de estructura de datos

Las variables involucradas en la ecuación del modelo presentan los siguientes rangos (R) de variación posible: para la variable Y (puntaje total de RP) R= 0 - 7; para el caso de las variables regresoras correspondientes a los dominios de pensamiento algorítmico (X₁, X₂, X₃) R=0 – 1; adicionalmente, se realizó una correlación entre las puntuaciones de la variable dependiente (Y) obtenidas en la evaluación del postest y las puntuaciones predichas por el modelo de regresión lineal, como puede apreciarse en la figura 9, el valor predicho presenta un correlación positiva alta (r=0,701) con los con los valores reales de los participantes, relación que además presentó asociación estadísticamente significativa (p<0,01).

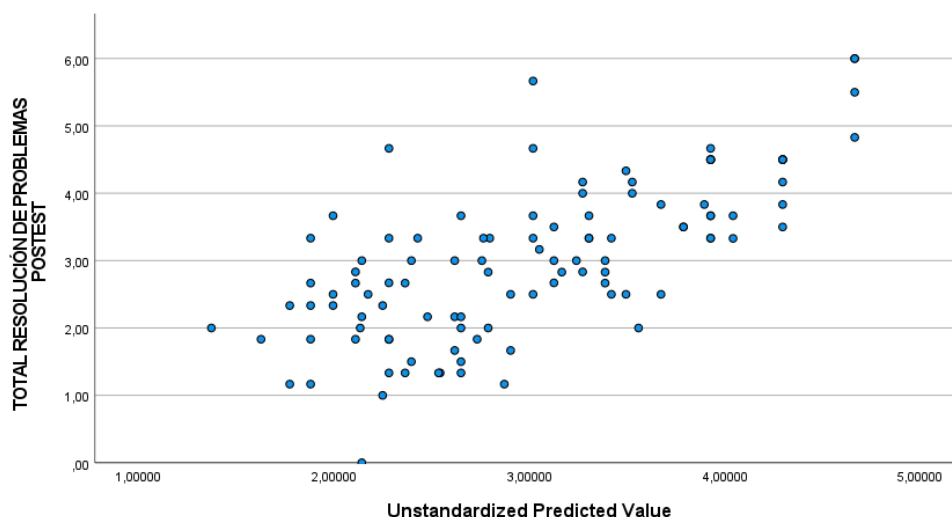


Figura 9. Correlación entre los valores reales y los valores predichos no estandarizados.

5. Discusión

Tal como afirman Stephens y Kadijevich (2020), el pensamiento algorítmico es una estrategia que aporta a la resolución de problemas, supuesto que es apoyado de forma empírica en la ecuación que se propone en la presente investigación. Esto indica que el PA es un tipo de pensamiento que aporta al desarrollo de habilidades de orden superior como lo sugiere J. Lee y Ko (2018) en lo que respecta a la habilidad de resolución de problemas. Por lo tanto, la implementación de actividades basadas en habilidades de pensamiento algorítmico, confieren un grado de efectividad importante de desarrollo de la habilidad de resolución de problemas, considerada como fundamental en el proceso formativo de los estudiantes del presente siglo (Gretter y Yadav, 2016).

Con base en lo anterior, y a partir de la postura de algunos autores que asumen el pensamiento algorítmico como un componente del pensamiento computacional (Dagiené et al., 2017; Rojas-López y García-Peñalvo, 2020; Tonbuloğlu y Tonbuloğlu, 2019) es factible entonces, hacer la proposición de una diferenciación entre ambos tipos de pensamiento, desde las habilidades que les subyacen, que coincidiría en la resolución de problemas. Esto confirma y amplía, aún más, el postulado de Stephens y Kadijevich (2020) cuando sostienen que la resolución de problemas es un punto de encuentro o coincidencia entre el PA y el PC, dado que la presente investigación, con bases empíricas, permite establecer que efectivamente las habilidades de pensamiento algorítmico (descomposición, abstracción y algorítmización) referidas por dichos autores, tienen una efectividad comprobada en la habilidad de resolución de problemas en el contexto educativo escolar, y que dichas habilidades demarcan una importancia didáctica con respecto a las habilidades de pensamiento computacional, para el caso específico de la habilidad de la automatización que podría diferenciar éste último de manera más categórica.

En consecuencia, la implementación de estrategias didácticas basadas en habilidades de pensamiento algorítmico en el contexto de la educación secundaria, prometen la generación de nuevos aprendizajes en matemáticas y en otras asignaturas como lo sugieren algunos investigadores (Grover, 2009; Palma Suárez y Sarmiento Porras, 2015; Nazir et al., 2019). En ese sentido, y con el auge de estudios relacionados con el metaverso en educación, además de una tendencia mayoritaria en las áreas de aplicación de las matemáticas y la enseñanza de la ingeniería (Tlili et al., 2022), sugieren el diseño de otro tipo de ambientes más cercanos a la realidad de los estudiantes, por ejemplo, los espacios virtuales, aquellos derivados de procesos de gamificación y realidad virtual, que podrían servir de campo nuevo para la implementación de habilidades de PA, dado que los usuarios los perciben como benéficos para el aprendizaje activo y visual, la motivación y el deseo de aprender, entre otros (Talan y Kalinkara, 2022) y para el desarrollo de habilidades de pensamiento estratégico y de resolución de problemas, necesarias para el mundo real (Kye et al., 2021). Además, la implementación de dichas estrategias, tanto conectadas como no conectadas, en ambientes cotidianos o en el metaverso, coincidirían con los fines de la estructura curricular de matemáticas en Colombia, dado que los resultados de la presente investigación, aportan una base empírica al desarrollo de la habilidad de resolución de problemas, la cual es propuesta como aspiración y logro máximo de toda la educación básica y media.

6. Conclusiones

El presente estudio ha tratado de abordar la conexión entre el pensamiento algorítmico y las habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación secundaria. Dicha conexión ha sido sustentada teóricamente, como se mencionó inicialmente y en los antecedentes, sin embargo, a partir de los resultados expuestos, es posible afirmar que en el contexto educativo escolar existe una relación empírica entre el PA y las habilidades de RP; por lo tanto, la implementación de propuestas educativas basadas en habilidades de pensamiento algorítmico, como estrategia didáctica, prometen un mejoramiento confiable del desarrollo de habilidades de pensamiento en los estudiantes para la resolución de problemas, en concordancia con las afirmaciones del estudio de Rivadeneira y Toledo (2019). Desde el punto de vista cognitivo, el PA como un tipo de razonamiento (Lockwood et al., 2016; M. Stephens y Kadijevich, 2020) es susceptible de ejercitación intencionada y sistemática si se pretende desarrollar habilidades de pensamiento. Finalmente, los resultados obtenidos han permitido corroborar 3 de las hipótesis del estudio y rechazar una.

La hipótesis 1 (*Existen diferencias estadísticamente significativas en la valoración inicial entre los grupos experimentales y de control*) se rechaza. Antes de la intervención se encontró que los grupos eran homogéneos dado que obtuvieron resultados estadísticamente similares en el pretest.

La hipótesis 2 (*Existen diferencias estadísticamente significativas entre la valoración inicial y final en las habilidades de resolución de problemas en cada uno de los grupos experimentales y de control*) se corrobora. Tanto los grupos experimentales como el grupo control presentaron diferencias estadísticamente significativas entre la valoración inicial y final. Para el caso del grupo control, el cual presentó diferencias estadísticamente significativas entre ambas valoraciones, tuvo una variación negativa debido a que se evidencia una disminución en la evaluación entre el pretest y el postest esto sugiere la importancia de una intervención en habilidades de pensamiento algorítmico para favorecer el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en este grupo, sin desconocer que las condiciones causadas por la CODIV-19 pudieron afectar el desempeño de los estudiantes al final del año escolar en 2021.

La hipótesis 3 (*Existen diferencias estadísticamente significativas en la valoración final entre los grupos experimentales y de control*) se corrobora. Los grupos experimentales presentaron resultados promedio superiores al grupo control en las valoraciones de la variable dependiente de resolución de problemas, lo que indica que la intervención en habilidades de pensamiento algorítmico, a través de los módulos didácticos de descomposición, abstracción y algoritmización, fue efectiva para determinar mejoras en la habilidad de resolución de problemas.

La hipótesis 4 (*El modelo de regresión lineal derivado de la incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico frente a las habilidades de resolución de problemas es estadísticamente significativo*) se corrobora. Los resultados permiten estimar que existe una correlación moderada entre la habilidad de resolución de problemas y el dominio de repeticiones, dominio de secuencias y dominio de estructuras de datos propuestos por Shim (2019) como indicadores del nivel de pensamiento algorítmico en estudiantes

escolares; dichas correlaciones fueron estadísticamente significativas, no así para el caso de dominio de funciones el cual no presentó correlación ni significancia, lo que indica que dicho dominio no incide en la habilidad de resolución de problemas en el contexto de la presente investigación.

Partiendo de los resultados de la presente investigación, es posible afirmar que el pensamiento algorítmico, y las habilidades que le subyacen, tienen una importancia didáctica a considerar en educación escolar, no sólo en matemáticas sino en otras asignaturas, en lo referente a la resolución de problemas, esto con base en la ecuación del modelo que predice el nivel de incidencia de las habilidades de pensamiento algorítmico: $Y = 1,373 + 1,474 X_1 + 1,015 X_2 + 0,802 X_3$. Esta ecuación indica una relación lineal entre la variable dependiente y las variables explicativas (dominio de repeticiones, secuenciales y de estructura de datos) con una bondad de ajuste del 47,5% (R^2), lo cual comprueba que efectivamente el pensamiento algorítmico es una estrategia que aporta a la resolución de problemas como se ha afirmado teóricamente en otros estudios.

Se ha de tener en cuenta, no obstante, que las conclusiones presentadas en este estudio deben interpretarse teniendo en cuenta dos limitaciones. Primera, con respecto al tamaño de la muestra ($n=107$), aunque es estadísticamente considerable, se sugiere en futuras investigaciones aumentar la cantidad de participantes y lograr una distribución de participantes más equitativa en los grupos comparados, con el fin de comparar el modelo de ecuación que se propone y comprobar la efectividad del mismo. En segundo lugar, el contexto colombiano tiene variables particulares que pueden no darse en otros contextos educativos, aún más, cuando la intervención didáctica se implementó en condiciones de pandemia; esto puede invitar a futuras investigaciones que realicen la implementación de intervenciones similares en contextos diferentes y en condiciones regulares de prestación del servicio educativo.

Presentación del artículo: 17 de octubre de 2022

Fecha de aprobación: 17 de enero de 2023

Fecha de publicación: 31 de enero de 2023

Pinzón-Pérez D.F., Román-González, M. y González-Palacio, E.V. (2022). El pensamiento algorítmico como estrategia didáctica para el desarrollo de habilidades de resolución de problemas en el contexto de la educación básica secundaria. <i>RED. Revista de Educación a Distancia</i> , 23(73). http://dx.doi.org/10.6018/red.542111

Financiación

Este trabajo no ha recibido ninguna subvención específica de los organismos de financiación en los sectores públicos, comerciales o sin fines de lucro.

Referencias

- Alanoca, J. (2016). Pensamiento Algorítmico en la Matemática de la Enseñanza Básica. *Revista Investigación y Tecnología*, 4, 01.
- 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 comprensiva. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.413021>
- Barry, D. M., Kanematsu, H., Fukumura, Y., Ogawa, N., Okuda, A., Taguchi, R., & Nagai, H. (2009). International comparison for problem based learning in metaverse. *The ICEE and ICEER*, 6066.
- Dagienė, V., Sentance, S., & Stupurienė, 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>
- Figueiredo, M., Amante, S., Gomes, H., Azevedo Gomes, M. C., Rego, B., Alves, V., & Duarte, R. P. (2021). *Algorithmic Thinking in Early Childhood Education*. 9339-9348. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2021.1885>
- 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.
- George Reyes, C. E. (2020). Percepción de estudiantes de bachillerato sobre el uso de Metaverse en experiencias de aprendizaje de realidad aumentada en matemáticas. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 58, 143-159. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.74367>
- 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. (2009, noviembre). Computer Science Is Not Just for Big Kids. *Learning & Leading with Technology*, 37(3), 27-29.
- 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>
- 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>

- Iyer, S. (2019). Teaching-Learning of Computational Thinking in K-12 Schools in India. En *Computational Thinking Education* (pp. 363-382). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_20
- Jonassen, D. H. (2004). *Learning to solve problems: An instructional design guide*. Pfeiffer.
- Kanematsu, H., Kobayashi, T., Ogawa, N., Fukumura, Y., Barry, D. M., & Nagai, H. (2012). Nuclear Energy Safety Project in Metaverse. En T. Watanabe, J. Watada, N. Takahashi, R. J. Howlett, & L. C. Jain (Eds.), *Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Services* (pp. 411-418). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29934-6_39
- Kong, S.-C. (2019). Learning Composite and Prime Numbers Through Developing an App: An Example of Computational Thinking Development Through Primary Mathematics Learning. En *Computational Thinking Education* (pp. 145-166). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7_9
- Kožuh, I., Krajnc, R., Hadjileontiadis, L. J., & Debevc, M. (2018). Assessment of problem solving ability in novice programmers. *PLOS ONE*, 13(9), e0201919. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201919>
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: Possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- Lee, J., & Ko, E. (2018). The Effect of Software Education on Middle School Students' Computational Thinking. *소프트웨어 교육이 중학생의 컴퓨팅 사고력에 미치는 효과*. 한국콘텐츠학회논문지, 18(12), 238-250. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2018.18.12.238>
- Lockwood, E., DeJarnette, A. F., Asay, A., & Thomas, M. (2016). Algorithmic Thinking: An Initial Characterization of Computational Thinking in Mathematics. En *North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. <https://eric.ed.gov/?id=ED583797>
- Low, C. S., & Chew, C. M. (2020). Pre-University Students' Perceptual Flexibility with Mathematical Elements. *Mathematics Enthusiast*, 17(1), 200-238.
- MEN. (2007). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas—Ministerio de Educación Nacional de Colombia*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-116042.html>
- MEN, M. de E. N. (1998). *Lineamientos curriculares Matemáticas*. Ministerio de Educación Nacional. http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-89869_archivo_pdf9.pdf
- MEN, M. de E. N. (2021, junio 18). *Ministerio de Educación emite orientaciones para el regreso seguro a la prestación del servicio educativo de manera presencial en todos los establecimientos educativos oficiales y privados*. <https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/405610:Ministerio-de-Educacion-emite-orientaciones-para-el-regreso-seguro-a-la-prestacion-del-servicio->

educativo-de-manera-presencial-en-todos-los-establecimientos-educativos-oficiales-y-privados

- MINTIC. (2021, junio 16). *Nueva oportunidad para aprender pensamiento computacional: Karen Abudinen, ministra TIC, lanzó segunda convocatoria para docentes*. MINTIC Colombia 2020. <http://www.mintic.gov.co/portal/715/w3-article-176629.html>
- Mumcu, H. Y., & Yıldız, S. (2018). The Investigation of Algorithmic Thinking Skills of Fifth and Sixth Graders at a Theoretical Dimension. *MATDER Journal of Mathematics Education*, 3(1), 41-48.
- Nazir, F. binti, Jano, Z., & Omar, N. (2019). Algorithm as a Problem Solving Technique for Teaching and Learning of the Malay Language. *e-BANGI Journal*, 16(7), 1-12.
- 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.
- Park, S.-M., & Kim, Y.-G. (2022). A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges. *IEEE Access*, 10, 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Pinzón Pérez, D. F., & González Palacio, E. V. (2022). 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. *Estudios Pedagógicos*, 48(2), 415-433. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052022000200415>
- Plerou, A. (2016). Algorithmic Thinking and Mathematical Learning Difficulties Classification. *American Journal of Applied Psychology*, 5(5), 22. <https://doi.org/10.11648/j.ajap.20160505.11>
- Polit, D. F., Hungler, B. P., Palacios Martínez, R., & Féher de la Torre, G. (2007). *Investigación científica en Ciencias de la Salud: Principios y métodos, sexta edición*. McGraw-Hill Interamericana.
- Rivadeneira, D. X. R., & Toledo, J. A. J. (2019). Incorporación del pensamiento algorítmico en la formación contable. *Avances Investigación en Ingeniería*, 16(2), Art. 2. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.5445>
- 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
- 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>
- 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
- Stephens, W. (2018). *Developing Algorithmic Thinking in the Primary and Junior Secondary Years*. 2. /scholarlywork/1331882-developing-algorithmic-thinking-in-the-primary-and-junior-secondary-years
- Talan, T., & Kalinkara, Y. (2022). Students' Opinions about the Educational Use of the Metaverse. *International Journal of Technology in Education and Science*, 6(2), 333-346.
- Tili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, H., Denden, M., Bozkurt, A., Lee, L.-H., Beyoglu, D., Altinay, F., Sharma, R. C., Altinay, Z., Li, Z., Liu, J., Ahmad, F., Hu, Y., Salha, S., ... Burgos, D. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: A combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>
- Tonbuluđlu, B., & Tonbuluđlu, 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>
- Zsakó, L., & Szlávi, P. (2012). ICT Competences: Algorithmic Thinking. *Acta Didactica Napocensia*, 5(2), 49-58.