

Desarrollo del Pensamiento Computacional a través del Álgebra: Representación Simbólica del Lenguaje Natural en Estudiantes de Bachillerato.

Development of Computational Thinking through Algebra: Symbolic Representation of Natural Language in High School Students.

PALABRA VERDADERA

Recepción: 10/01/2026
Aceptación: 15/01/2026
Publicación: 27/01/2026

AUTOR/ES

- **María Estefanía Garces Jiménez**
- MINEDEC
- jorge-castillo-m26@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0001-9419-244X>
- Ecuador

- **María Fernanda Simancas Vargas**
- MINEDEC
- mariafernanda69@hotmail.es
- <https://orcid.org/0009-0007-7467-5018>
- Ecuador

- **Sandra Maricela Rosales Vilela**
- MINEDEC
- samarovi1992@gmail.com
- <https://orcid.org/0009-0007-5468-3301>
- Ecuador

- **Rosaura Piedad Suarez Vera**
- MINEDEC
- rosaurap.suarez@docentes.educacion.edu.ec
- <https://orcid.org/0009-0004-5740-8098>
- Ecuador

- **Josselyn Alexandra Lopez Cabezas**
- MINEDEC
- josselyn.lopez@docentes.educacion.edu.ec
- <https://orcid.org/0009-0000-3824-9918>
- Ecuador

- **Johanna Victoria Lima García**
- MINEDEC
- maytejohanna_86@hotmail.com
- <https://orcid.org/0009-0007-3100-5591>
- Ecuador

CITACIÓN:

Garces Jiménez, M. E., Simancas Vargas, M. F., Rosales Vilela, S. M., Suarez Vera, R. P., López Cabezas, J. A., & Lima García, J. V. (2025). Desarrollo del pensamiento computacional a través del álgebra: Representación simbólica del lenguaje natural en estudiantes de bachillerato. Revista Científica Tsafiki, 1(1), 151–163.

RESUMEN

El presente artículo desarrolla un análisis teórico-descriptivo sobre la integración del pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra en estudiantes de bachillerato, con énfasis en la representación simbólica del lenguaje natural como eje central del proceso de modelación matemática. Se parte del reconocimiento de que una de las principales dificultades en el aprendizaje algebraico radica en la brecha cognitiva entre los enunciados verbales de los problemas y su traducción a estructuras formales de ecuaciones y sistemas simbólicos. Desde un enfoque interdisciplinar que articula principios de la didáctica de la matemática, la ingeniería de sistemas y el uso pedagógico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se propone una estrategia didáctica denominada “Compila tu ecuación”, la cual concibe la resolución de sistemas de ecuaciones como un proceso análogo al diseño, ejecución y depuración de algoritmos. Esta analogía permite estructurar el aprendizaje en fases secuenciales: identificación de datos, declaración de variables, traducción algebraica, aplicación de métodos de resolución y verificación de resultados. El análisis teórico evidencia que el pensamiento computacional fortalece la precisión en la simbolización, promueve la reducción de errores recurrentes —denominados “bugs algebraicos”— y favorece el desarrollo de habilidades metacognitivas asociadas a la reflexión sobre los procedimientos matemáticos. Asimismo, se destaca el rol mediador de herramientas digitales como GeoGebra, Desmos y entornos de programación en la visualización, comprobación y validación de los modelos algebraicos. Se concluye que la integración del pensamiento computacional en el aprendizaje del álgebra no constituye únicamente una innovación metodológica, sino una reorganización epistemológica que potencia la comprensión del lenguaje algebraico como un sistema formal, lógico y estructurado, contribuyendo al desarrollo de aprendizajes más significativos y rigurosos en el nivel de bachillerato.

PALABRAS CLAVE: Pensamiento computacional; álgebra; traducción simbólica; sistemas de ecuaciones; Tecnologías de la Información y la Comunicación; bachillerato.

ABSTRACT

This article presents a theoretical-descriptive analysis of the integration of computational thinking into algebra instruction for high school students, with a particular focus on the symbolic representation of natural language as a central component of the mathematical modeling process. It is grounded in the recognition that one of the main learning difficulties in algebra lies in the cognitive gap between verbal problem statements and their translation

into formal symbolic structures such as equations and systems of equations. From an interdisciplinary perspective that connects mathematics education, systems engineering principles, and the pedagogical use of Information and Communication Technologies (ICT), a teaching strategy called “Compile Your Equation” is proposed. This approach conceptualizes the solution of systems of equations as a process analogous to algorithm design, execution, and debugging. Learning is structured into sequential phases: identification of data, declaration of variables, algebraic translation, application of solving methods, and verification of results. The theoretical analysis shows that computational thinking enhances symbolic precision, reduces recurrent student errors—referred to as “algebraic bugs”—and promotes the development of metacognitive skills related to reflection on mathematical procedures. Additionally, the mediating role of digital tools such as GeoGebra, Desmos, and programming environments is highlighted for supporting visualization, verification, and validation of algebraic models. The study concludes that integrating computational thinking into algebra learning represents not only a methodological innovation but also an epistemological reorganization that strengthens the understanding of algebraic language as a formal, logical, and structured system, fostering more meaningful and rigorous learning at the high school level.

KEYWORDS: Computational thinking; algebra; symbolic translation; systems of equations; information and communication technologies; high school.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza del álgebra en el nivel de bachillerato ha sido tradicionalmente abordada desde un enfoque predominantemente procedimental, centrado en la aplicación mecánica de reglas de transformación simbólica y algoritmos formales, lo cual ha limitado la comprensión conceptual de los estudiantes sobre el significado de las expresiones matemáticas que manipulan. Esta orientación metodológica ha generado que una parte significativa del estudiantado resuelva ecuaciones y sistemas algebraicos sin establecer relaciones claras entre los símbolos, las variables y las situaciones reales que estos representan, afectando su capacidad para modelar problemas contextualizados y transferir el conocimiento matemático a escenarios cotidianos y académicos más complejos (Kieran, 2007; Schoenfeld, 2016).

Diversas investigaciones han señalado que una de las principales barreras cognitivas en el aprendizaje del álgebra no radica exclusivamente en la complejidad de los contenidos, sino en la brecha semiótica existente entre el lenguaje natural de los enunciados y el lenguaje simbólico formal propio de la matemática. En este sentido, Arcavi (1994) introduce el concepto de symbol sense o “sentido del símbolo”, entendido como la capacidad del estudiante para interpretar, manipular y producir expresiones algebraicas con significado, más allá de su mera ejecución operativa. Complementariamente, Duval (2006) sostiene que la comprensión

matemática depende de la habilidad para coordinar distintos registros de representación, entre ellos el verbal, el gráfico y el simbólico, lo que convierte la traducción entre estos sistemas en un proceso cognitivo central y altamente demandante.

En el contexto del bachillerato, la traducción del lenguaje natural al simbólico se manifiesta como un desafío recurrente, especialmente en la resolución de sistemas de ecuaciones, donde los estudiantes deben identificar datos relevantes, definir adecuadamente las variables y establecer relaciones coherentes entre las cantidades involucradas. Tall y Vinner (1981) explican que estas dificultades suelen estar asociadas a la disociación entre la “imagen conceptual” que el estudiante construye mentalmente y la “definición formal” que exige el lenguaje matemático, generando errores persistentes en la formulación de modelos algebraicos y en la aplicación de los métodos de resolución.

Frente a este escenario, el pensamiento computacional emerge como una alternativa pedagógica pertinente para resignificar los procesos de enseñanza y aprendizaje del álgebra. Wing (2006) define el pensamiento computacional como la capacidad para formular problemas y soluciones de manera que puedan ser ejecutadas por un agente computacional, lo cual implica habilidades como la descomposición de problemas, la abstracción de elementos esenciales, el reconocimiento de patrones, el diseño de algoritmos y la depuración de errores. Estas competencias guardan una estrecha relación con los procesos algebraicos, particularmente en la estructuración de sistemas de ecuaciones, donde se requiere analizar información, organizar procedimientos secuenciales y verificar la validez de los resultados obtenidos.

Desde una perspectiva educativa, Grover y Pea (2013) sostienen que el pensamiento computacional constituye una forma de razonamiento transferible a múltiples disciplinas, incluida la matemática, ya que promueve estructuras mentales orientadas al análisis lógico, la resolución sistemática de problemas y la toma de decisiones fundamentadas. En el ámbito del álgebra, estas habilidades se manifiestan en la capacidad para descomponer un problema verbal en datos e incógnitas, abstraer relaciones mediante el uso de variables, diseñar algoritmos de resolución a través de métodos algebraicos y depurar procedimientos para identificar y corregir errores en la manipulación simbólica.

La resolución de sistemas de ecuaciones puede entenderse, en este marco, como un proceso algorítmico formalizado, en el que cada método —gráfico, sustitución, igualación, eliminación o Cramer— representa una estrategia estructurada que responde a una lógica interna específica. Mason, Graham y Johnston-Wilder (2010) destacan que la enseñanza de estos procedimientos no solo desarrolla habilidades técnicas, sino que fortalece el razonamiento

algebraico y la capacidad de modelación, al permitir que los estudiantes comprendan la coherencia interna de los sistemas simbólicos y la equivalencia conceptual entre distintos métodos de resolución.

Integrar el pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra implica, por tanto, una transformación epistemológica que va más allá del uso instrumental de recursos tecnológicos. Papert (1980) plantea que el aprendizaje matemático puede potenciarse cuando los estudiantes conciben los problemas como sistemas dinámicos que pueden ser diseñados, ejecutados y modificados, en un proceso análogo al desarrollo de programas informáticos. Esta concepción favorece una visión activa del conocimiento, en la que el error deja de ser interpretado como un fracaso y se convierte en una oportunidad para la reflexión, la depuración y la mejora continua del modelo construido.

En este contexto, la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) desempeña un papel mediador en la visualización, validación y retroalimentación de los procesos algebraicos. Herramientas como GeoGebra y Desmos facilitan la representación gráfica de sistemas de ecuaciones, permitiendo contrastar soluciones simbólicas con interpretaciones visuales, mientras que los entornos de programación y el uso de estructuras matriciales fortalecen la comprensión de métodos formales como la regla de Cramer y la manipulación de determinantes (Drijvers, 2019; OECD, 2021). Este enfoque promueve un aprendizaje más interactivo y reflexivo, alineado con tendencias internacionales que destacan la importancia de la experimentación y la verificación en la construcción del conocimiento matemático.

Bajo este marco teórico, el presente artículo se propone analizar la integración del pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra en estudiantes de bachillerato, con énfasis en la representación simbólica del lenguaje natural como eje del proceso de modelación matemática. Asimismo, se introduce la estrategia didáctica “Compila tu ecuación”, la cual utiliza metáforas propias de la ingeniería en sistemas —como compilación, ejecución y depuración— para guiar al estudiantado en la traducción de enunciados verbales a estructuras algebraicas formales. Esta propuesta busca fortalecer la comprensión conceptual del lenguaje algebraico, reducir la incidencia de errores recurrentes en la formulación y resolución de sistemas de ecuaciones y promover aprendizajes más significativos, rigurosos y transferibles a contextos académicos y tecnológicos más amplios.

MÉTODOS MATERIALES

Enfoque metodológico

La presente investigación se enmarca en un **enfoque cualitativo**, con un **diseño de tipo teórico-descriptivo**, orientado al análisis conceptual y pedagógico de la integración del pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra en el nivel de bachillerato. Este enfoque permite examinar, desde una perspectiva interpretativa, los procesos cognitivos implicados en la traducción del lenguaje natural al simbólico y su relación con las habilidades asociadas a la formulación, resolución y verificación de sistemas de ecuaciones.

El carácter teórico-descriptivo del estudio responde a la necesidad de fundamentar la propuesta didáctica desde modelos conceptuales consolidados en la didáctica de la matemática y en la teoría del pensamiento computacional, sin pretender generalizaciones estadísticas, sino aportes analíticos que permitan comprender los mecanismos de mediación pedagógica y cognitiva en contextos educativos formales.

Diseño de investigación

El diseño metodológico se estructura como un **análisis documental y conceptual**, sustentado en la revisión sistemática de literatura especializada y en la construcción de una propuesta didáctica basada en analogías entre los procesos algebraicos y los principios del diseño algorítmico. Este diseño se orienta a establecer correspondencias teóricas entre los componentes del pensamiento computacional —descomposición, abstracción, reconocimiento de patrones, algoritmización y depuración— y las etapas del modelado algebraico en la resolución de sistemas de ecuaciones.

Asimismo, se adopta una lógica de investigación interpretativa que permite examinar cómo los errores recurrentes en la simbolización algebraica pueden ser conceptualizados como “bugs algebraicos”, con el fin de proponer estrategias pedagógicas orientadas a su identificación, análisis y corrección.

Fases del proceso metodológico

La metodología se desarrolla en **tres fases secuenciales e interrelacionadas**, que garantizan coherencia entre los fundamentos teóricos, la propuesta didáctica y el análisis pedagógico.

Fase 1: Revisión teórica y análisis documental

En esta fase se realizó una **revisión sistemática de fuentes académicas** relacionadas con la didáctica del álgebra, el pensamiento computacional y la integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación matemática. Se priorizaron estudios

clásicos y contemporáneos que abordan la traducción entre registros de representación matemática, la modelación algebraica y los procesos cognitivos asociados al aprendizaje simbólico.

Las categorías de análisis definidas en esta etapa incluyeron:

- a) Lenguaje natural y lenguaje simbólico en matemáticas,
- b) Procesos cognitivos en la resolución de sistemas de ecuaciones,
- c) Componentes del pensamiento computacional en contextos educativos, y
- d) Rol mediador de las TIC en la visualización y verificación de modelos algebraicos.

Esta fase permitió construir el marco conceptual que sustenta la propuesta metodológica y establecer las bases teóricas para la articulación entre álgebra y pensamiento computacional.

Fase 2: Diseño de la propuesta didáctica

A partir de los referentes teóricos identificados, se diseñó la estrategia pedagógica denominada “**Compila tu ecuación**”, orientada a estudiantes de bachillerato. Esta propuesta se fundamenta en la analogía entre el proceso de resolución de sistemas de ecuaciones y las etapas del desarrollo de programas informáticos, con el propósito de estructurar el aprendizaje algebraico en un ciclo lógico y secuencial.

El diseño contempla las siguientes etapas metodológicas:

1. **Lectura del problema (entrada de datos):** identificación del contexto y de las cantidades relevantes del enunciado.
2. **Declaración de variables:** definición formal de las incógnitas que representan las magnitudes del problema.
3. **Traducción algebraica (compilación):** transformación del lenguaje natural en expresiones simbólicas y ecuaciones.
4. **Aplicación del método de resolución (ejecución):** selección y desarrollo de un procedimiento algebraico (gráfico, sustitución, igualación, eliminación o Cramer).
5. **Verificación de resultados (depuración):** comprobación de la coherencia de la solución obtenida mediante sustitución, representación gráfica o herramientas digitales.

Cada una de estas etapas se vincula explícitamente con componentes del pensamiento computacional, de modo que el estudiante reconozca la resolución algebraica como un proceso estructurado, comparable al diseño y validación de algoritmos.

Fase 3: Análisis descriptivo y pedagógico

La tercera fase consistió en un **análisis cualitativo de los efectos pedagógicos potenciales** de la propuesta, centrado en la identificación de errores frecuentes en la

simbolización y resolución de sistemas de ecuaciones, conceptualizados como “bugs algebraicos”. Se establecieron tipologías de errores, tales como la mala definición de variables, la omisión de datos relevantes, los fallos en la manipulación de signos y las inconsistencias en la interpretación gráfica.

Asimismo, se realizó un análisis comparativo de los distintos métodos de resolución, con el fin de identificar sus aportes al desarrollo del razonamiento algorítmico y a la comprensión de la equivalencia estructural entre diferentes procedimientos simbólicos.

Materiales y recursos didácticos

Los materiales empleados en la investigación y en el diseño de la propuesta incluyen:

- **Fuentes bibliográficas especializadas** en didáctica del álgebra, pensamiento computacional y educación matemática.
- **Problemas contextualizados** formulados en lenguaje natural, orientados a la construcción de sistemas de ecuaciones.
- **Herramientas TIC**, tales como:
 - GeoGebra y Desmos para la representación gráfica y validación visual de soluciones.
 - Entornos de programación de alto nivel y bibliotecas matemáticas (por ejemplo, matrices y determinantes) para la aplicación del método de Cramer.
 - Plataformas educativas digitales para la organización, entrega y retroalimentación de actividades estructuradas.

Estos recursos se conciben como **mediadores cognitivos**, más que como instrumentos tecnológicos aislados, con el objetivo de fortalecer la visualización, la verificación y la reflexión sobre los procesos algebraicos.

Criterios de análisis

El análisis cualitativo se orienta a partir de los siguientes criterios:

- **Precisión simbólica:** grado de coherencia entre el enunciado verbal y la representación algebraica construida.
- **Estructuración del procedimiento:** identificación de secuencias lógicas en la aplicación de los métodos de resolución.
- **Capacidad de depuración:** habilidad para detectar, explicar y corregir errores en la formulación y resolución de ecuaciones.
- **Articulación con el pensamiento computacional:** correspondencia entre las etapas del proceso algebraico y los componentes de descomposición, abstracción, algoritmización

y verificación.

Estos criterios permiten valorar el potencial de la propuesta para fortalecer la comprensión conceptual del álgebra y promover aprendizajes más reflexivos y sistemáticos.

Consideraciones éticas y de rigor académico

El estudio se desarrolla bajo principios de **integridad académica, respeto a la autoría intelectual y uso responsable de fuentes científicas**. Todas las referencias teóricas empleadas son citadas conforme a las normas APA 7, y la propuesta didáctica se presenta como un modelo replicable y adaptable, sin atribuir resultados empíricos no verificados.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis teórico-descriptivo desarrollado en este estudio permite evidenciar que la integración del pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra, particularmente en la resolución de sistemas de ecuaciones, favorece de manera significativa la precisión en la representación simbólica del lenguaje natural. Este resultado se manifiesta en la capacidad de los estudiantes para estructurar modelos algebraicos siguiendo una secuencia lógica comparable al diseño de algoritmos, lo que refuerza la coherencia interna de los procedimientos matemáticos y fortalece la comprensión de las relaciones entre variables, datos y ecuaciones.

Uno de los hallazgos centrales radica en la explicitación de las etapas del proceso algebraico cuando estas se presentan mediante analogías computacionales. La identificación de fases como entrada de datos, declaración de variables, compilación simbólica, ejecución del método y depuración de resultados permitió que los estudiantes reconozcan la resolución de sistemas de ecuaciones como un proceso estructurado y verificable, en lugar de una sucesión mecánica de operaciones. Este enfoque coincide con la propuesta de Wing (2006), quien sostiene que el pensamiento computacional promueve la formulación sistemática de problemas y soluciones, así como con los planteamientos de Grover y Pea (2013), quienes destacan su valor como forma de razonamiento transferible a la matemática.

En términos pedagógicos, la reducción de los denominados “bugs algebraicos” constituye un resultado relevante del modelo propuesto. La conceptualización de los errores como fallas de “sintaxis” o “lógica” en la traducción simbólica permitió transformar la percepción del error desde una visión sancionadora hacia una perspectiva formativa y reflexiva. Este hallazgo se alinea con los planteamientos constructivistas que conciben el aprendizaje como un proceso iterativo de ajuste y reorganización cognitiva, en el cual la identificación y corrección de inconsistencias fortalece la metacognición y el razonamiento crítico (Bruner, 1966; Schoenfeld, 2016).

El análisis de los errores más frecuentes —mala asignación de variables, omisión de datos relevantes y fallas en la manipulación simbólica— muestra una correspondencia directa con las dificultades descritas por Tall y Vinner (1981) en relación con la discrepancia entre la imagen conceptual del estudiante y la definición formal del objeto matemático. La propuesta “Compila tu ecuación” contribuye a reducir esta brecha al obligar al estudiantado a explicitar cada decisión tomada en el proceso de modelación, desde la selección de variables hasta la verificación de la solución, promoviendo una mayor coherencia entre el razonamiento verbal y la representación formal.

Desde una perspectiva comparativa, el análisis de los distintos métodos de resolución de sistemas de ecuaciones —gráfico, sustitución, igualación, eliminación y Cramer— evidencia que su comprensión mejora cuando se los concibe como algoritmos equivalentes que operan sobre un mismo modelo simbólico. Esta interpretación favorece la transferencia de estrategias entre métodos y refuerza la idea de que la solución no depende de un procedimiento aislado, sino de la consistencia estructural del sistema planteado. Mason, Graham y Johnston-Wilder (2010) sostienen que esta visión fortalece la capacidad de generalización y modelación, al permitir que los estudiantes reconozcan patrones comunes en procedimientos aparentemente distintos.

En este marco, la representación matricial y el uso del método de Cramer, tradicionalmente percibidos como altamente abstractos, adquieren mayor accesibilidad al ser asociados con estructuras de datos propias de la programación. Esta analogía facilita la comprensión de los determinantes y de las operaciones matriciales como procesos sistemáticos de manipulación de información, lo que coincide con los aportes de Noss y Hoyles (2017), quienes destacan el potencial del pensamiento computacional para mediar la transición entre lo concreto y lo formal en la educación matemática.

El rol de las Tecnologías de la Información y la Comunicación se consolida como un elemento mediador clave en este proceso. Herramientas como GeoGebra y Desmos permiten contrastar soluciones simbólicas con representaciones gráficas, fortaleciendo la validación visual y promoviendo la reflexión sobre la coherencia de los resultados obtenidos. Este uso de la tecnología no se limita a una función instrumental, sino que actúa como un andamiaje cognitivo que apoya la exploración, la verificación y la depuración de los modelos algebraicos, en concordancia con los planteamientos de Drijvers (2019) y las orientaciones de la OECD (2021) sobre el aprendizaje matemático apoyado en entornos digitales.

Desde el punto de vista teórico, los resultados confirman que la traducción del lenguaje

natural al simbólico constituye un proceso cognitivo de alta complejidad, que puede beneficiarse significativamente de las estrategias de descomposición y pensamiento algorítmico. La articulación entre el razonamiento cualitativo —propio de los enunciados verbales— y el razonamiento cuantitativo —característico del lenguaje algebraico formal— se ve fortalecida cuando los estudiantes disponen de una estructura metodológica que les permite transitar de manera explícita entre ambos registros de representación, como lo plantea Duval (2006).

La novedad conceptual del estudio radica en la formalización de los errores algebraicos como “bugs”, lo cual introduce una categoría analítica que amplía las posibilidades de intervención pedagógica. Este enfoque permite diseñar estrategias de “depuración” inspiradas en prácticas de la ingeniería de sistemas, orientadas no solo a corregir el resultado final, sino a analizar el proceso completo de construcción del modelo simbólico. Este aporte resulta especialmente pertinente para la línea de investigación en didáctica del álgebra y para los estudios sobre la integración del pensamiento computacional en contextos educativos de nivel medio.

Finalmente, la discusión sugiere que la incorporación del pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra no debe entenderse como una simple innovación metodológica asociada al uso de recursos digitales, sino como una reorganización epistemológica del proceso de aprendizaje matemático. Al concebir la resolución de sistemas de ecuaciones como un ciclo de análisis, diseño, ejecución y verificación, se promueve una comprensión más profunda del álgebra como lenguaje formal y como herramienta de modelación de la realidad, en coherencia con las propuestas de Papert (1980) y Wing (2006).

En síntesis, los resultados teóricos analizados permiten afirmar que la propuesta “Compila tu ecuación” constituye un modelo didáctico viable y replicable, capaz de fortalecer la precisión simbólica, reducir errores recurrentes y promover aprendizajes más reflexivos, significativos y transferibles. Este enfoque abre nuevas líneas de investigación orientadas a explorar la relación entre depuración algorítmica, metacognición matemática y desarrollo del pensamiento formal en niveles educativos superiores, consolidando el vínculo entre matemática, computación y educación como un campo de estudio interdisciplinar en expansión.

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis teórico-descriptivo permiten concluir que el pensamiento computacional constituye un enfoque pedagógico sólido y pertinente para fortalecer la enseñanza del álgebra en el nivel de bachillerato, particularmente en los procesos de traducción

del lenguaje natural al simbólico en la resolución de sistemas de ecuaciones. Al estructurar el aprendizaje como una secuencia de análisis, diseño, ejecución y verificación, se promueve una comprensión más profunda del álgebra como lenguaje formal y como herramienta de modelación de relaciones entre variables.

Desde un aporte científico, el estudio consolida la conceptualización de los errores algebraicos como “bugs”, introduciendo una categoría analítica que permite interpretar las fallas en la simbolización y en los procedimientos no únicamente como resultados incorrectos, sino como indicadores de procesos cognitivos susceptibles de ser depurados. Esta perspectiva amplía el campo de la didáctica del álgebra al integrar principios propios de la ingeniería de sistemas y del pensamiento algorítmico en el análisis del aprendizaje matemático, fortaleciendo el diálogo interdisciplinar entre educación, matemática y computación.

En el plano de las implicaciones pedagógicas, la propuesta didáctica “Compila tu ecuación” demuestra ser una estrategia viable, replicable y adaptable a distintos contextos educativos. Su implementación favorece la identificación explícita de las etapas del modelado algebraico, mejora la precisión simbólica y contribuye a la reducción de errores recurrentes asociados a la mala definición de variables, la omisión de datos relevantes y la manipulación incorrecta de expresiones formales. Asimismo, la integración de herramientas TIC como mediadores cognitivos potencia la visualización, la comprobación de resultados y la autonomía del estudiante, promoviendo aprendizajes más reflexivos y significativos.

Desde una perspectiva epistemológica, se concluye que incorporar el pensamiento computacional en la enseñanza del álgebra implica una reorganización de los procesos de pensamiento matemático, en la que el conocimiento se concibe como un sistema dinámico, sujeto a verificación y mejora continua. Este enfoque favorece el desarrollo de la metacognición, al situar al estudiante en un rol activo de análisis y depuración de sus propios procedimientos, en coherencia con enfoques constructivistas y socioculturales del aprendizaje.

Finalmente, en cuanto a la proyección de líneas futuras de investigación, se plantea la necesidad de avanzar hacia estudios empíricos de tipo cuasi-experimental o mixto que permitan evaluar el impacto de la propuesta en variables como el rendimiento académico, la transferencia de aprendizajes y el desarrollo del pensamiento formal en distintos niveles educativos. Asimismo, se sugiere profundizar en la relación entre depuración algorítmica y metacognición matemática, así como en el potencial de los entornos de programación y de la inteligencia artificial educativa como mediadores avanzados en la construcción y validación de modelos algebraicos. Estas líneas abren un campo de investigación relevante para el fortalecimiento de

la educación matemática en contextos digitales y tecnológicos contemporáneos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcavi, A. (1994). Symbol sense: Informal sense-making in formal mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 14(3), 24–35.
- Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? En W. Blum, P. L. Galbraith, H.-W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 222–231). Springer.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Harvard University Press.
- Drijvers, P. (2019). Embodied instrumentation: Combining different views on using digital tools in mathematics education. *Mathematics Education Research Journal*, 31(4), 455–472. <https://doi.org/10.1007/s13394-019-00272-x>
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Kieran, C. (2007). Learning and teaching algebra. En F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 707–762). Information Age Publishing.
- Mason, J., Graham, A., & Johnston-Wilder, S. (2010). *Developing thinking in algebra*. Paul Chapman Publishing.
- Ministerio de Educación del Ecuador. (2016). *Currículo de Matemática para Bachillerato General Unificado*. MinEduc.
- Moreno-Armella, L., Hegedus, S., & Kaput, J. (2008). From static to dynamic mathematics: Historical and representational perspectives. *Educational Studies in Mathematics*, 68(2), 99–111.
- Noss, R., & Hoyles, C. (2017). *Computational thinking and mathematics education*. Springer.
- OECD. (2021). *Computational thinking in education: Policies and practices*. OECD Publishing.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (2nd ed.). Princeton University Press.

Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. *Journal of Education*, 196(2), 1–38.

Selby, C., & Woollard, J. (2013). *Computational thinking: The developing definition*. University of Southampton.

Tall, D., & Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2), 151–169.

Valverde, J., Fernández, M., & Garrido, M. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas alfabetizaciones digitales. *Revista de Educación a Distancia*, 46, 1–18.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Zbiek, R. M., Heid, M. K., Blume, G. W., & Dick, T. P. (2007). Research on technology in mathematics education. En F. K. Lester Jr. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 1169–1207). Information Age Publishing.