

Matemáticas, Educación y Sociedad

ISSN: 2603-9982

Matemáticas, Educación y Sociedad

**<http://mesjournal.es/>
editor@mesjournal.es**



Vol 8 No 1 (2025) Matemáticas, Educación y Sociedad

Tendencias en la integración de las TIC en la Educación Matemática iberoamericana: un análisis bibliométrico de los descriptores utilizados

Yefferzon Perea-Valero y Astrid Cuida

1-14

Análisis bibliométrico de las tendencias y perspectivas de la programación educativa para la promoción de STEM en Educación Primaria

Zalma Moreno-Galeano, Danna Merlano-Ortega y Laura Peña-Garzón

15-36

Sentido estructural en la reproducción algebraica de estructuras numéricas

Elías Pérez-Peña, Félix Vega-Domínguez y Danellys Vega-Castro

37-52



ISSN: 2603-9982

Perea-Valero, Y. y Cuida, A. (2025). Tendencias en la integración de las TIC en la Educación Matemática iberoamericana: un análisis bibliométrico de los descriptores utilizados. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 8(1), 1-14

TENDENCIAS EN LA INTEGRACIÓN DE LAS TIC EN LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA IBEROAMERICANA: UN ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LOS DESCRIPTORES UTILIZADOS

Yefferzon Perea-Valero, Colegio José Joaquín Flórez Hernández, Colombia

Astrid Cuida, Universidad de Valladolid, España

Resumen

El presente estudio examina las tendencias en la integración de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación matemática en Iberoamérica mediante un análisis bibliométrico de los descriptores utilizados en publicaciones indexadas en Scopus. A partir de la recopilación y filtrado de documentos mediante el método PRISMA, se identificaron 127 artículos publicados entre 2000 y 2023, los cuales fueron categorizados en seis áreas temáticas clave. Los resultados muestran un crecimiento sostenido en la producción científica a partir de 2016, con un aumento notable desde 2020, lo que sugiere un impacto significativo de la pandemia en la digitalización del aprendizaje. Además, los términos más recurrentes en la investigación incluyen mathematics education, ICT, e-learning y educational technology. Este estudio aporta una visión integral sobre el estado actual de la investigación en el área TIC y matemáticas.

Palabras clave: matemáticas, TIC, educación matemática, bibliometría, aprendizaje digital.

Trends in the Integration of ICTs in Ibero-American Mathematics Education: A Bibliometric Analysis of the Descriptors Used

Abstract

This study examines trends in the integration of information and communication technologies (ICT) in mathematics education in Ibero-America through a bibliometric analysis of the descriptors used in publications indexed in Scopus. Based on the collection and filtering of documents using the PRISMA method, 127 articles published between 2000 and 2023 were identified and categorized

into six key thematic areas. The results show a sustained growth in scientific production from 2016 onwards, with a notable increase from 2020, suggesting a significant impact of the pandemic on the digitization of learning. In addition, the most recurrent terms in the research include mathematics education, ICT, e-learning and educational technology. This study provides a comprehensive overview of the current state of research in the area ICT and.

Keywords: *mathematics, ICT, mathematics education, bibliometrics, digital learning.*

TIC Y EDUCACIÓN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la educación abarcan las herramientas y los recursos digitales que facilitan los procesos de enseñanza y aprendizaje en diversos contextos educativos ya que proporcionan herramientas que enriquecen la experiencia educativa, facilitando una mejor colaboración y comunicación entre estudiantes, docentes y padres de familia (Perea-Valero et al., 2024).

Con la rápida evolución de la tecnología, las TIC se han convertido en un elemento fundamental para mejorar las metodologías educativas, en particular en materias como las matemáticas, donde promueven experiencias de aprendizaje interactivas y mejoran la participación de los estudiantes. Esta integración de la tecnología no solo enriquece el proceso de aprendizaje, sino que también prepara a los estudiantes para un futuro impulsado por la tecnología, dotándolos de habilidades esenciales como la alfabetización digital y la capacidad de resolución de problemas (Hilkemeijer, 2024).

El impacto de las TIC en la educación se extiende más allá de la mera capacitación tecnológica; pone énfasis en el uso eficaz de herramientas para fomentar una comprensión más profunda y el pensamiento crítico entre los estudiantes. Por ejemplo, en matemáticas la integración de aplicaciones de software y recursos digitales permite a los estudiantes visualizar conceptos matemáticos, realizar cálculos complejos y acceder a grandes cantidades de información, lo que en última instancia conduce a mejores resultados y logros de aprendizaje (Aggarwal, & Bal, 2020; Capuno, et al, 2019).

Además, las investigaciones indican que, cuando se utilizan adecuadamente, las TIC pueden mejorar significativamente las habilidades de resolución de problemas y la comprensión de ideas abstractas de los estudiantes, transformando así el panorama educativo (Gamit, 2023).

Sin embargo, la integración de las TIC en la educación no está exenta de desafíos. Entre los principales obstáculos se incluyen el acceso inadecuado a la tecnología, la formación insuficiente de los educadores y la falta de los recursos necesarios para una aplicación eficaz. Estos desafíos pueden impedir la plena realización del potencial de las TIC para mejorar las experiencias educativas, en particular en entornos con pocos recursos (Torres-Gastelú, & Kiss, 2016; Rana & Rana, 2020).

Además, la dependencia de metodologías de enseñanza tradicionales puede limitar la eficacia de la integración de las TIC, lo que lleva a perder oportunidades de involucrar a los estudiantes de maneras significativas (Aggarwal, & Bal, 2020).

A medida que el campo de la educación continúa evolucionando, la dirección futura de las TIC en las matemáticas y en contextos educativos más amplios sigue centrándose en superar estos desafíos, fomentar la innovación y adaptar las metodologías de enseñanza para satisfacer mejor las necesidades de los diversos estudiantes (Martínez-Roa, et al., 2024). Los esfuerzos de investigación y desarrollo en curso tienen como objetivo identificar las mejores prácticas, crear infraestructuras de apoyo y aprovechar las tecnologías emergentes para mejorar la experiencia educativa de todos los estudiantes.

Contrariamente a la idea errónea común de que la educación basada en las TIC se centra principalmente en la enseñanza de habilidades informáticas, en realidad pone énfasis en el uso de la tecnología como herramienta para mejorar los resultados de aprendizaje, especialmente en materias como las matemáticas (Hilkemeijer, 2024).

EDUCACIÓN MATEMÁTICA Y TIC

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se han convertido en un elemento fundamental para mejorar la enseñanza de las matemáticas, ya que proporcionan herramientas innovadoras que respaldan los procesos de enseñanza y aprendizaje. La integración de las TIC en las aulas de matemáticas permite a los estudiantes realizar cálculos, visualizar problemas y acceder a una gran cantidad de recursos en línea, lo que hace que la experiencia de aprendizaje sea más atractiva e interactiva (Aggarwal, & Bal, 2020). Las herramientas tradicionales, como los retroproyectores, han evolucionado hasta convertirse en tecnologías modernas, como ordenadores portátiles, aplicaciones de software y plataformas digitales que facilitan una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos. De tal forma que recursos como computadoras personales, software de aplicación (por ejemplo, Excel, MS Word) y bibliotecas digitales permiten a los estudiantes interactuar activamente con conceptos matemáticos. Además, el uso de elementos multimedia e interactivos en las lecciones ayuda a visualizar ideas matemáticas abstractas, fomentando una comprensión más profunda del tema (Körtési et al., 2022).

La incorporación de herramientas TIC también fomenta en los estudiantes habilidades esenciales del siglo XXI, como la alfabetización digital, la resolución de problemas y la adaptabilidad. La interacción con la tecnología prepara a los estudiantes para un futuro impulsado por la tecnología, lo que les permite desarrollar la creatividad y las habilidades de comunicación que son vitales en la sociedad contemporánea (Cirneanu, & Moldoveanu, 2024).

La integración de las TIC en la enseñanza de las matemáticas tiene un impacto significativo en las expectativas de aprendizaje. Las herramientas digitales pueden facilitar la exploración de conceptos matemáticos y promover habilidades de pensamiento de orden superior al brindar experiencias de aprendizaje interactivas y multimodales. Este enfoque dual enriquece el proceso de aprendizaje y se alinea con los objetivos educativos contemporáneos que enfatizan el pensamiento crítico y las habilidades de resolución de problemas (Jablonka, 2020). Esto incluye comprender los conocimientos previos, las capacidades y los estilos de aprendizaje preferidos de los alumnos. Por ejemplo, el uso de ayudas visuales, como objetos físicos durante la enseñanza de las matemáticas, puede mejorar en gran medida la comprensión de los alumnos que se benefician de ejemplos tangibles. Por el contrario, no reconocer estas diferencias puede llevar a estrategias de enseñanza ineficaces que no logran involucrar ni apoyar a los estudiantes (Gonçalves & Rodrigues, 2023).

Las TIC ofrecen un apoyo sustancial para la enseñanza de las matemáticas, permitiendo a los educadores visualizar conceptos matemáticos e involucrar a los estudiantes de manera más efectiva (Muhtadi et al. 2017). Por otra parte, los cursos de desarrollo profesional dirigidos a profesores de matemáticas están diseñados para desarrollar las habilidades necesarias para integrar las TIC en sus aulas, garantizando que puedan utilizar estas herramientas para promover las habilidades del siglo XXI entre sus estudiantes (Gamit, 2023). Sin embargo, aún existen desafíos en términos de infraestructura y costos que deben abordarse para maximizar los beneficios de las TIC en los entornos educativos (Pepin, et al., 2017).

Al aprovechar estos recursos y estrategias, los educadores pueden crear experiencias de aprendizaje impactantes que no solo involucren a los estudiantes, sino que también fomenten las habilidades necesarias para su éxito futuro en un mundo cada vez más digital (Chao et al., 2016).

Algunos estudios sobre el uso de herramientas TIC en la enseñanza de las matemáticas han revelado seis barreras principales que impiden una integración efectiva (Gamit, 2023; Roberts, 2023):

Limitaciones de tiempo: A menudo, en el calendario escolar falta tiempo para proyectos que involucran TIC, lo que dificulta que los docentes incorporen estas herramientas en sus clases.

1. *Capacitación insuficiente de los docentes:* muchos docentes no cuentan con oportunidades de capacitación adecuadas para implementar proyectos de TIC, lo que limita su capacidad para utilizar la tecnología de manera efectiva en el aula.
2. *Soporte técnico inadecuado:* Las escuelas pueden carecer del soporte técnico necesario para ayudar a los docentes a integrar las TIC en sus prácticas de enseñanza.
3. *Conocimiento limitado:* la falta de conocimiento sobre cómo integrar las TIC para mejorar el currículo agrava aún más el problema.
4. *Desafíos de integración:* Los docentes a menudo enfrentan dificultades para integrar y utilizar múltiples herramientas de TIC dentro de una sola lección, lo que puede generar confusión e ineficiencia.
5. *Disponibilidad de recursos:* Muchos estudiantes no tienen acceso a los materiales educativos necesarios en casa, lo que restringe su capacidad de participar plenamente en el aprendizaje basado en las TIC.

Son frecuentes los estudios bibliométricos de revistas en relación con la investigación educativa (Huang y otros, 2020; Diem y Wolter, 2013; Maz-Machado y otros, 2022). Esto ha generado que se hayan realizado algunos estudios bibliométricos sobre la educación matemática y las TIC. Kaya & Kutluca (2024) analizaron 341 artículos científicos publicados sobre e-learning en educación matemática (EM) indexados en la base de datos Web of Science (WoS) escritos por 1018 autores que representaban a 79 países entre 2012 y 2022. Entre sus conclusiones indican que la cooperación entre los autores se mantenía en un nivel limitado. Asimismo, sobre las palabras clave y los títulos de tendencia en el aprendizaje electrónico en EM, se determinó que ciertas palabras clave son dominantes en años específicos. Se estableció que palabras de investigación actuales como «rendimiento académico», «gamificación», «meta-análisis», «diseño», «impacto» y «sistema» se prefieren con mayor frecuencia, especialmente a medida que se acercaban a fechas más la actuales. De acuerdo con estos cambios, se está produciendo una transformación de las estructuras formales y conceptuales a una fase orientada a la tecnología y las habilidades.

Zabidi et al. (2024) analizaron la tendencia de la implantación de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas en la base de datos Scopus mediante un análisis bibliométrico. Utilizando palabras clave predeterminadas, los investigadores analizaron 251 documentos mediante RStudio y Vosviewer. Hallaron que el patrón de crecimiento en la investigación sobre el uso de la tecnología en la educación matemática durante el período 1977 a 2024. Este patrón cambió significativamente en los últimos 15 años, de 2009 a 2024, lo que equivale a cuatro veces la cifra anterior, o el 66,13% del total.

Con estos antecedentes hemos considerado pertinente realizar un estudio similar sobre las publicaciones sobre TIC en educación matemática en Iberoamérica indexada en Scopus pero centrada en los descriptores utilizados por los autores.

MATERIALES Y MÉTODO

El propósito de esta investigación es examinar las tendencias en la integración de la tecnología en la educación matemática en los países iberoamericanos, identificando las principales áreas temáticas a través del análisis de los términos clave empleados. Muchos países de la región enfrentan problemas de acceso a la educación, desigualdades económicas y falta de infraestructura tecnológica en las escuelas. La educación matemática es un pilar fundamental en la formación científica y tecnológica de los países, y la incorporación de herramientas digitales tiene el potencial de mejorar significativamente la calidad del aprendizaje. Por lo tanto, el análisis de la integración de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas en Iberoamérica es particularmente relevante debido a las características y desafíos específicos de la región. Entre otros aspectos porque mientras que en Europa existen marcos regulatorios más consolidados, en Iberoamérica los enfoques de enseñanza matemática con tecnología son dispares y dependen de cada país.

Para ello, se emplea la bibliometría, un método de análisis cuantitativo que permite evaluar la producción científica en función de su volumen, calidad e impacto en la comunidad académica (Melero et al., 2024). El análisis de términos clave en la literatura científica permite comprender la evolución y prioridades de la investigación en la región además de ayudar a visualizar qué tecnologías y enfoques tienen mayor impacto y aceptación en la educación matemática iberoamericana.

Para la selección de documentos en la base de datos Scopus, los investigadores aplicaron el método PRISMA (Haddaway et al., 2022) (Figura 1), lo que les permitió filtrar resultados irrelevantes y asegurar la precisión y objetividad en la recopilación de información. A través de este enfoque, la investigación busca proporcionar una visión integral sobre los avances y tendencias en la incorporación de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas, sustentada en un análisis bibliométrico riguroso y estructurado.

En el mes de junio de 2024 se consultó la página web de SCOPUS. Inicialmente se realizó una búsqueda utilizando los descriptors utilizados por Perea-Valero et al. (2024) : “Digital Media” OR “Digital Literacy” OR “Digital Inclusion” OR “E-learning” OR “Online learning” OR “Educational Technologies” OR “Adaptive Technology” OR “Digital Citizenship” OR “Digital Ethics” OR “ICT” OR “MOODLE” OR “digital education platform” OR “Online learning” OR “MOOCs” OR “E-learning” OR “Educational software” OR “Web 2.0” OR “Videoconference” OR “Emerging Technologies” OR “Educational Simulators” OR “Educational Social Networks” OR “Educative Social Networks” OR “Open Educational Resources” OR “Virtual Reality” OR “Educational Platforms” OR “Educat* Multimedia” OR “M-learning” OR “Inclusion Digital” OR “Digital Assessment” OR “Digital Content” OR “Digital Competence” OR “Virtual Classrooms” en los años 2000 a 2023.

Esta búsqueda arrojó 505619 registros. Luego, se filtró por los campos “Social Sciences” y “Article” y por cada uno de los 22 países de Iberoamérica. Esto recogió un total de 10510 registros.

Posteriormente se buscó en las palabras clave de cada registro la aparición del término “Math*” para garantizar que en efecto todos los artículos que se analizaran correspondían con temas de matemáticas. Esto arrojó como resultado 127 artículos que constituirán la muestra de estudio.

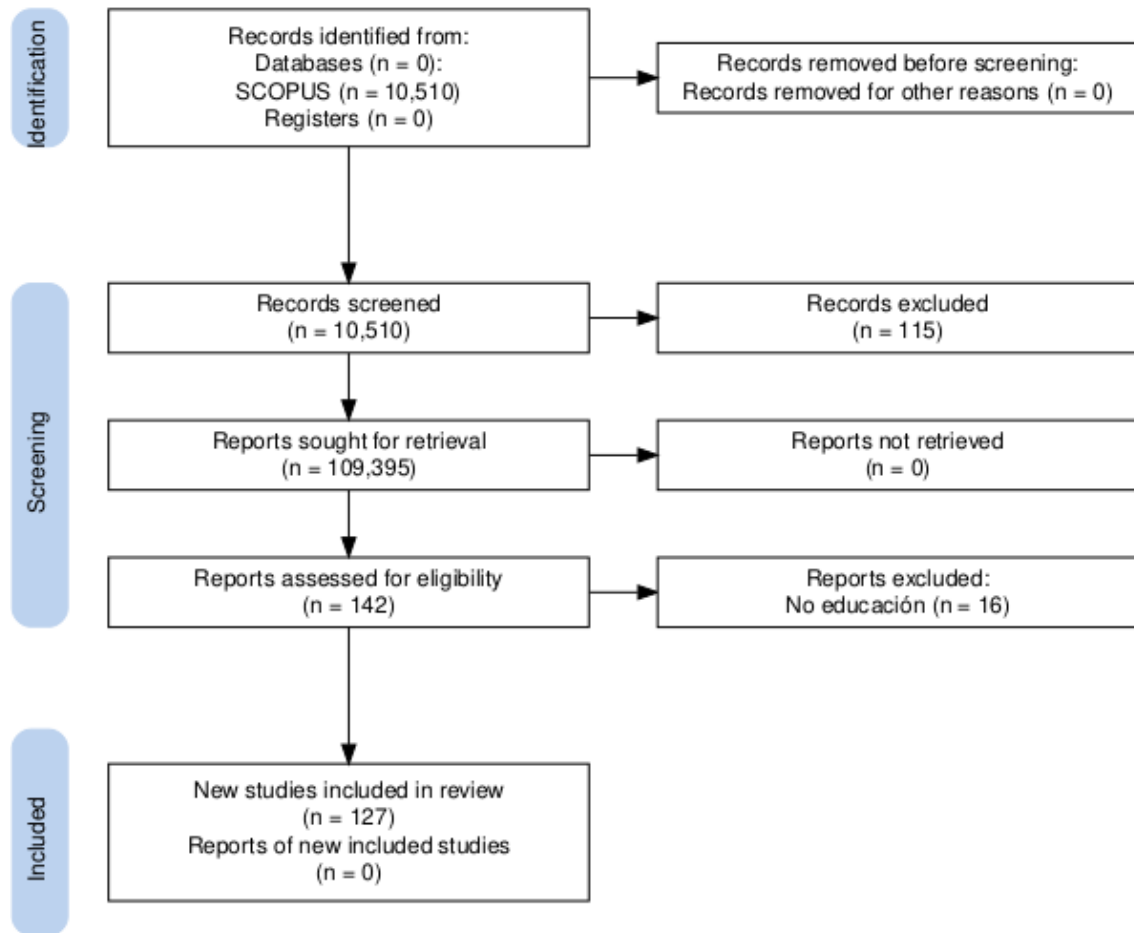


Figura 1. Diagrama de Flujo en modelo PRISMA

RESULTADOS

El análisis de los 127 documentos indexados revela que un incremento sostenido en la cantidad de publicaciones desde el año 2004 hasta 2023. A partir de 2016, la cantidad de documentos publicados comienza a crecer de manera más acelerada. Se observa que en los últimos tres años (2021-2023) se registra el mayor volumen de publicaciones, con un crecimiento muy pronunciado en 2022 y 2023.

Se observa un salto muy grande en publicaciones a partir de 2020 (ver Figura 2), lo que podría estar relacionado con la expansión del uso de tecnologías digitales en la educación durante la pandemia de COVID-19. Por otra parte, se evidencia que el estudio de las TIC en matemáticas se ha convertido en un área de investigación consolidada dentro de la comunidad académica iberoamericana.

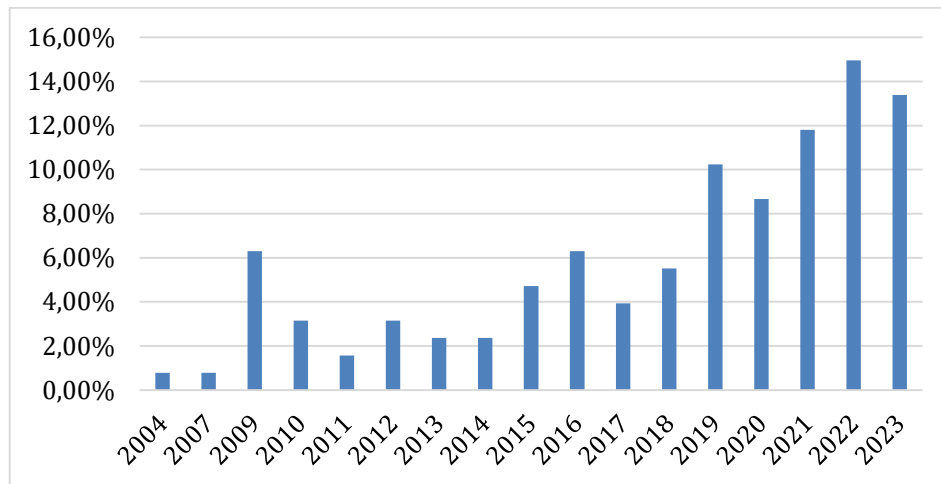


Figura 2. Producción diacrónica en TIC y Matemáticas en Iberoamérica

Esta producción científica de artículos fue publicada en 81 revistas diferentes. Al utilizar la ecuaciones de Leimkuhler (1967) y Egghe (1986):

$$R(r) = a \cdot \ln(1 + br); \quad a = \frac{y_0}{\ln k}; \quad b = \frac{k-1}{r_0}$$

para determinar las zonas Bradford se obtuvieron los resultados de la tabla 1.

Tabla 1. Zonas Bradford de producción científica

Zonas	Revistas	Documentos	K
Núcleo	11	40	--
Zona 1	26	43	2,36
Zona 2	44	44	1,69
Total	81	127	

Las revistas que conforman el núcleo Bradford y que publican el 31,49% de los artículos son:

Tabla 2. Revistas del núcleo Bradford.

Revista	Total	% de 127 documentos
<i>Education Sciences</i>	8	6,30%
<i>Bolema - Mathematics Education Bulletin</i>	7	5,51%
<i>Acta Scientiae</i>	4	3,15%
<i>Revista Latinoamericana de Investigacion en Matematica Educativa</i>	4	3,15%
<i>Computer Applications in Engineering Education</i>	3	2,36%
<i>Electronic Journal of Research in Educational Psychology</i>	3	2,36%
<i>International Journal for Technology in Mathematics Education</i>	3	2,36%
<i>Bordon. Revista de Pedagogia</i>	2	1,57%
<i>Psychology, Society and Education</i>	2	1,57%
<i>ZDM - Mathematics Education</i>	2	1,57%

Descriptores

Al centrar la atención en los descriptores de cada artículo, se obtuvieron 417 diferentes. Los más utilizados son *Mathematics*, *mathematics education* e *ICT* (Tabla 3)

Tabla 3. *Descriptores más utilizados*

Descriptores	Total	% de 127 documentos
Mathematics	45	35,43%
mathematics education	26	20,47%
ICT	20	15,75%
e-learning	13	10,24%
online learning	10	7,87%
Higher education	8	6,30%
educational technology	8	6,30%
COVID-19	7	5,51%
primary education	7	5,51%
Secondary education	7	5,51%
educational software	6	4,72%
Learning	6	4,72%
TPACK	4	3,15%
Teachers	4	3,15%
gamification	4	3,15%
Mathematics teaching	4	3,15%
Distance learning	3	2,36%
Competencies	3	2,36%
engineering	3	2,36%
digital technology	3	2,36%
Educational technologies	3	2,36%
geometry	3	2,36%
mathematical problem solving	3	2,36%
Augmented reality	3	2,36%
Statistics	3	2,36%
artificial intelligence	3	2,36%
Mathematical Education	3	2,36%
attitudes	3	2,36%
Educational innovation	3	2,36%

Al representar la red de relaciones que conforman los descriptores (Figura 3) se observa que los términos *Mathematics Education*, *Mathematics* y *ICT* aparecen en el centro del mapa, con mayor tamaño y densidad de conexiones. Refleja que la mayor parte de las investigaciones sobre TIC en educación matemática giran en torno a la integración de la tecnología en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Existen conexiones notables entre *Mathematics Education* y los términos *Primary Education* y *Secondary Education* lo que sugiere que la mayoría de los estudios sobre tecnología en matemáticas se centran en la educación básica y media.

E-learning y *Distance Learning* tienen conexiones significativas con *ICT* y *Mathematics Education*, esto es un indicio de que un tema clave en la investigación es la enseñanza de matemáticas a través de las plataformas digitales y los entornos virtuales.

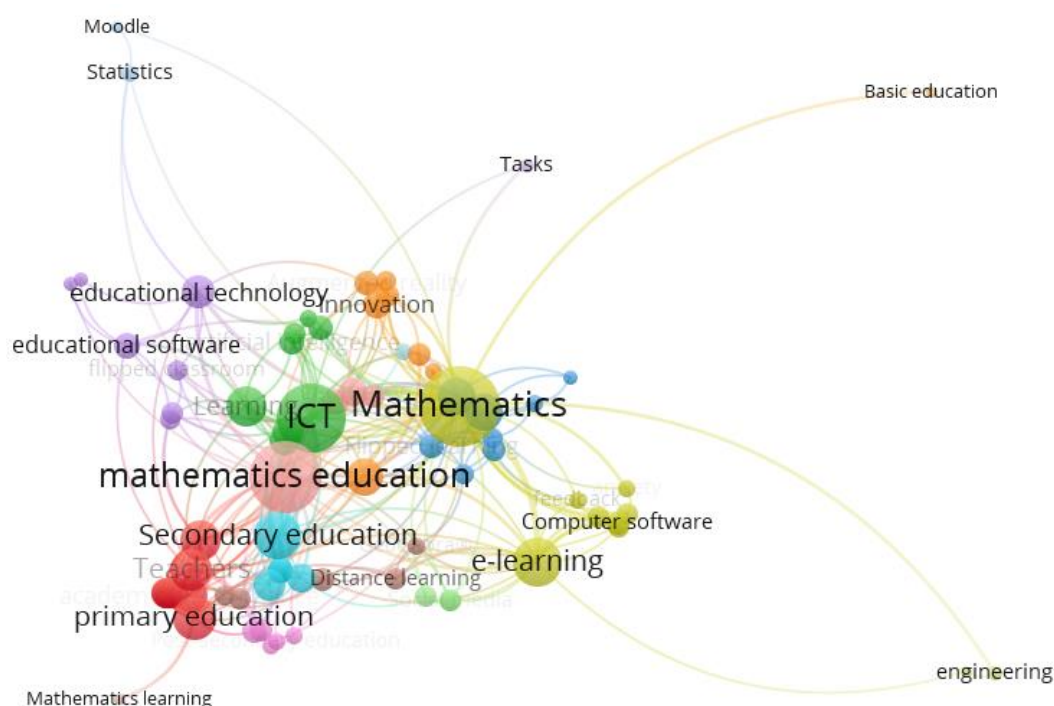


Figura 3. Mapa de la red de descriptores

Estos descriptores de TIC y matemáticas en la producción de artículos de matemática iberoamericana se han agrupado en seis grandes categorías:

1. *Matemáticas y Educación Matemática*: Esta categoría abarca todos los aspectos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en distintos niveles educativos, desde la educación básica hasta la universitaria. Permite comprender cómo se estructura y se desarrolla la enseñanza de las matemáticas en diferentes entornos educativos. Incluye términos como Didáctica de la matemática, Resolución de problemas matemáticos, Currículo de matemáticas, Competencias matemáticas, Historia de la educación matemática, etc.
2. *Tecnología y Herramientas Digitales*: En esta categoría se incluyen todas aquellas herramientas y recursos tecnológicos utilizados en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Analizan cómo la tecnología está transformando la manera en que se enseñan y aprenden las matemáticas, facilitando la personalización del aprendizaje y el acceso a recursos innovadores. Engloba términos como, por ejemplo, TIC en educación matemática, Plataformas de aprendizaje en línea, E-learning y aprendizaje móvil, Software matemático, Realidad aumentada y virtual en educación matemática, etc.

3. *Metodologías y Enfoques Educativos*: Aquí se agrupan los enfoques pedagógicos y metodologías aplicadas en la enseñanza de las matemáticas. Examinan cómo las distintas metodologías y enfoques pueden mejorar la enseñanza de las matemáticas y adaptarse a las necesidades de los estudiantes. Algunos de los términos relevantes incluyen son Aprendizaje basado en problemas (ABP), Enfoque constructivista, Gamificación en matemáticas, Aprendizaje colaborativo, Aprendizaje activo y flipped classroom entre otros.

4. *Evaluación y Análisis Educativo*: Esta categoría se enfoca en la evaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje en matemáticas, así como en el análisis de la literatura científica sobre el tema. Estos descriptores permiten comprender cómo se mide el impacto de las estrategias educativas y la tecnología en el aprendizaje matemático, proporcionando datos para la toma de decisiones en educación. La categoría incluye aspectos como son Evaluación del aprendizaje en matemáticas, Análisis bibliométrico, Impacto de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas, Indicadores de calidad educativa, Estudios de caso y meta-análisis en educación matemática, etc.

5. *Cognición y Desarrollo del Pensamiento Matemático*: Esta categoría incluye términos relacionados con los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje de las matemáticas. Abarca el estudio del pensamiento matemático, la forma en que los estudiantes comprenden y procesan conceptos matemáticos, y los factores que influyen en su desarrollo cognitivo. Ayudan a comprender cómo los estudiantes adquieren habilidades matemáticas y cómo los docentes pueden adaptar sus estrategias para optimizar el aprendizaje. Algunos temas dentro de esta categoría incluyen Razonamiento matemático, Pensamiento lógico y abstracto, Neurociencia y aprendizaje matemático, Errores y dificultades en matemáticas, Desarrollo conceptual y numérico y Metacognición en matemáticas.

6. *Políticas y Contextos Educativos en Matemáticas*: Esta categoría abarca términos relacionados con el entorno en el que se desarrolla la educación matemática, incluyendo políticas gubernamentales, planes de estudio, acceso a la educación y equidad en la enseñanza de las matemáticas. Se enfoca en los factores sociales, institucionales y normativos que influyen en la enseñanza de esta disciplina. Estos descriptores son importantes para entender los desafíos y oportunidades que enfrenta la educación matemática en distintos contextos, así como para diseñar estrategias que mejoren su enseñanza a nivel global. Algunos de los aspectos más relevantes incluyen Políticas educativas en matemáticas, Currículo y estándares en educación matemática, Equidad y acceso a la educación matemática, Inclusión en la enseñanza de las matemáticas, Comparaciones internacionales en educación matemática, Formación y desarrollo profesional docente.

Finalmente habría otra categoría no definida en la que se incluyen todos aquellos descriptores que se pueden adscribir a algunas de las anteriores, pero sería tan diversa que no podría establecerse características comunes entre ellos.

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico ha permitido identificar tendencias, brechas y oportunidades en la investigación sobre TIC y matemáticas, proporcionando información valiosa para futuras iniciativas académicas.

La producción científica sobre TIC en educación matemática ha experimentado un crecimiento sostenido, con un incremento significativo a partir de 2016 y una aceleración

notable entre 2020 y 2023, probablemente impulsada por la pandemia y la necesidad de educación digital.

Los términos más utilizados en los artículos revisados (*mathematics education*, *ICT*, *e-learning*, *educational technology*) reflejan que la mayor parte de la investigación se centra en la integración de herramientas digitales en la enseñanza de matemáticas, con un fuerte enfoque en educación primaria y secundaria. Esto señala que es crucial invertir en estrategias que refuercen la enseñanza matemática en estos niveles. No debemos olvidar que el formar bases sólidas en matemáticas en edades tempranas facilitará la transición a niveles más avanzados y reducirá la tasa de deserción en carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Se identificaron términos como *gamification*, *augmented reality* y *artificial intelligence*, lo que indica que la investigación está explorando nuevas estrategias para mejorar la enseñanza de matemáticas a través de metodologías innovadoras. Por otra parte, El descriptor *COVID-19* aparece de manera significativa, lo que evidencia que la pandemia impulsó un cambio en los modelos educativos y aceleró la digitalización del aprendizaje matemático.

La predominancia de estos temas en la producción científica demuestra que la educación matemática mediada por tecnología es un campo en consolidación dentro de Iberoamérica. Sin embargo, el énfasis en niveles educativos básicos, el creciente interés en herramientas digitales avanzadas y la influencia de la pandemia en la digitalización educativa reflejan que aún hay áreas por desarrollar, especialmente en políticas de integración tecnológica y formación docente en TIC.

Por otra parte, se hace necesario fortalecer los estudios sobre cómo las TIC impactan en la comprensión matemática, la motivación estudiantil y el rendimiento académico. Para ello se requieren nuevas métricas y metodologías para evaluar con precisión los beneficios de la digitalización en la enseñanza matemática.

Finalmente queremos señalar algunas de las limitaciones de este estudio. En primer lugar, se basó únicamente en documentos indexados en la base de datos Scopus, lo que excluye otras fuentes de información relevantes, como *Web of Science*, *Google Scholar* o bases de datos especializadas en educación matemática y TIC. Es posible que estudios importantes publicados en revistas de acceso abierto o en congresos no estén representados, limitando la diversidad de enfoques y hallazgos en la investigación. Además, aunque el estudio se centra en Iberoamérica en su conjunto, no se realiza un análisis diferenciado por país, lo que impide observar diferencias en la implementación de TIC en matemáticas en cada contexto nacional. Estos resultados deben complementarse con investigaciones que analicen la implementación y el impacto real de estas tecnologías en el aula para tener una imagen más global.

REFERENCIAS

- Aggarwal, M., & Bal, S. (2020). Tools of ICT for learning and teaching mathematics. *Journal of mechanics of continua and mathematical sciences*, 15(4), 1-12.
- Capuno, R., Revalde, H., Etcuban, J.O., Aventuna, M., Medion, G., & Demetrio, R.A.. (2019). Facilitating learning mathematics through the use of instructional media. *International Electronic Journal OF Mathematics Education*, 14(13), 677- 79. <https://doi.org/10.29333/iejme/5785>

- Chao, T., Chen, J., Star, J. R., & Dede, C. (2016). Using digital resources for motivation and engagement in learning mathematics: Reflections from teachers and students. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 2(3), 253-277.
- Cirneanu, A. L., & Moldoveanu, C. E. (2024). Use of digital technology in integrated mathematics education. *Applied System Innovation*, 7(4), 66.
- Diem, A., & Wolter, S. C. (2013). The use of bibliometrics to measure research performance in education sciences. *Research in Higher Education*, 54(1), 86-114.
- Egghe, L. (1986). The dual of Bradford's law. *Journal of the American Society for Information Science*, 37(4), 246-255.
- Gonçalves, R. A., & Rodrigues, S. J. (2023). Error in the Technological Resources Used for Mathematics Education. *Modern Sciences Journal*, 12(2).
- Haddaway N. R., Page M. J., Pritchard C. C., and McGuinness L. A., (2022). PRISMA2020: an R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and open synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Hilkemeijer, M. (13 de septiembre, 2024). Why you need to integrate ICT in meaningful learning today? <https://www.ictesolutions.com.au/blog/why-you-need-to-integrate-ict-in-meaningful-learning-today/>
- Huang, C., Yang, C., Wang, S., Wu, W., Su, J., & Liang, C. (2020). Evolution of topics in education research: A systematic review using bibliometric analysis. *Educational Review*, 72(3), 281-297.
- Jablonka, E. (2020). Critical thinking in mathematics education. *Encyclopedia of mathematics education*, 159-163.
- Kaya, D., & Kutluca, T. (2024). E-learning in mathematics education: A bibliometric analysis (2012-2022). *Turkish Online Journal of Distance Education*, 25(1), 213-246
- Körtesi, P., Simonka, Z., Szabo, Z. K., Guncaga, J., & Neag, R. (2022). Challenging examples of the wise use of computer tools for the sustainability of knowledge and developing active and innovative methods in STEAM and mathematics education. *Sustainability*, 14(20), 12991.
- Gamit, A. M. (2023). ICT integration in elementary school for mathematics subject. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(2), 432-465.
- Leimkuhler, F. F. (1967). The bradford distribution. *Journal of documentation*, 23(3), 197-207.
- Martínez-Roa, H., Gutiérrez-Arenas, M. P. y Rodríguez-Baiget, M.J. (2024). La investigación sobre e-learning en Educación matemática. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 7(3), 1-12.
- Maz-Machado, A., Gutiérrez-Rubio, D., Madrid. M. J., & Pedrosa-Jesús, C. (2022). A Look at Doctoral Theses in Mathematics Education at Andalusian Universities (2010-2020) from a Gender Perspective. *TEM Journal*, 11(3), 1007-1012. <https://doi.org/10.18421/TEM113-03>
- Melero-Bolaños, J. C., Maz-Machado, A., León-Mantero, C. M., & Rodríguez-Baiget, M. J. (2024). Spanish Doctoral Dissertations on the Properties of Materials in Engineering. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(6), pp. 69–

81. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i6.46797>
- Muhtadi, D., Kartasasmita, B. G., & Prahmana, R. C. I. (2017). The Integration of technology in teaching mathematics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 943, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM*, 49, 645-661.
- Perea-Valero, Y., Cuida, A., & Salgado-Horta, D. (2024). Dissemination of ICT Research in Ibero-America: An Approach to Trends in Education. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18(9), e08568. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n9-156>.
- Rana, K., & Rana, K. (2020). ICT Integration in Teaching and Learning Activities in Higher Education: A Case Study of Nepal's Teacher Education. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 8(1), 36-47. <http://doi.org/10.17220/mojet.2020.01.003>
- Roberts, L. N. (2023). Mainstreaming ADDIE Methodology in ICT Integration Lesson Planning and Delivery. In *The Impact and Importance of Instructional Design in the Educational Landscape* (pp. 62-90). IGI Global.
- Torres-Gastelú, C. A., & Kiss, G. (2016). Perceptions of Students towards ICT Competencies at the University. *Informatics in Education*, 15(2), 319-338. <http://doi.org/10.15388/infedu.2016.16>
- Zabidi, M. A. N. B., Bakti, A. A., Sultan, J., Ayuni, R. T., & Arriza, L. (2024). Trends in implementation of technology use in mathematics education on SCOPUS database: bibliometric analysis. *Mathematics Research and Education Journal*, 8(1), 53-70.

Yefferzon Perea-Valero

Colegio José Joaquín Flórez Hernández

jefflaucam@gmail.com

Astrid Cuida

Universidad de Valladolid

mariaastrid.cuida.gomez@uva.es



ISSN: 2603-9982

Moreno-Galeano, Z., Merlano-Ortega, D., Peña-Garzón, L. (2025). Análisis bibliométrico de las tendencias y perspectivas de la programación educativa para la promoción de STEM en Educación Primaria. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 8(1), 15-36

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LAS TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DE LA PROGRAMACIÓN EDUCATIVA PARA LA PROMOCIÓN DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Zalma Moreno-Galeano, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia,
Colombia

Danna Merlano-Ortega, Universidad del Sucre, Colombia

Laura Peña-Garzón, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

Resumen

Este estudio describe la producción académica sobre programación educativa en la educación primaria, con un enfoque en la educación STEM. Se realizó un análisis bibliométrico utilizando la base de datos Scopus y el software R, obteniendo artículos relacionados con los descriptores de estudio en los últimos 5 años. Con una metodología de revisión sistemática, siguiendo las pautas establecidas por la Declaración de ítems de Reporte Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis (PRISMA), se identificaron 961 documentos que conformaron el cuerpo documental analizado. La revisión permite visualizar las tendencias en el campo de estudio, desarrollo investigativo y aplicación en el aula.

Palabras clave: programación educativa, educación primaria, STEM, tecnología.

Bibliometric Analysis of Trends and Perspectives in Educational Programming for the Promotion of STEM in Primary Education

Abstract

This study describes the academic production on educational programming in primary education, with a focus on STEM education. A bibliometric analysis was performed using the Scopus database and R software, obtaining articles related to the study descriptors in the last 5 years. Using a systematic review methodology, following the guidelines established by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), 961 documents were identified that made up the body of documents analyzed. The review allows

visualizing trends in the field of study with a view to its future research development and application in the classroom.

Keywords: *educational programming, primary education, STEM, technology.*

INTRODUCCIÓN

La programación educativa en la educación primaria para la educación STEM es un enfoque que ha ganado relevancia en los últimos años, dado que su objetivo es fomentar destrezas y competencias vinculadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas desde una edad temprana. Esta área de estudio se ha vuelto fundamental debido a los desafíos que enfrenta la sociedad actual en términos de formación y preparación para un mundo cada vez más tecnológico y digital. Este enfoque no se limita únicamente al desarrollo de habilidades técnicas, sino que también busca promover el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la creatividad en los estudiantes. Además, se busca brindarles una base sólida en estos campos, permitiéndoles comprender y aplicar conceptos clave en el ámbito de la ciencia y la tecnología.

Los enfoques o intereses de la educación han estado en constante cambio a lo largo del tiempo, lo que ha generado modificación en la sociedad según las características de cada época; en la actualidad nos vemos sumergidos en el creciente interés por la educación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), como una forma de dar respuesta a los intereses de los países por una educación fundada en el saber hacer y la formación de sujetos que sean capaces de diseñar y aplicar nuevas tecnologías en el presente (English, 2016).

En este trabajo, se considera la programación educativa como el abordaje de recursos informáticos y computacionales que facilitan la resolución de problemáticas educativas, sin perder de vista que mencionadas destrezas y habilidades tecnológicas, permiten enfrentar los retos tanto académicos como laborales.

La premisa fundamental de la educación STEM es que los estudiantes logren un aprendizaje óptimo cuando tienen la oportunidad de participar activamente en la construcción de su propio conocimiento. En lugar de recibir información pasivamente, se les anima a investigar, experimentar y colaborar en la búsqueda de soluciones. Esta metodología de aprendizaje activo promueve el razonamiento analítico, la inventiva, el trabajo en equipo y la solución de problemas, habilidades esenciales para el éxito en un mundo cada vez más tecnológico.

Al integrar la educación STEM en el aula, se busca no solo preparar a los estudiantes para futuras carreras en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, sino también desarrollar habilidades transferibles que son valiosas en diversos campos profesionales. El enfoque en la resolución de problemas y el pensamiento crítico ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de investigación, análisis de datos, toma de decisiones y comunicación efectiva (Widowati et al., 2021).

Además, la educación STEM también busca fomentar el interés y la participación de los estudiantes en las disciplinas STEM, especialmente entre las mujeres y otros grupos subrepresentados. Al ofrecer experiencias educativas significativas y relevantes, se pretende inspirar a más estudiantes a explorar y perseguir carreras en campos científicos y tecnológicos, contribuyendo así a cerrar la brecha de género y promover la diversidad en estas áreas (Liang & Fung, 2023; Wan et al., 2023).

La programación educativa ha emergido como una estrategia pedagógica innovadora y pertinente en el contexto educativo. Con el rápido progreso tecnológico y la creciente necesidad de competencias digitales en el mercado laboral actual, se ha comprendido la importancia de preparar a los estudiantes para afrontar los retos y posibilidades del siglo XXI. En este contexto, la programación educativa se presenta como una herramienta poderosa para fomentar el pensamiento computacional, la resolución de problemas y la

creatividad en los estudiantes (Dong et al., 2024; Shang et al., 2023; Hsu et al., 2022; Wang et al., 2022; Kong, 2022).

El pensamiento computacional abarca una serie de aptitudes mentales y procesos de pensamiento que capacitan a las personas para resolver problemas de forma lógica, estructurada y algorítmica. Estas habilidades son fundamentales para comprender y aprovechar el poder de la tecnología, así como para enfrentar desafíos complejos en diversas disciplinas. La programación educativa, a través de la enseñanza de la lógica de programación y la creación de algoritmos, busca desarrollar y fortalecer el pensamiento computacional en los estudiantes (Mukasheva & Omirzakova, 2021).

La importancia de la programación educativa se ha destacado en diferentes informes y políticas educativas a nivel internacional. Por ejemplo, en el informe “Computing in the National Curriculum” en el Reino Unido, se reconoce la programación como una habilidad fundamental para el siglo XXI y se insta a su inclusión en el currículo escolar. De manera similar, en Estados Unidos, la iniciativa “Computer Science for All” tiene como objetivo expandir el acceso a la educación en ciencias de la computación, incluyendo la programación, en todos los niveles educativos (Luo et al., 2022; Lodi & Martini, 2021).

En el ámbito de la enseñanza primaria, la programación educativa ha adquirido relevancia como un recurso eficaz para estimular el aprendizaje participativo, el análisis crítico y la capacidad de resolver problemas. La introducción de conceptos básicos de programación en una etapa temprana no solo brinda a los estudiantes una base sólida para futuros estudios en ciencias de la computación, sino que también promueve habilidades transferibles como la creatividad, la colaboración y la perseverancia (Tellhed et al., 2022; Bodaker & Rosenberg-Kima, 2023).

El impacto de la tecnología en la Educación Matemática también ha sido objeto de análisis en investigaciones recientes. Martínez-Roa, Gutiérrez-Arenas y Rodríguez (2024) realizaron un estudio sobre la integración del e-learning en la enseñanza de las matemáticas, analizando su evolución y las tendencias en este campo. Su investigación resalta cómo las tecnologías digitales han transformado los métodos de enseñanza, permitiendo un aprendizaje más personalizado y accesible para una población estudiantil diversa. Este análisis sugiere que la adopción de estrategias digitales, como la programación educativa, puede mejorar la enseñanza de las matemáticas y otras disciplinas STEM al adaptar los procesos de aprendizaje a distintos contextos y necesidades.

Por otra parte, la formación docente es un factor clave en la implementación efectiva de la educación STEM y la programación educativa. Al respecto Vega-Castro y Melo-Londoño (2024) enfatizan la importancia de desarrollar programas de capacitación que permitan a los docentes adquirir las competencias necesarias para integrar la tecnología y la programación en sus prácticas pedagógicas. Su estudio destaca que la falta de formación específica en educación STEM y programación educativa representa una de las principales barreras para su implementación en el aula. En este sentido, resulta fundamental diseñar estrategias de formación continua que permitan a los docentes actualizarse y desarrollar habilidades tecnológicas, didácticas y pedagógicas acordes con los desafíos del siglo XXI.

Es así que, la programación educativa en la educación primaria no solo tiene el potencial de transformar la enseñanza de las matemáticas y otras disciplinas STEM, sino que también se inserta en un panorama de investigación en constante evolución. Comprender su impacto desde la perspectiva de la educación matemática, la integración de tecnologías

digitales y la formación docente permite generar estrategias más efectivas para su implementación en distintos contextos educativos.

Por todo lo mencionado anteriormente, este estudio tiene como objetivo describir la producción académica en relación a la programación educativa en la educación primaria, con un enfoque en la educación STEM.

DISEÑO METODOLÓGICO

Estrategia de búsqueda

La estrategia de búsqueda utilizada se centra en el tema principal “STEM” y su relación con la educación primaria y la programación. Para ello, se empleó la base de datos Scopus, utilizando la llave de búsqueda TITLE-ABS-KEY con los términos: “STEM” AND “Primary School” AND “Programming”, excluyendo desde el inicio los términos: AND NOT “Stem cell” AND NOT “Stem-C” para evitar resultados irrelevantes provenientes del ámbito biomédico.

La selección de estos términos se basó en una revisión de literatura previa, en la cual se identificó que estos son comúnmente empleados en estudios sobre la enseñanza de STEM en la educación primaria. Adicionalmente, se realizaron pruebas preliminares en Scopus con diferentes combinaciones de términos para evaluar su impacto en la recuperación de documentos relevantes. Estas pruebas permitieron refinar la estrategia de búsqueda y garantizar que los artículos obtenidos estuvieran alineados con los objetivos del estudio.

Además, se aplicaron filtros para restringir los resultados a artículos científicos de revista publicados entre 2019 y 2023, últimos cinco años al momento de realizar la búsqueda. En relación con esto, se construye el diagrama de flujo donde se muestra la exploración, recuperación y elección de los datos para el análisis (Figura 1).

Es importante destacar que, debido a la naturaleza dinámica de las bases de datos científicas, la recolección de datos se llevó a cabo el 23 de junio de 2023, obteniendo en ese momento un total de 961 registros. Al utilizar esta estrategia, se busca obtener información relevante y actualizada sobre el tema, lo que permite profundizar en el estudio y la comprensión de la importancia de la enseñanza de STEM en las etapas iniciales de la educación.

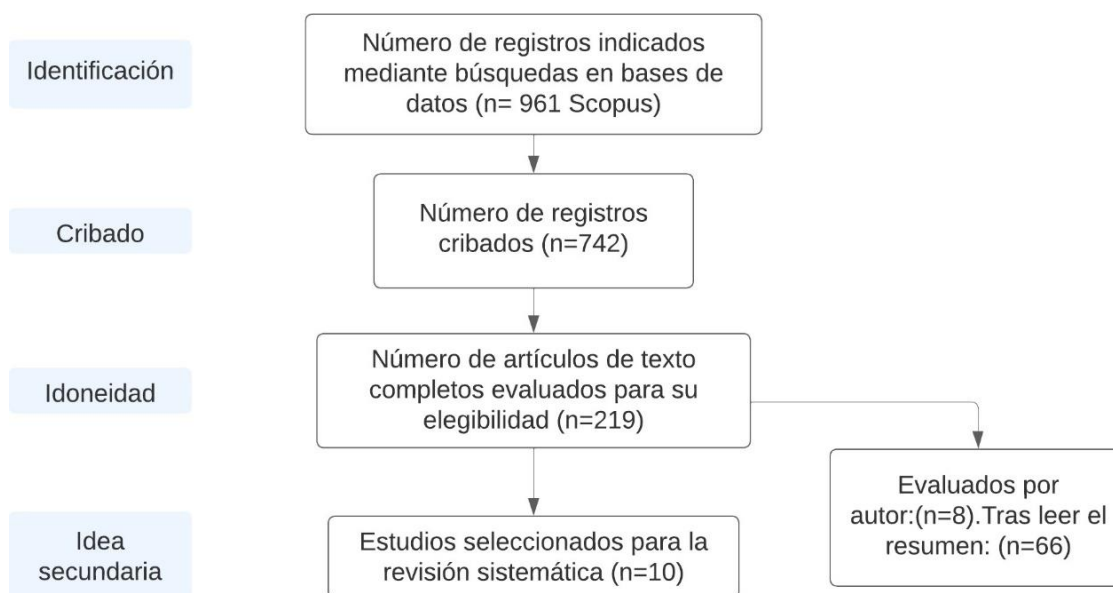


Figura 1. Exploración, recuperación y elección de los datos para el análisis de la promoción STEM

Búsqueda sistemática

Se realizó una búsqueda el 23 de junio de 2023 con la idea principal, programación en la educación primaria, tomando desde el 2019 a 2023, en la base de datos de Scopus como la fuente estratégica de recolección. La selección de este intervalo temporal responde a la necesidad de analizar estudios recientes que reflejaran el avance y las tendencias actuales en la enseñanza de STEM y programación en educación primaria. Dado que estos campos evolucionan rápidamente con el desarrollo tecnológico y pedagógico, se priorizó la literatura más actualizada para garantizar la relevancia del análisis. Además, se estableció un filtro para considerar únicamente artículos de revista, garantizando así que los documentos analizados fueran investigaciones revisadas por pares y de alta calidad académica.

Si bien términos como “programación” y “pensamiento computacional” fueron considerados en la consulta inicial, “robótica” no se incluyó explícitamente. Esto se debe a que el enfoque principal del estudio estaba en la enseñanza de la programación y el desarrollo del pensamiento computacional dentro de entornos educativos, sin centrarse específicamente en el uso de robots como herramienta de aprendizaje. No obstante, dada la relación estrecha entre robótica y estos temas, su impacto se abordó en la discusión de resultados.

De esta manera, se muestra a través de la Tabla 1 la estructura booleana para la búsqueda de los documentos científicos.

Tabla 1. Muestra de las llaves booleanas dadas para la recolección de documentación

Búsqueda inicial			
Bases de datos primarias		Scopus	
Criterios de búsqueda	Title	Abstract	Keywords
Llave	TITLE-ABS-KEY		

	ALL ("STEM" AND "Primary School" AND "Programming" AND NOT "Stem cell" AND NOT "Stem-C") AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar"))
--	--

Zupic y Čater (2015), incluyen el análisis de co-citaciones, el análisis de coautorías y el análisis de acoplamiento bibliográfico. Para este estudio, se utilizaron los metadatos de las publicaciones presentes en la base de datos Scopus, ya que esta plataforma ofrece una visión más amplia de diversas áreas de conocimiento (Echchakoui, 2020). Además, Scopus es ampliamente reconocida a nivel mundial como la principal fuente de información por varios autores (Pranckutė, 2021; Zhu & Liu, 2020).

Los datos obtenidos de Scopus utilizando la llave primaria son relevantes para el criterio de búsqueda deseado. Estos datos incluyen el título, resumen y palabras clave, donde se logró la recopilación de 961 documentos en total.

Criterios de inclusión aplicados

Los criterios de inclusión estipulados para esta revisión fueron:

- Limitar la selección de artículos de revista desde 2019 hasta 2023, es decir, los últimos 5 años de investigación al respecto, para así tener referencias actualizadas.
- Incluir artículos escritos en inglés, que abarquen el ámbito internacional, así como artículos escritos en español, que se enfoquen en el ámbito iberoamericano.
- Seleccionar solamente los artículos disponibles en bases de datos establecidas, omitiendo los trabajos de actas de conferencias, dado que estos últimos no siempre representan investigaciones completas.
- Escoger documentos que contengan estudios empíricos o programas de intervención, propuestas didácticas o innovaciones que empleen la programación en la educación primaria, ya que son elementos esenciales que afectan el proceso de enseñanza y aprendizaje en esta etapa educativa crucial.
- Dar prioridad a artículos que traten el uso de la programación educativa desde una perspectiva STEM, centrando al menos en un área STEM.
- Concentrarse en artículos dirigidos específicamente a estudiantes de educación primaria. Se excluyen aquellos que involucren estudiantes de otras etapas educativas, dado que se presume que tienen objetivos diferentes. Además, se busca que los artículos abarquen contextos educativos formales, no formales e informales, ya que en todos ellos se pueden generar procesos educativos relevantes.

Criterios de exclusión aplicados

Para garantizar relevancia y calidad de los documentos seleccionados, se establecieron criterios de exclusión en cada fase del proceso de revisión que se mostraron en la Figura 1:

- Cribado: Se eliminaron los documentos duplicados y aquellos sin acceso al texto completo.

- **Idoneidad:** Se excluyeron los artículos cuyo contenido no estaba relacionado directamente con la enseñanza de STEM y programación en la educación primaria, tras la revisión de los resúmenes.
- **Idea secundaria:** En esta última fase, se descartaron estudios que, a pesar de haber pasado las etapas previas, no aportaban información novedosa o relevante para los objetivos del estudio, basándose en una lectura más detallada del contenido.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección, se dan a conocer los hallazgos derivados del análisis de un conjunto completo de 961 referencias obtenidas de la base de datos Scopus, las cuales fueron evaluadas de acuerdo con los criterios antes mencionados y tomando en cuenta el periodo de análisis de 5 años (2019-2023). Para la filtración de los documentos o artículos se excluyeron los términos “Stem cell” y “Stem-C” considerando: los autores más relevantes, afiliaciones más importantes, países más activos con colaboraciones internacionales y sin colaboraciones internacionales, y fuentes más relevantes.

Autores y afiliaciones más importantes

La Figura 2 proporciona una descripción general que destaca la relevancia de los autores relacionados con la temática planteada en sus publicaciones. Como resultado, se determinó un “top” diez de los más activos (Figura 2), identificando en primera instancia a Sun L (14), quien cuenta con más publicaciones acerca de la temática investigada, seguido de Kong S-C (12), Zhou D (11), Kalogiannakis M (9), Hwang G-J (8), Papadakis S (8), Wang X (8), Yang W (8), Zhong B (8) y Hsu T-C (7).

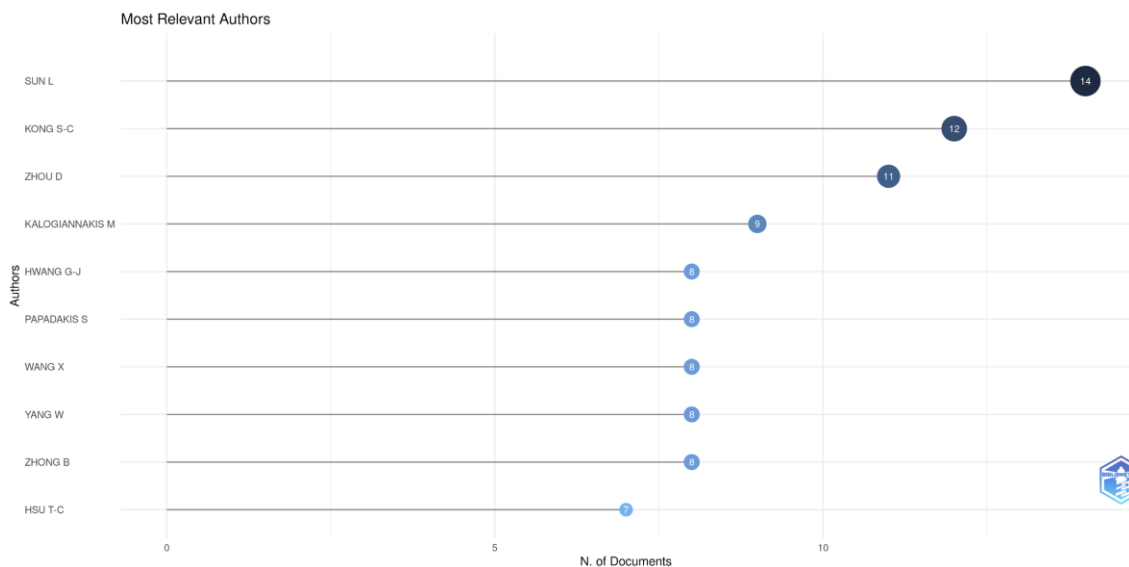


Figura 2. Autores más relevantes

En ese mismo sentido, en la Figura 3 se presentan la red de coautoría con las afiliaciones más destacadas mediante un “top” diez de mayor contribución. En primer lugar, se destaca la Universidad de Educación de Hong Kong (52), seguida de la Universidad Normal de China Central (40), la Universidad Nacional Normal de Taiwán (38), la Universidad de China de Hong Kong (31), la Universidad de Hong Kong (29), la Universidad Normal de Beijin (28), la Universidad Normal del Sur de China (28), la

Universidad Normal de China Oriental (25), la Universidad Estatal de Carolina del Norte (24), y por último la Universidad Tecnológica de Nanyang (22).

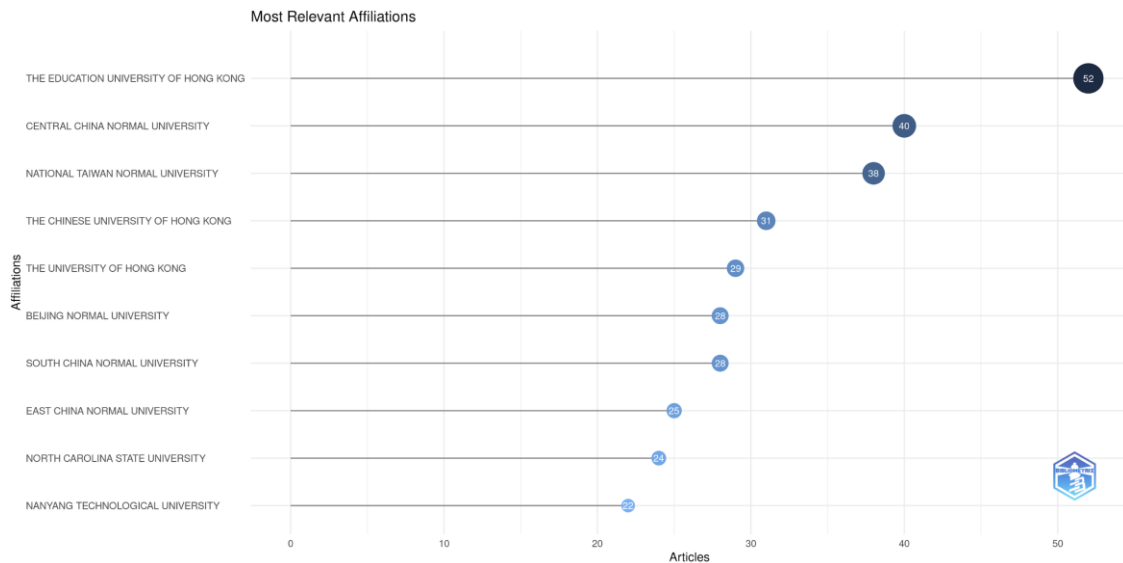


Figura 3. Red de coautoría

Por otro lado, la Figura 4 representa un mapa de colaboración entre autores basado en la coautoría de publicaciones dentro de la temática analizada. Los nodos corresponden a los autores, mientras que las conexiones entre ellos indican colaboraciones en estudios científicos. Además, los grupos de colores reflejan comunidades de investigación, lo que permite identificar clústeres de autores que han trabajado en conjunto en el área de estudio.

Se observa que ciertos autores, como Zhou Sun L, actúan como nodos centrales dentro de su respectivo grupo, estableciendo múltiples conexiones con otros investigadores. También hay varios subgrupos de autores con menor nivel de conexión entre ellos, lo que sugiere una diversificación en las contribuciones al campo.

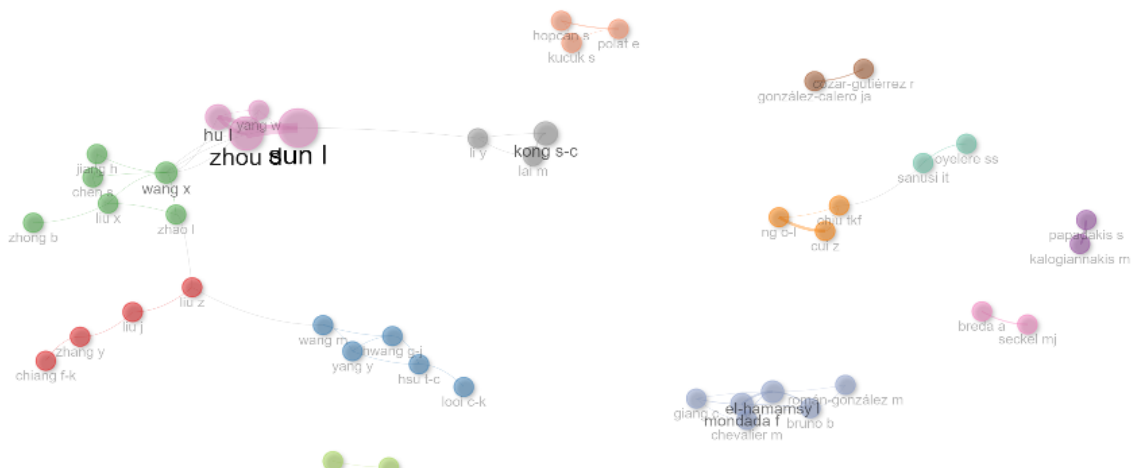


Figura 4. Relaciones entre autores

Países más activos con colaboraciones internacionales y sin colaboraciones internacionales

Con respecto a la Figura 5, se ilustra el análisis de los países más activos con los temas objeto de estudio en este artículo de investigación. Se observan colaboraciones

internacionales, las cuales se dividen en dos categorías: una de artículos publicados por países sin colaboración, donde los autores y publicaciones representan solo un país (SCP, Single Country Publications); y otra, de publicaciones en colaboración con varios países (MCP, Multiple Country Publications), donde los autores, así como la publicación, se considera una colaboración internacional. De acuerdo con esto, se demostró que China es uno de los países con mayores contribuciones en las dos categorías (MCP y SCP), resaltando con un mayor porcentaje en SCP, lo que sugiere que gran parte de su producción científica en el área proviene de investigaciones desarrolladas a nivel nacional. USA sigue en importancia, también con mayor representación en SCP, pero con un nivel significativo de MCP. Otros países como Turquía, España y Hong Kong muestran una participación destacada, con proporciones variables entre publicaciones nacionales e internacionales.

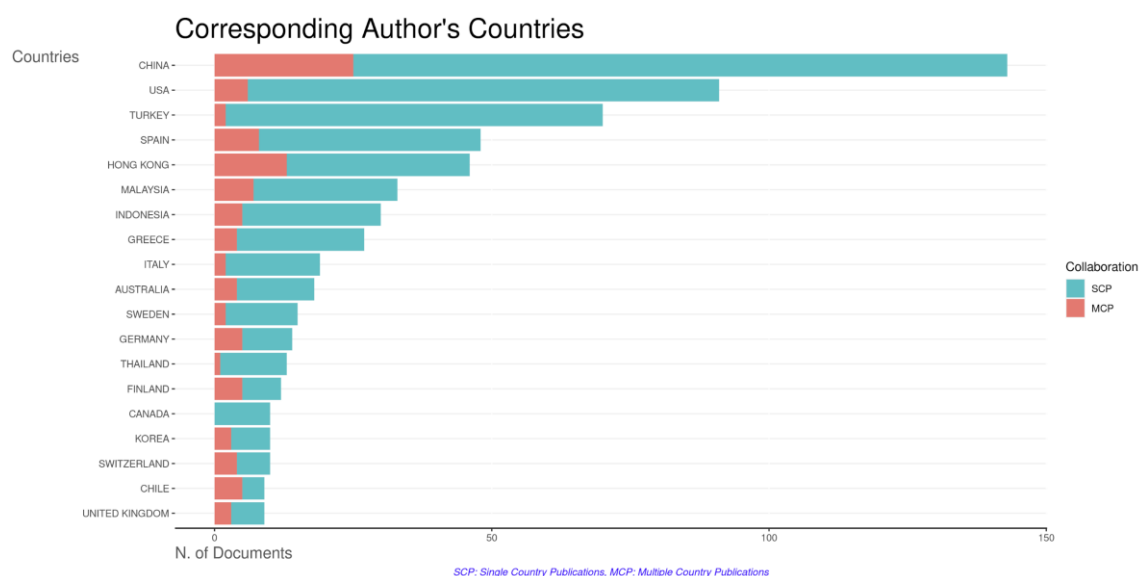


Figura 5. Países más activos con colaboración internacional y sin colaboración internacional

Fuentes más relevantes

De acuerdo con la búsqueda y especificaciones determinadas, se obtuvo la información pertinente de diversas fuentes que contribuyeron de manera significativa en los resultados obtenidos. Como se observa en la Figura 6, entre estas está: *Education and Information Technologies* (65 documentos), seguido de *Computers and Education* (42), *Journal of Educational Computing Research* (29), *Frontiers in Psychology* (27), *Interactive Learning Environments* (24), *Educational Sciences* (23), *Sustainability (Switzerland)* (21), *Educational Technology Research and Development* (17), *Frontiers in Education* (17) y *International Journal of Technology and Design Education* (17).

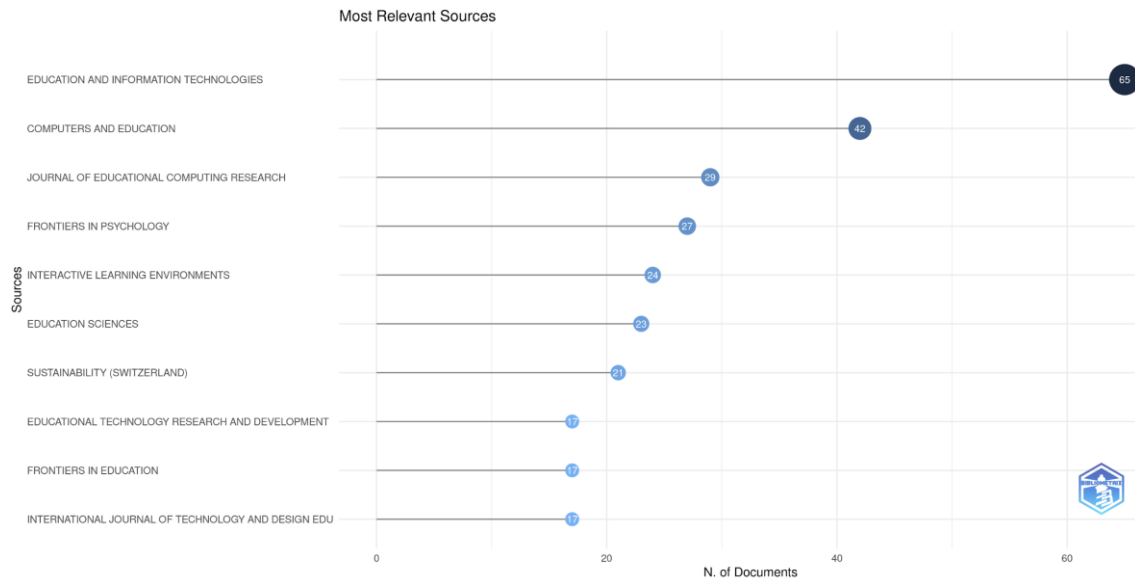


Figura 6. Fuentes más relevantes

Teniendo en cuenta esto, se realizó una red de concurrencia de palabras claves, relevantes en el desarrollo de los artículos escogidos en el “top” diez (Anexo 1 y Anexo 2). En la Figura 7 se muestra representado en color rojo las palabras con mayor mención en cada artículo, y en azul, las palabras secundarias identificadas en la temática.

Se observa que los términos más relevantes, como “students” y “computational thinking”, están fuertemente interconectados con conceptos relacionados con la educación en programación, el aprendizaje basado en juegos (game-based learning), la teoría de la computación y la enseñanza de STEM. En contraste, los términos en azul agrupan palabras asociadas a aspectos cognitivos y psicológicos del aprendizaje, como “human”, “cognition” y “adolescent”.

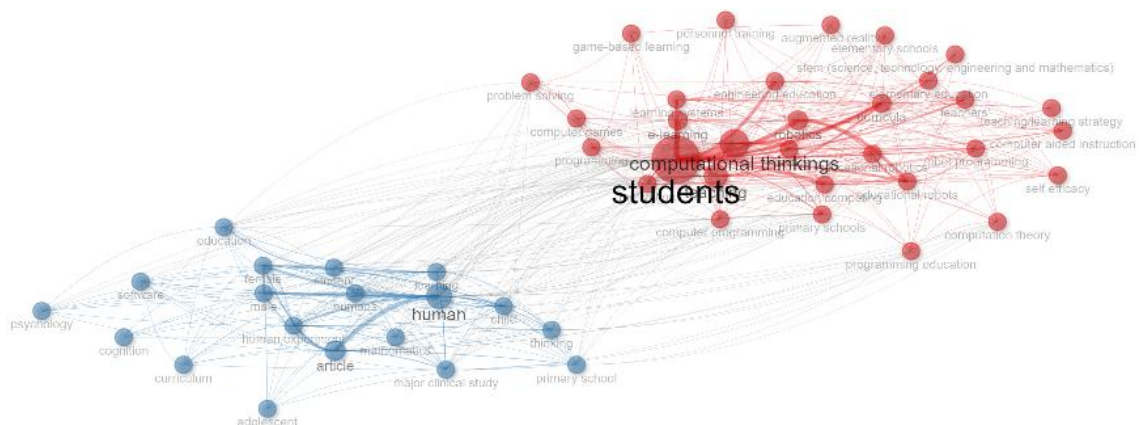


Figura 7. Red de concurrencia de palabras claves con mayor mención en los artículos

En la actual era digital, la educación enfrenta desafíos significativos en la adaptación de las tecnologías para un desarrollo integral en áreas como STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). La implementación exitosa de estas tecnologías requiere un mayor conocimiento e investigación, ya que la sociedad demanda habilidades relacionadas con la programación y la robótica (Sánchez et al., 2022). Abordar estos desafíos implica proporcionar actividades estimulantes desde edades tempranas, lo que puede fomentar un desarrollo creativo en los niños (Bati & Workneh, 2021). A pesar de

la complejidad del proceso, la programación de robots y la creación de animaciones se vuelven atractivas, lo que resalta la importancia de enfoques educativos innovadores.

La interrelación entre los artículos destacados en la temática y las palabras clave recurrentes (Anexo 2 y Figura 7), resalta la relevancia de incorporar nuevas alternativas de aprendizaje en un mundo en constante cambio, impulsado por tecnologías emergentes. La programación y la robótica son competencias esenciales que se alinean con esta dirección, preparando a los estudiantes para los desafíos tecnológicos y creativos del futuro.

Es importante mencionar la influencia global en esta área. Países como Estados Unidos lideran la investigación y desarrollo en robótica, educación y programación. Simultáneamente, países como Indonesia han explorado cómo los indicadores de Pensamiento Computacional (PC) se manifiestan en los procesos de aprendizaje STEM. Los resultados indican que los aspectos del PC se presentan en varias fases del aprendizaje, mientras que la programación modular carece de elementos de PC debido a la necesidad de habilidades avanzadas (Wawan et al., 2022).

Por lo tanto, resulta esencial resaltar la investigación presentada en este artículo, que combina investigación y recopilación bibliográfica, con el propósito de discernir la significativa importancia y el marcado interés de la sociedad contemporánea en el progreso de las generaciones emergentes en el campo de la robótica. Este avance plantea un potencial de complejidad significativo, enriqueciendo el desarrollo de habilidades aún más fundamentales y valiosas para el futuro.

CONCLUSIONES

La presente investigación destaca la relevancia de la programación educativa en la educación primaria dentro del enfoque STEM, resaltando su papel en el desarrollo de habilidades cognitivas, técnicas y socioemocionales en los estudiantes. A partir del análisis de literatura científica, se evidencia que la integración de la programación en la enseñanza no solo fortalece el pensamiento computacional, sino que también fomenta la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y la creatividad, elementos clave para la formación en ciencia y tecnología.

Los resultados obtenidos a partir de la búsqueda sistemática en Scopus demuestran un creciente interés en la implementación de estrategias pedagógicas basadas en programación para potenciar el aprendizaje en áreas STEM. Particularmente, se identificó que instituciones de educación superior y centros de investigación en Asia lideran la producción científica en este campo, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la investigación y aplicación de estos enfoques en otras regiones, como Latinoamérica, donde su adopción aún es incipiente.

Asimismo, se resalta que, según Kong & Wang (2023), la introducción de la programación en edades tempranas contribuye a una mejor adquisición del conocimiento tecnológico a largo plazo, generando impactos positivos en la educación superior y en la empleabilidad futura de los estudiantes. No obstante, se evidencian desafíos relacionados con la capacitación docente, la accesibilidad a recursos tecnológicos y la adaptación curricular, aspectos que deben abordarse en futuras investigaciones y políticas educativas.

Los países más activos en la producción académica son China y Estados Unidos quienes lideran la investigación en este ámbito. Sin embargo, no se observa menciona una

distribución equitativa del conocimiento en otras regiones, lo que indica que en algunos países aún falta capacitación y formación docente en programación educativa.

La falta de estudios relacionados con STEM y la programación educativa en ciertos países o regiones lleva a pensar que algunos sistemas educativos aún no se han incorporado plenamente la programación en sus planes de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bati, T. B., & Workneh, A. W. (2021). Evaluating integrated use of information technologies in secondary schools of Ethiopia using design-reality gap analysis: A school-level study. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 87, e12148. <https://doi.org/10.1002/isd2.12148>
- Bodaker, L., & Rosenberg-Kima, R. B. (2023). Online pair-programming: Elementary school children learning scratch together online. *Journal of Research on Technology in Education*, 55(5), 799–816. <https://doi.org/10.1080/15391523.2022.2036653>
- Dong, W., Li, Y., Sun, L., & Liu, Y. (2024). Developing pre-service teachers' computational thinking: a systematic literature review. *International Journal of Technology and Design Education*, 34, 191–227. <https://doi.org/10.1007/s10798-023-09811-3>
- Echchakoui, S. (2020). Why and how to merge Scopus and Web of Science during bibliometric analysis: the case of sales force literature from 1912 to 2019. *Journal of Marketing Analytics*, 8, 165–184. <https://doi.org/10.1057/s41270-020-00081-9>
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Hsu, T.-C., Chang, C., Wong, L.-H., & Aw, G. P. (2022). Learning Performance of Different Genders' Computational Thinking. *Sustainability*, 14(24), 16514. <https://doi.org/10.3390/su142416514>
- Kong, S.-C. (2022). Problem formulation in computational thinking development for nurturing creative problem solvers in primary School. *Education and Information Technologies*, 27,(9) 12523–12542. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11101-9>
- Kong, S.-C., & Wang, Y.-Q. (2023). Monitoring cognitive development through the assessment of computational thinking practices: A longitudinal intervention on primary school students. *Computers in Human Behavior*, 145(C), 107749. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107749>
- Liang, W., & Fung, D. (2023). Designing STEM Education in Small Class Teaching Environments: The Hong Kong Experience. *Asia-Pacific Education Researcher*, 32, 189–209. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00643-8>
- Lodi, M., & Martini, S. (2021). Computational Thinking, Between Papert and Wing. *Science & Education*, 30, 883–908. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00202-5>
- Luo, T., Reynolds, J., & Muljana, P. S. (2022). Elementary Students Learning Computer Programming: an investigation of their knowledge Retention, Motivation, and perceptions. *Educational technology research and development*, 70, 783–806. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1007/s11423-022-10112-0>

- Martínez-Roa, H., Gutiérrez-Arenas, M.P., & Rodríguez, M.J. (2024). La investigación sobre e-learning en Educación matemática. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 7(3), 1-12. <https://journals.uco.es/mes/article/view/17580>
- Mukasheva, M., & Omirzakova, A. (2021). Computational Thinking Assessment at Primary School in the Context of Learning Programming. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 13(3), 336–353. <http://doi.org/10.18844/wjet.v13i3.5918>
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Sánchez-Rivas, E., Colomo-Magaña, E., Ruiz-Palmero, J., & Gómez García, M. (Ed). (2022). La tecnología educativa como eje vertebrador de la innovación. Octaedro. <https://doi.org/10.36006/16352>
- Shang, X., Jiang, Z., Chiang, F.-K., Zhang, Y., & Zhu, D. (2023). Effects of robotics STEM camps on rural elementary students' self-efficacy and computational thinking. *Educational technology research and development*, 71, 1135–1160. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10191-7>
- Tellhed, U., Björklund, F., & Strand, K. K. (2022). Sure I can code (but do I want to?). Why boys' and girls' programming beliefs differ and the effects of mandatory programming education. *Computers in Human Behavior*, 135, 107370. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107370>
- Vega-Castro, D., & Melo-Londoño, S. (2024). Difusión científica de la educación matemática: un análisis a la revista MES. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 7(3), 28-39. <https://journals.uco.es/mes/article/view/17693>
- Wan, Z. H., So, W. M. W., & Zhan, Y. (2023). Investigating the Effects of Design-Based STEM Learning on Primary Students' STEM Creativity and Epistemic Beliefs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21 (suppl 1), 87–108. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10370-1>
- Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2022). Integrating computational thinking in STEM education: A literature review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 1949–1972. <http://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>
- Wawan, W., Zuniati, M., Windarsih, W., Aziz, I., Mispani, M., & Sari, Y. A. (2022). Teacher Training and Assistance of Flipped Learning Integration for School. *Bulletin of Community Engagement*, 3(1), 27–35. <https://doi.org/10.51278/bce.v3i1.478>
- Widowati, C., Purwanto, A., & Akbar, Z. (2021). Problem-based learning integration in STEM education to improve environmental literacy. *International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, 8(7), 374–381. <https://doi.org/10.18415/ijmmu.v8i7.2836>
- Zhu, J., & Liu, W. (2020). A tale of two databases: The use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 123, 321–335. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>

ANEXOS

Anexo 1. “Top” diez de los artículos que se relacionan

<i>Título Artículo</i>	<i>Journal-Revista</i>	<i>Agenda Investigativa</i>	<i>Metodología</i>
<p>I. Measuring Acceptance of Block-Based Coding Environments</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1007/s10758-021-09562-x</p> <p>AÑO: 2023</p>	<p>Technology, Knowledge and Learning</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 2</p>	<p>Medir la aceptación de los entornos de programación basada en bloques por parte de los estudiantes de primaria, utilizando un modelo de aceptación de tecnología como marco guía. El objetivo es desarrollar un instrumento de medición que permita investigar la percepción de los estudiantes sobre la utilidad, la facilidad de uso y las actitudes hacia la programación visual.</p>	<p>Se empleó una metodología de diseño de investigación instrumental, que se enfoca en analizar las características psicométricas de los instrumentos de medición. Además, se utilizó el modelo de aceptación de la tecnología (TAM) como marco teórico para desarrollar el instrumento de medición. También se realizó un muestreo intencional para seleccionar a los participantes del estudio, que consistió en 315 estudiantes de escuelas primarias en España. Por último, se utilizó un cuestionario impreso para recolectar los datos de los participantes.</p>
<p>II. Exploring gender differences in primary school computer programming classes: a study in an English state-funded urban school</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1080/03004279.2021.1971274</p> <p>AÑO: 2023</p>	<p>Education 3-13: International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 1</p>	<p>Explorar las diferencias de género en las actividades de programación de computadoras ("coding") en niños de escuela primaria y determinar si hay evidencia de estas diferencias en un entorno escolar urbano financiado por el estado en Inglaterra.</p>	<p>Se utilizó una combinación de métodos, incluyendo análisis estadísticos, para evaluar la cobertura del código y el proceso de codificación. También se creó un criterio basado en la literatura para evaluar las historias animadas finales, que posteriormente fue sometido a análisis estadístico. Además, se emplearon tres medidas para evaluar el trabajo de los niños, dos de las cuales evaluaron el resultado final y una evaluó el proceso de codificación.</p>
<p>III. Computational Thinking Development: Benefiting from Educational Robotics in STEM Teaching</p> <p>DOI: https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.1997</p> <p>AÑO: 2022</p>	<p>European Journal of Educational Research</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 1</p>	<p>Desarrollo del pensamiento computacional a través de la robótica educativa en la enseñanza de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).</p>	<p>Se utilizó un enfoque de estudio de caso para recopilar y analizar datos. Los investigadores llevaron a cabo un proyecto de educación en robótica dentro del campo de la enseñanza STEM, dirigido a maestros en formación, con el objetivo de explorar las percepciones y comportamientos de los participantes durante la actividad. Se implementó un proceso compuesto por cinco etapas que involucra el uso del set Lego Mindstorms EV3 para que los estudiantes pudieran montar y programar robots Lego. Estas etapas incluyen preparación, introducción, ensamblaje, finalización y prueba</p>

			de resultados, así como reflexión al finalizar. Cada participante dedicó aproximadamente cuatro horas al proceso.
<p>IV. Exploring Gender Differences in Coding at the Beginning of Primary School</p> <p>DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.887280</p> <p>AÑO: 2022</p>	<p>Frontiers in Psychology</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 1</p>	<p>Explorar si existen diferencias de género en las habilidades de codificación de niños de primer grado al comienzo de su experiencia con la codificación, y si estas diferencias se asocian con diferencias de género en las funciones ejecutivas, específicamente en la inhibición de respuesta y las habilidades de planificación.</p>	<p>Se empleó una metodología de investigación basada en la observación y el análisis, específicamente un diseño de investigación cuasi experimental, para investigar si existen diferencias entre géneros en las habilidades de codificación y las funciones ejecutivas (como la capacidad para inhibir respuestas y planificar) en niños de primer grado al inicio de su experiencia con la codificación. Se evaluaron las habilidades de codificación y las funciones ejecutivas de 109 niños de primer grado (45 niñas y 64 niños) en Italia.</p>
<p>V. Promoting second graders' attitudes towards technology through computational thinking instruction</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1007/s10798-021-09679-1</p> <p>AÑO: 2022</p>	<p>International Journal of Technology and Design Education</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 2</p>	<p>Analizar si la instrucción en Pensamiento Computacional (CT, por sus siglas en inglés) puede mejorar las actitudes de los estudiantes de segundo grado hacia la tecnología, y también considerar si los enfoques de instrucción y el género son factores predominantes.</p>	<p>Se utilizó una metodología cuasi-experimental, ya que no fue posible asignar aleatoriamente a los participantes a las diferentes condiciones del experimento. El estudio se llevó a cabo en cinco sesiones de 45 minutos cada una, divididas en dos fases, además de una sesión de evaluación previa y otra posterior. Participaron 84 estudiantes de segundo grado de primaria, quienes fueron divididos en dos grupos: uno recibió instrucción unplugged y plugged, mientras que el otro solo recibió instrucción plugged. Se evaluaron las actitudes de los estudiantes hacia la tecnología antes y después de la intervención utilizando el test "Actitudes de los Alumnos hacia la Tecnología".</p>
<p>VI. Programming in early childhood education: A systematic review</p> <p>DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100396</p>	<p>International Journal of Child-Computer Interaction</p> <p>CITACIONES SCOPUS: 12</p>	<p>Proporcionar una revisión sistemática de la literatura sobre la enseñanza de la programación en la educación infantil temprana, revisando brotes empíricos desde el año 2014 hasta la actualidad y analizando los beneficios positivos</p>	<p>Se llevó a cabo un enfoque sistemático para revisar la literatura existente. Los investigadores realizaron una búsqueda minuciosa de artículos relevantes sobre cómo enseñar programación a niños en la etapa temprana de su educación. Luego, seleccionaron y analizaron críticamente los estudios empíricos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos. La</p>

AÑO: 2022		de enseñar programación a niños pequeños.	información recopilada en los estudios seleccionados se presentó en forma de tablas, resumiendo las características de los participantes, los dispositivos y programas utilizados, así como los marcos teóricos y resultados del aprendizaje. Además, se identificaron tendencias y patrones en los datos, y se discutieron las implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de la programación durante la educación temprana.
VII. Programming music with Sonic Pi promotes positive attitudes for beginners DOI: https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104409 AÑO: 2022	Computers and Education CITACIONES SCOPUS: 2	Investigar el impacto de la programación de música con Sonic Pi en las actitudes de los principiantes hacia la programación.	Se empleó una combinación de enfoques, utilizando tanto información cuantitativa como cualitativa. Se llevó a cabo un estudio de caso en una clase de educación media, donde se evaluaron las actitudes de los estudiantes hacia la programación con Sonic Pi a través de tres aspectos diferentes: disfrute, importancia y ansiedad. Utilizamos un método de análisis que combina y compara los resultados obtenidos tanto cuantitativa como cualitativamente.
VIII. Computational Thinking Through an Empirical Lens: A Systematic Review of Literature DOI: https://doi.org/10.1177/07356331211033158 AÑO: 2022	Journal of Educational Computing Research CITACIONES SCOPUS: 16	Examinar la naturaleza, la explicitud y los patrones de las definiciones de pensamiento computacional en la literatura empírica.	Realizó una revisión exhaustiva de la literatura, donde se examinaron 81 estudios empíricos para investigar la forma, claridad y tendencias en las definiciones de pensamiento computacional. Los datos fueron analizados y resumidos mediante la categorización de variables en una hoja de cálculo.
IX. A systematic literature review regarding computational thinking and programming in early childhood education DOI: https://doi.org/10.1007/s10639-	Education and Information Technologies CITACIONES SCOPUS: 14	Resumir la evidencia experimental sobre el pensamiento computacional y la programación en la educación de la primera infancia en términos de variables como la conexión a la red, la edad y el género.	Utilizó el enfoque de revisión sistemática de la literatura, el cual involucra examinar todos los estudios publicados sobre un tema específico, seleccionar aquellos que cumplan con ciertos criterios y luego resumir sus hallazgos para encontrar una solución a un problema existente. Además, esta metodología tiene como objetivo realizar una evaluación exhaustiva accediendo a diversos recursos de investigación relacionados con una

021-10700-2 AÑO: 2022			pregunta o área temática específica, y luego identificar las lagunas en la literatura para orientar la investigación futura.
X. A Cross-Sectional Study Investigating Primary School Children's Coding Practices and Computational Thinking Using ScratchJr DOI: https://doi.org/10.1177/07356331211027387 AÑO: 2022	Journal of Educational Computing Research CITACIONES SCOPUS: 5	Examinar las prácticas de codificación y el pensamiento computacional de niños de educación primaria utilizando el software ScratchJr.	Se utilizó una combinación de métodos para obtener una comprensión más completa y amplia de los datos, permitiendo así la triangulación de los hallazgos. Se seleccionó una muestra conveniente de 51 niños en edad escolar que formaron parte de un club de verano en una universidad pública en Chipre. Durante el estudio, se examinaron las formas en que los niños aplicaban el pensamiento computacional y utilizaban el software ScratchJr. Los datos fueron analizados a través del análisis del contenido de sus proyectos en ScratchJr y mediante entrevistas posteriores a las actividades.

Anexo 2. Tema principal de los artículos y palabras clave

<i>Artículo</i>	<i>Tema Principal</i>	<i>Palabras Clave</i>	<i>Limitaciones y Recomendaciones</i>	<i>Edades</i>
I. Toma (2023)	Es el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional en estudiantes de primaria a través del uso de entornos de programación visual o basados en bloques, y la medición de la aceptación de estos entornos por parte de los estudiantes mediante un instrumento de medición validado y confiable.	Tecnología, aprendizaje y conocimiento. Medición de la aceptación de entornos de programación basados en bloques. Desarrollo de habilidades de pensamiento computacional. Uso de la programación visual en la educación primaria.	En primer lugar, el instrumento de medición se enfoca en un recurso específico de programación visual, por lo que se recomienda confirmar la estructura latente del instrumento en futuros estudios que utilicen diferentes entornos de programación visual. En segundo lugar, la muestra de participantes no es equitativa en cuanto a la distribución por grado escolar, lo que dificulta establecer si la estructura de factores es invariante en todos los grados escolares. Por lo tanto, se sugiere realizar estudios con muestras más grandes y equitativas en cuanto a la distribución por grado escolar.	Se trabajó con una muestra de 315 estudiantes de educación primaria, con una edad promedio de 10.18 años y una desviación estándar de 1.13 años; se reclutaron estudiantes de tercer a sexto grado de escuelas primarias españolas.

<p>II.</p> <p>Price and Price-Mohr (2023)</p>	<p>Es la exploración de las diferencias de género en las clases de programación de computadora en la escuela primaria. El estudio se realizó en una escuela urbana financiada por el estado en Inglaterra y se investigó si hay evidencia de diferencias de género en las actividades de codificación de los niños de la escuela primaria.</p>	<p>Programación de computadora, género, educación primaria, igualdad de género, habilidades de programación, rendimiento académico.</p>	<p>Se mencionan algunas limitaciones en la investigación, como el tamaño de la muestra y la falta de diversidad en la población estudiada. Además, se recomienda que futuros trabajos incluyan una muestra más grande y diversa, así como la exploración de otros factores que puedan influir en las diferencias de género en la programación informática en la educación primaria. También se sugiere la necesidad de investigar enfoques pedagógicos que puedan ayudar a reducir las brechas de género en este campo.</p>	<p>Están en el rango de edades de 3 a 13 años. Sin embargo, se menciona que el estudio se llevó a cabo en una escuela urbana financiada por el estado en Inglaterra, donde la mayoría de los niños provienen de un entorno social de clase media.</p>
<p>III.</p> <p>Wawan et al. (2022)</p>	<p>Es el desarrollo del pensamiento computacional a través de la robótica educativa en la enseñanza de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). El documento presenta una investigación sobre cómo la robótica educativa puede mejorar las habilidades de pensamiento computacional en estudiantes de educación primaria y futuros maestros.</p>	<p>Robótica educativa, enseñanza STEM, desarrollo del pensamiento computacional, aprendizaje práctico, programación, resolución de problemas, habilidades sociales, habilidades CT, aprendizaje activo, aprendizaje andamiado.</p>	<p>Se menciona que el estudio se centró en un grupo de estudiantes de secundaria en Indonesia, por lo que se necesitan más investigaciones para evaluar la efectividad de la robótica educativa en diferentes contextos y edades. Además, se sugiere que se realicen estudios longitudinales para evaluar el impacto a largo plazo de la robótica educativa en el desarrollo del pensamiento computacional y las habilidades STEM. En cuanto a las recomendaciones, se sugiere que los educadores integren la robótica educativa en sus planes de estudio y que se proporcionen recursos y capacitación adecuada para los educadores y estudiantes.</p>	<p>El estudio se realizó con estudiantes de secundaria en Indonesia y Finlandia. Se menciona que se trata de un estudio de caso; por lo tanto, es probable que los participantes sean adultos en formación como docentes y no estudiantes de edad escolar.</p>
<p>IV.</p> <p>Montuori et al. (2022)</p>	<p>Es la exploración de las diferencias de género en la codificación al comienzo de la educación primaria y cómo estas diferencias pueden estar relacionadas con las funciones ejecutivas y la</p>	<p>Género, programación, educación primaria, funciones ejecutivas, brecha de género, STEM.</p>	<p>El tamaño de la muestra es pequeño y se limita a una sola región geográfica, por lo que se necesitan estudios adicionales con muestras más grandes y diversificadas para confirmar estas investigaciones. Además, se recomienda investigar cómo las diferencias culturales y socioeconómicas pueden influir en las habilidades de</p>	<p>Se trabajó con niños de primer grado de educación primaria, es decir, alrededor de 6 años de edad.</p>

	brecha de género en la ciencia de la computación.		codificación y las funciones ejecutivas de los niños y niñas en edad escolar.	
V. del Olmo-Muñoz et al. (2022)	Es el análisis del impacto de la enseñanza del pensamiento computacional en la actitud de los estudiantes de segundo grado hacia la tecnología, y cómo esto puede influir en la reducción de la brecha de género en la elección de carreras científicas y tecnológicas.	Pensamiento computacional, educación primaria, actitudes, brecha de género.	Una posible limitación es el tamaño de la muestra, ya que el estudio se realizó con solo 84 estudiantes de segundo grado. Además, se sugiere que se realicen estudios futuros con una muestra más grande y en diferentes niveles educativos para obtener resultados más generalizables. También se recomienda explorar más a fondo cómo los enfoques de enseñanza pueden influir en las actitudes de los estudiantes hacia la tecnología y cómo se pueden abordar las diferencias de género en este ámbito.	En este artículo se trabajó con estudiantes de segundo grado de educación primaria, lo que corresponde a edades de 7-8 años.
VI. Macrides et al. (2022)	Es la enseñanza de programación en la educación infantil temprana y se presenta una revisión sistemática de la literatura sobre este tema.	Programación, educación infantil temprana, revisión sistemática, interrupciones empíricas, beneficios positivos.	Se recomienda que los futuros trabajos se centren en la evaluación de los efectos a largo plazo de la enseñanza de la programación en la educación infantil, así como en la identificación de las mejores prácticas para la implementación de programas de enseñanza de la programación en el aula. Además, se sugiere que se realicen estudios que examinen la relación entre la enseñanza de la programación y el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales en los niños.	Se trabajó con niños y niñas de entre 4 y 8 años de edad.
VII. Petrie (2022)	Es el uso de la plataforma de programación Sonic Pi para promover actitudes positivas hacia la programación en principiantes, y los resultados de un estudio de caso mixto que investiga el impacto de Sonic Pi en las actitudes de los estudiantes de una escuela	Sonic Pi, programación, música, enseñanza, actitudes estudiantiles.	Presenta algunas limitaciones, como el tamaño de la muestra y la falta de un grupo de control que utiliza lenguajes de programación generales para comparar las actitudes hacia la programación musical específica. Además, la falta de información general sobre cómo se utiliza la tecnología en la sociedad no explica por qué la escala de importancia aumentó significativamente. Para futuros trabajos, se recomienda recopilar datos cualitativos más específicos y realizar investigaciones más	En este artículo se trabajó con una clase de 22 programadores principiantes de 11 y 12 años de edad.

	intermedia.		profundas sobre cómo el género y las diferentes experiencias previas influyen en las actitudes. También se sugiere utilizar un grupo de control que utilice lenguajes de programación generales para comparar las actitudes hacia la programación musical específica.	
VIII. Ezeamuzi e and Leung (2022)	Es proporcionar una revisión sistemática de la literatura sobre cómo se ha operacionalizado el pensamiento computacional en la literatura y proponer un modelo de pensamiento computacional que se centre en soluciones algorítmicas respaldadas por conceptos de programación para avanzar en la claridad conceptual entre el pensamiento computacional y la programación.	Pensamiento computacional, revisión sistemática, estudios empíricos, definiciones, programación, resolución de problemas, algoritmos, abstracción.	Presenta algunas limitaciones, como la falta de claridad en la definición de pensamiento computacional en algunos estudios revisados y la falta de distinción entre pensamiento computacional y programación en algunos casos. Además, se recomienda que los futuros trabajos se centren en la evaluación de la eficacia de las observaciones de enseñanza del pensamiento computacional y en la identificación de las mejores prácticas para la enseñanza del pensamiento computacional en diferentes contextos educativos. También se sugiere que se realicen más investigaciones sobre la relación entre el pensamiento computacional y otras habilidades cognitivas, como la resolución de problemas y la creatividad.	No proporciona información sobre la edad de los participantes en los estudios revisados.
IX. Bati (2022)	Es una revisión sistemática de la literatura sobre el pensamiento computacional y la programación en la educación de la primera infancia, con un enfoque en las variables de "conectado" versus "desconectado", edad y género.	Educación infantil, pensamiento computacional, educación informática, programación.	En cuanto a las limitaciones, el estudio se basó únicamente en los resultados de estudios experimentales previos y se discutieron según los factores de tratamiento, edad y género. En cuanto a las recomendaciones para trabajos futuros, se sugiere que se realicen más estudios para determinar los entornos de aprendizaje adecuados para los niños. Además, se recomienda que se preste atención a la inclusión de las niñas en la programación y el pensamiento computacional, y que se desarrollen juegos y prácticas más inclusivas en este sentido.	El artículo se enfoca en edades tempranas de la infancia, aunque no se especifica un rango de edades específico.

<p>X. Kyza et al. (2022)</p>	<p>Es una investigación sobre las prácticas de codificación y el pensamiento computacional de niños de primaria utilizando el software ScratchJr, con el objetivo de comprender cómo se puede apoyar el desarrollo de estas habilidades en los niños más jóvenes.</p>	<p>Pensamiento computacional, codificación, ScratchJr, niños de primaria, diseño transversal.</p>	<p>Las limitaciones de este estudio incluyen el tamaño relativamente pequeño de la muestra y la falta de evaluaciones previas y posteriores para examinar el desarrollo dentro del grupo en términos de prácticas de codificación, habilidades de pensamiento computacional y comprensión conceptual de los estudiantes sobre el tema ambiental. Además, la mayoría de los datos se recopilaron a nivel de grupo y no a nivel individual. Para futuros trabajos, se recomienda una muestra más grande y la evaluación individual de CT, además de la recopilación de datos sobre la comprensión de los niños de los conceptos específicos de CT.</p>	<p>En este artículo se trabajó con dos cohortes de niños de edad primaria: Cohorte 1 de 6 a 9 años y Cohorte 2 de 10 a 12 años.</p>
---	---	---	--	---

Zalma Moreno-Galeano

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

zalma.moreno@uptc.edu.co

Danna Merlano-Ortega

Universidad del Sucre, Colombia

merlanodanna@gmail.com

Laura Peña-Garzón

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Colombia

lauragivelly.pena@uptc.edu.co



ISSN: 2603-9982

Pérez-Peña, E., Vega-Domínguez, F. y Vega-Castro, D. (2025). Sentido estructural en la reproducción algebraica de estructuras numéricas. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 8(1), 37-52

SENTIDO ESTRUCTURAL EN LA REPRODUCCIÓN ALGEBRAICA DE ESTRUCTURAS NUMÉRICAS

Elías Pérez-Peña, Universidad de Panamá, Panamá

Félix Vega-Domínguez, Universidad de Panamá, Panamá

Danellys Vega-Castro, Universidad de Panamá, Panamá

Resumen

Existen variadas investigaciones realizadas con estudiantes de Educación Secundaria que señalan una diversidad de dificultades confrontadas por estos en lo que refiere al dominio y comprensión de las matemáticas. Esta situación conllevó a investigar si el origen de estas dificultades presentadas en estudiantes de séptimo grado proviene específicamente del manejo de las estructuras inmersas, tanto en expresiones numéricas como algebraicas. En este sentido, el objetivo propuesto consistió en analizar el enfoque estructural adoptado por estudiantes de educación secundaria al reproducir expresiones aritméticas equivalentes que involucran propiedades de suma y producto, siguiendo un patrón determinado. Dada su relación con el constructo Sentido Estructural se siguió como metodología el enfoque de trabajos realizados por Vega-Castro, Molina y Castro (2010-2013). La investigación realizada permitió observar cierto número de debilidades en el manejo de estructuras tanto aritméticas como algebraicas, situación que conlleva a la búsqueda del fortalecimiento de los distintos elementos subyacentes en dichas estructuras.

Palabras clave: Estructura, relaciones internas, propiedades, patrones, generalización.

Structural sense in the algebraic reproduction of numerical structures

Abstract

Various studies conducted with secondary school students point to a variety of difficulties they face in mastering and understanding mathematics. This situation led to an investigation into whether the origin of these difficulties presented by seventh-

grade students stems specifically from the handling of embedded structures, both in numerical and algebraic expressions. In this regard, the proposed objective was to analyze the structural approach adopted by secondary school students when reproducing equivalent arithmetic expressions involving sum and product properties, following a specific pattern. Given its relationship with the construct of Structural Sense, the methodology followed was the approach of work conducted by Vega-Castro, Molina, and Castro (2010-2013).

The research conducted revealed several weaknesses in the handling of both arithmetic and algebraic structures, a situation that leads to the search for ways to strengthen the various elements underlying these structures.

Keywords: *Structure, internal relationships, properties, patterns, generalization.*

INTRODUCCIÓN

Los fundamentos básicos de matemática adquiridos por los estudiantes en el primer nivel de educación secundaria son de vital importancia para su dominio y comprensión en los consecuentes años de estudio. Sin embargo, cada día se observa un aumento en las necesidades de estos dos factores en los estudiantes, situación que ha motivado a investigar si la procedencia de las dificultades en el dominio y comprensión de las matemáticas se origina en el manejo de las estructuras inmersas, tanto en expresiones numéricas como algebraicas. Para el logro de esta investigación se propuso como objetivo analizar el enfoque estructural adoptado por estudiantes de séptimo grado de educación secundaria al reproducir expresiones aritméticas equivalentes que involucran propiedades de suma y producto, siguiendo un patrón determinado. Con este objetivo se propuso investigar la forma de cómo los estudiantes conciben las expresiones aritméticas y algebraicas y la forma que utilizan para reproducirlas de acuerdo con un patrón dado.

De acuerdo con planteamientos curriculares de NCTM (2003) en el estándar para la educación matemática para la etapa 6 – 8, que se corresponde con los niveles VI, VII y VIII grado en nuestro país, se sugiere que los programas de enseñanza deberían capacitar a todos los estudiantes para comprender patrones, relaciones y funciones, así como representar y analizar situaciones y estructuras matemáticas utilizando símbolos algebraicos. Una de las expectativas que se destaca en los planteamientos que señalan es analizar y generalizar una serie de patrones mediante reglas simbólicas. También, se señala que los estudiantes de estos niveles deberían “relacionar y comparar distintas formas de representación de una relación e iniciar la comprensión conceptual de los diferentes usos de las variables” (NCTM, 2003, p.226). Se sugiere que los estudiantes deben mostrar capacidad para reconocer patrones y estructuras con el propósito de determinar regularidades en las expresiones, así como proponer generalizaciones y conjeturas acerca de las regularidades observadas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Motivados por investigar el origen de las dificultades de nuestros estudiantes en el dominio y la comprensión de expresiones matemáticas, y luego de una extensa revisión de la literatura en Educación Matemática se consideró seguir el enfoque presentado en trabajos realizados por Vega-Castro, Molina y Castro (2010-2013), que tratan acerca del constructo Sentido Estructural. Una de las interrogantes que surge, atendiendo al enfoque estructural, expresa ¿qué tipo de enfoque estructural poseen los estudiantes de séptimo grado cuando analizan expresiones aritméticas equivalentes y las reproducen de acuerdo con un patrón determinado?

MARCO TEÓRICO

La revisión de la literatura expresa que el prestar atención a las características particulares de las expresiones implica atender las estructuras, y cuando esta última se utiliza para abordar la resolución de una actividad propuesta, se dice que se ha utilizado un enfoque estructural (Molina, 2010), mientras que cuando el estudiante activa en su mente algunos procedimientos aprendidos, sin atender a las características particulares de las expresiones involucradas en la expresión o igualdad propuesta se dice que ha utilizado el enfoque procedimental.

Estos dos enfoques están estrechamente ligados al conocimiento conceptual y conocimiento procedimental estudiados desde hace varias décadas por investigadores interesados en la cognición matemática (Hiebert y Wearne, 1986; Hiebert y Lefevre,

1986; Rittle-Johnson y Siegler, 1998) quienes han intentado entender cómo los escolares usan su conocimiento conceptual y procedimental para responder a preguntas de matemáticas, partiendo de la consideración de que no pueden ser totalmente competentes en matemáticas si son deficientes en alguno de estos dos tipos de conocimiento o si han adquirido ambos pero los mantienen como entidades separadas. Hiebert y y Lefevre (1986), indican que los escolares con rico conocimiento conceptual serán más flexibles en su elección de procedimientos para resolver problemas, ya que poseerán mayor comprensión de las relaciones entre las subestructuras de las expresiones.

Diferencias y dificultades del álgebra con la aritmética

Por otro lado, muchas de las investigaciones referidas al sentido estructural tratan de ver la relación que puede haber entre las dificultades del álgebra y las de la aritmética, enfocando su atención en las estructuras de las expresiones. El factor influyente en estas dificultades se debe a la transición de la aritmética al álgebra. Molina (2006) y Kieran (2006), a partir de la consulta de estudios previos, destacan importantes diferencias entre estas dos subáreas:

- En la aritmética se manipulan números fijos y se razona con cantidades conocidas, mientras que en el álgebra pueden ser variables o cantidades desconocidas.
- En la aritmética los símbolos corresponden a etiquetas o abreviaturas de un objeto mientras que en el álgebra representan variables, incógnitas o parámetros.
- En la aritmética predomina un significado operacional del signo igual (anunciando un resultado) mientras que en el álgebra se asume un significado relacional de este signo para representar equivalencia.
- Los problemas aritméticos son de tipo lineal con una incógnita mientras que los algebraicos pueden ser de grados superiores e implicar múltiples incógnitas.
- En el álgebra se aceptan expresiones no cerradas como representaciones apropiadas de resultados de operaciones.

En este sentido, Ursini, Escareño, Montes y Trigueros (2008) indican que los estudiantes, desde estudios primarios, han tenido acceso al uso de las letras en matemática cuando resuelven problemas con fórmulas geométricas, luego no se suele dar las letras con una interpretación algebraica, sino que se acostumbra a los alumnos a que las consideren como etiquetas que hacen referencia a entidades específicas o a la inicial de una palabra. Por ejemplo, se suele usar la letra b para referirse a la base; la A para el área; la h para la altura, etc. Posteriormente, en los estudios básicos de educación secundaria, las letras surgen con mayor frecuencia, en contextos no geométricos, y las expectativas del docente es que los alumnos ya no las consideren como etiquetas o iniciales de palabras, sino que las interpreten, en función de la expresión en la que aparecen, como incógnitas o números indeterminados. Ramos-Franco y Aké-Tec (2024) en estudio realizado expresan que los estudiantes que tienen mayor familiaridad con las letras se les facilita la articulación de la aritmética con el álgebra y por ende la generalización de patrones. El álgebra se describe como el estudio de patrones y relaciones funcionales entre cantidades, como un método para pensar sobre lo desconocido y para generalizar y representar relaciones usando un lenguaje simbólico (Hoch y Dreyfus, 2007). En esta misma línea Castro (2012) expresa que, en el aprendizaje del álgebra, surgen dificultades. Por ejemplo, la limitada interpretación del signo igual, las concepciones erróneas de los alumnos sobre el significado de las letras utilizadas como variables, el rechazo de expresiones no numéricas como respuestas a un problema y la no aceptación de la falta de clausura, generalmente atribuidas a la abstracción del álgebra.

Estructura de una expresión algebraica

De acuerdo con los teóricos, comprender puede interpretarse como ser capaz de percibir orden y estructura (Sfard, 2001). Esta autora afirma que, si ver la estructura es útil en cualquier dominio del conocimiento, en matemáticas puede ser la esencia misma del aprendizaje. Desde un punto de vista amplio, se puede decir que el término estructura se refiere a la forma en que una entidad se compone de partes, existiendo conexiones o relaciones entre las partes que componen dicha entidad (Hoch y Dreyfus, 2004). En el nivel más global, la estructura se puede considerar como un tejido que contiene unido todo el conocimiento matemático. En un contexto más local, la palabra estructura hace referencia a su relación con la generalización y la abstracción, tornándose como sinónimo de patrón (Mamona-Downs y Downs, 2008).

Por su parte Hoch (2003) utiliza los términos forma y orden para referirse a las estructuras. Vega-Castro (2013) distingue dos tipos de estructuras de una expresión: la estructura externa e interna de una expresión algebraica. Según Hoch y Dreyfus (2004) la forma (estructura externa) está relacionada con la apariencia externa de una expresión algebraica y el orden (estructura interna) con las relaciones que mantienen los componentes de dichas expresiones entre sí y con otras estructuras. La estructura externa hace referencia a los términos que componen la expresión, los signos que los relacionan y el orden de los diferentes elementos. Por otra parte, la estructura interna se refiere al valor de la expresión y las relaciones entre los componentes de la expresión con el mismo. Dos expresiones que comparten estructura interna son equivalentes, y viceversa. Mediante el proceso de simplificación o transformación de una expresión, el cual implica un cambio de estructura externa, puede revelarse la estructura interna de la misma (Castro, 2012). Por ejemplo, de entre las siguientes expresiones, podemos decir que la a), b) y d) tienen la misma estructura interna y diferente estructura externa, mientras que la a) y c) tienen la misma estructura externa pero no interna, al no ser equivalentes.

a) $(x+3)^2$; b) $x^2 + 9 + 6x$; c) $(3x+6)^2$; d) $x^2 + 9x - 3x + 10 - 1$

Sentido estructural algebraico

Este término fue introducido por Linchevski y Livneh (1999) como reacción a la definición presentada por Kieran (1988) acerca del conocimiento estructural: capacidad de identificar todas las formas equivalentes de una expresión. Más tarde Hoch y Dreyfus (2004), elaboran progresivas definiciones de sentido estructural limitándose al contexto del álgebra escolar. La primera definición tentativa fue presentada por Hoch (2003) “reconocer la estructura algebraica y utilizar las características apropiadas de una estructura en un contexto dado como guía para elegir las operaciones a realizar” (p. 2). Hoch sugirió que un estudiante que se inclina por un método efectivo y minucioso en la transformación de una expresión algebraica está demostrando poseer buen sentido estructural.

Posteriormente Vega-Castro (2013) lo define como “una competencia cognitiva o un conjunto de capacidades necesarias para el trabajo flexible con las expresiones algebraicas, más allá de la aplicación mecánica de procedimientos de transformación de las mismas” (p. 83). Este conjunto de habilidades requiere el uso combinado de conocimiento conceptual (por ejemplo, el concepto de equivalencia) y procedimental (por ejemplo, la jerarquía de las operaciones). El no comprender las leyes de operaciones puede conllevar a obstáculos conceptuales y dificultar la generalización y el reconocimiento de patrones entre los números (Molina, 2006).

Relaciones, patrones y generalización

Las relaciones entre estructuras no implican un contenido a ser aprendido o memorizado (Hoch y Dreyfus, 2007). Los estudiantes deben comprender las relaciones entre los elementos antes de operar, y no seguir reglas sin razonamientos, las cuales no permiten fijar el conocimiento (Cancec-Murillo et al., 2024). Ligado a las relaciones entre estructuras, estudios han llevado a la conjetura de que los niños pequeños que han aprendido a buscar similitudes y diferencias matemáticas haciendo uso de patrones tienen la tendencia a desarrollar mayor comprensión de las estructuras tratadas (Mulligan y Mitchelmore, 2009), de esta forma habilidades de reconocimiento de patrón y estructura se correlacionan de forma muy positiva con el rendimiento matemático (Arcavi, 2003). Cuando se detecta un patrón en el que algunas cosas están cambiando y otras se conservan igual, se da la oportunidad para expresar una generalización (Mason et al., 2005). La generalización es considerada una de las funciones principales del álgebra y para generalizar es necesario explorar situaciones, reconocer relaciones, organizar datos sistemáticamente, y generar patrones. Cañadas, Castro y Castro (2008) indican que la generalización depende, tanto de la detección, como de la identificación de un patrón adecuado y que la mayor parte de los alumnos que generalizan trabajan previamente en el sistema de representación numérico. Según señalamientos de Radford (2008), la generalización consiste en pasar de lo particular a lo general y en percibir lo general en lo particular. Señala que la generalización de patrones implica la toma de conciencia de una propiedad común; generalizar esta propiedad a todos los términos de la secuencia, y usar esa propiedad común para encontrar una regla que permita calcular directamente cualquier término de una determinada secuencia.

MARCO METODOLÓGICO

Bajo la consideración del trabajo con expresiones aritméticas y algebraicas, se utilizó el enfoque de Sentido Estructural presentado en trabajos realizados por Vega-Castro, Molina y Castro (2010, 2012, 2013). Para tal efecto, la investigación propuesta se consideró de tipo mixta con carácter exploratorio, cuyo diseño es no experimental y se utilizó el método de muestreo por conglomerados para la selección de la muestra.

Siguiendo el enfoque propuesto por los autores, arriba indicados, el estudio consistió en analizar e interpretar el nivel de sentido estructural utilizado por estudiantes de séptimo grado al desarrollar estructuras numéricas y algebraicas. Se buscaba comprender cómo los estudiantes analizan matemáticamente una expresión numérica equivalente al momento de trabajarla. Esta acción se realizó con el propósito de intentar la búsqueda de estrategias que permitan mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática a nivel de séptimo grado y niveles superiores. El análisis de los datos se realizó mediante codificación cualitativa con ayuda del programa Maxqda 18 Analytic Professional, de gran utilidad en el manejo de los datos cualitativos y cuantitativos.

La población muestreada estuvo conformada por ciento veinte estudiantes de educación secundaria procedentes de tres provincias del país. En torno a cada una de estas provincias se seleccionaron dos colegios, uno de ellos del sector oficial y otro del sector particular. Y en torno a cada colegio se escogió de entre varios grupos el grupo muestra que correspondía el horario de atención por un docente de matemática a la hora seleccionada para la aplicación del instrumento. Los grupos de clases en su mayoría estaban compuestos por aproximadamente veinte estudiantes, en los casos que el grupo contaba con más de veinte estudiantes la selección se realizó al azar, y dos de los grupos seleccionados solo contaban con diecinueve estudiantes. Se consideró estudiantes de

séptimo grado en esta investigación, con el objetivo de observar el nivel de sentido estructural que poseen los estudiantes que llegan a las aulas de colegios de educación secundaria a nivel básico. Se contó con el apoyo del personal directivo de los colegios donde se aplicó los instrumentos. Ellos proporcionaron los planes de estudio de matemática de séptimo grado, los cuales fueron utilizados para el diseño de los problemas planteados en el instrumento, el cual a su vez fue validado por docente especialista internacional en esta área.

Descripción del instrumento propuesto

El instrumento aplicado a los estudiantes estuvo compuesto de dos actividades. En la primera el propósito considerado consistió en que el estudiante hiciera uso de la generalización y en la segunda, la actividad hacía referencia a completar espacios en blanco. Cada actividad constaba de cuatro ítems. En este reporte se presenta los resultados del trabajo realizado en la primera actividad del instrumento. Las expresiones de esta primera parte del instrumento se presentaban en forma simple o sencilla, no involucraban términos con grados de complejidad. La indicación propuesta en los cuatro primeros ítems quedó redactada de la siguiente forma:

Reproduce en forma numérica y algebraica la expresión presentada.

La Figura 1 muestra las expresiones numéricas que se presentaba a los estudiantes en la primera actividad y que los estudiantes tenían que reproducir dos veces, primeramente “Con números”, luego “Con letras” y finalmente sugería: “*Explica por qué crees que tu respuesta es correcta*”.

$(5 + 3) \times (5 - 3)$ $(7 + 4) \times (7 - 4)$ $(23 + 19) \times (23 - 19)$	$5 \times 7 + 5 \times 14 = 5 \times (7 + 14)$ $7 \times 10 + 7 \times 20 = 7 \times (10 + 20)$ $10 \times 6 + 10 \times 12 = 10 \times (6 + 12)$
Ítem 1	Ítem 2
$12 \times (10 - 5) = 12 \times 10 - 12 \times 5$ $24 \times (20 - 10) = 24 \times 20 - 24 \times 10$ $36 \times (30 - 15) = 36 \times 30 - 36 \times 15$	$12 + (5 + 15) = (12 + 5) + 15$ $20 + (3 + 9) = (20 + 3) + 9$ $18 + (6 + 18) = (18 + 6) + 18$
Ítem 3	Ítem 4

Figura 1. Ítems asignados en la primera actividad del instrumento diseñado.

Análisis de Datos

Se describe en esta sección el desempeño de los estudiantes en las categorías establecidas para los cuatro ítems propuestos. Se utilizó la escala numérica (Tabla No.1) establecida por Vega-Castro (2013). Esta escala atiende al grado en que el estudiante hace uso de la estructura para atender a la resolución de tareas propuestas.

Tabla 1. *Código numérico en la denominación de categorías para el análisis*

Código numérico	Descripción general
1	Corresponde a casos en los que el estudiante utiliza las relaciones internas de la expresión para resolver la tarea propuesta haciendo uso de la estructura de esta.
2	Corresponde a casos en los que el estudiante utiliza algunas de las relaciones internas de la expresión dada para resolver la tarea propuesta.
3	Corresponde a casos en que el estudiante no utiliza ninguna de las relaciones internas de la expresión dada en la resolución de la tarea.

En función de esta escala numérica se elaboró una categoría para el análisis del desempeño de los estudiantes al completar esta actividad del instrumento. Esta categoría hace referencia a los descriptores del sentido estructural propuestos por Vega-Castro (2013, pp. 88-90).

Categoría establecida en función de los ítems que se enuncian

La Tabla 2 presenta las características de una de las categorías establecidas “RE: Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada”, y que a su vez fue dividida en subcategorías: RE-1, RE-2a, RE-2b y RE- 3.

Tabla 2. *Características de la primera categoría*

Categoría: RE: Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada.

RE - 1	RE - 2a	RE - 2b	RE - 3
Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada.	Reproduce la estructura numérica, pero no la estructura algebraica de la expresión presentada.	No reproduce la estructura numérica, pero sí la estructura algebraica de la expresión presentada.	No reproduce la estructura numérica ni algebraica de la expresión presentada.

Nota: Se asignó las letras BC para codificar las respuestas donde los estudiantes no completaron el ítem, lo dejaron en blanco o fue considerado no codificable.

Análisis y descripción del desempeño de los estudiantes.

La Figura 2 muestra el desempeño de los 118 estudiantes en el desarrollo del ítem 3 del instrumento asignado, elegido este ítem como modelo representativo de los ítems propuestos en la primera actividad del instrumento.

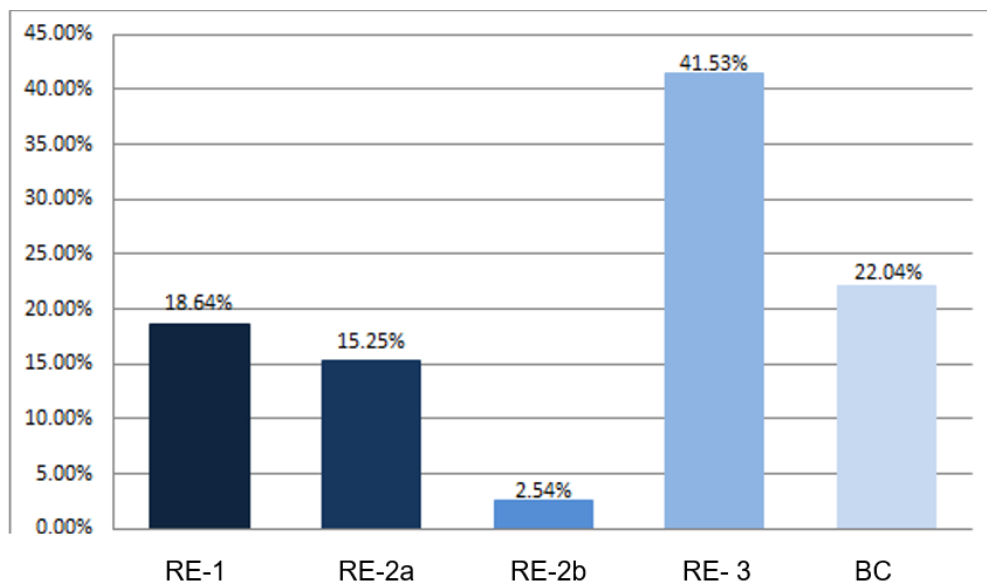


Figura 2. Desempeño de los estudiantes en el desarrollo de la actividad.

Primera Subcategoría (RE-1)

La primera columna de la gráfica No.1 corresponde a la subcategoría denominada: *Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada*. Se observa que el 18.64% (22 de 118) de los estudiantes reprodujeron correctamente la estructura numérica y algebraica (ver Imagen 3).

<p>Con números</p> $20 \times (5 - 15) = 20 \times 5 - 20 \times 15$ $30 \times (20 - 60) = 30 \times 20 - 30 \times 60$	<p>Con letras</p> $A \times (B - C) = A \times B - A \times C$ $D \times (E - F) = D \times E - D \times F$
--	---

Explica por qué crees que tu respuesta es correcta:

Porque lo hice en el orden indicado con mis propios ejemplos

Figura 3. Modelo de desempeño del estudiante E-114.

La Figura 3, muestra como modelo el desempeño del estudiante E-114. El estudiante percibe que hay un patrón en la igualdad presentada, puesto que al reproducir la estructura tanto numérica como algebraica conserva el valor (mismo número) del primer factor en cada uno de los binomios del miembro derecho. A su vez en el miembro izquierdo conserva como factor común este mismo valor. Reproduce correctamente las estructura numérica y algebraica, conservando los patrones que guardan las expresiones presentadas en el Ítem 3.

Segunda Subcategoría (RE-2a)

La segunda columna de la gráfica No.1 describe la subcategoría denominada: *Reproduce la estructura numérica, pero no la estructura algebraica de la expresión presentada*. Se

observa que el 15.25% (18 de 118) de los estudiantes reprodujeron correctamente la estructura numérica, pero no la estructura algebraica (ver Figura 4).

Con números

$$14 \times (11 - 6) = 14 \times 11 - 14 \times 6$$

$$18 \times (12 - 5) = 18 \times 12 - 18 \times 5$$

Con letras

$$a \times (b - c) = a \times b - b \times c$$

$$l \times (h - w) = l \times h - l \times e$$

Explica por qué crees que tu respuesta es correcta:

Por que creo que del ejemplo aprendí a colocar la mismas posiciones, pero con diferentes números

Figura 4. Modelo de desempeño del estudiante E-117.

La Figura 4 muestra como modelo el desempeño del estudiante E-117. El estudiante percibe que existe un patrón a seguir en la sección numérica y lo conserva. En su justificación, expresa “*porque creo que del ejemplo aprendí a colocar las mismas posiciones, pero con diferentes números*”. No obstante, en la sección algebraica muestra no haber percibido la existencia de un patrón a seguir. Este caso permite ver la necesidad de fortalecer la parte conceptual de las propiedades en este nivel de escolaridad.

Tercera Subcategoría (RE-2b)

La tercera columna de la Figura 1 corresponde a la subcategoría: *No reproduce la estructura numérica, pero sí la estructura algebraica de la expresión presentada*. Sólo un 2.54% (3 de 118) de los estudiantes no reprodujeron correctamente la estructura numérica, pero sí la estructura algebraica (ver Imagen 5).

Con números

$$12 \times (10 - 5) = 12 \times 10 - 12 \times 5$$

$$36 \times (30 - 15) = 36 \times 30 - 36 \times 15$$

Con letras

$$a \times (b - c) = a \times b - a \times c$$

$$d \times (e - b) = d \times e - d \times b$$

$$f \times (g - h) = f \times g - f \times h$$

Explica por qué crees que tu respuesta es correcta:

Cada número del recuadro es igual y yo los multiplique y los sume, con letra: cada número con cantidad está ubicado brevemente en orden de la cantidad

Figura 5: Modelo de desempeño del estudiante E-034.

La Figura 5 muestra el desempeño del estudiante E-034. Este estudiante percibe que hay un patrón en la expresión presentada. Ha conservado los patrones que guardan las expresiones del Ítem 3 en la reproducción de la estructura algebraica, sin embargo, en la reproducción de la estructura numérica, ha omitido colocar el signo igual. Esta acción y realizar los cálculos, manifiestan que no percibe con claridad el valor de igualdad inmerso en la propiedad. El estudiante muestra buen nivel de abstracción al reproducir la estructura algebraica, no obstante, muestra inseguridad en el desarrollo aritmético.

Cuarta Subcategoría (RE-3)

La cuarta columna representa la subcategoría: *No reproduce la estructura numérica, ni la estructura algebraica de la expresión presentada*. La Figura 1 muestra que el 41.53% (49 de 118) de los estudiantes no reprodujeron correctamente la estructura numérica, ni la estructura algebraica. La Figura 6 presenta un modelo del desempeño de los estudiantes.

Con números

$$24 \times (11 - 7) = 8 \times 9 - 6 \times 8$$

$$8 \times (19 - 4) = 6 \times 9 - 8 \times 19$$

Con letras

$$a \times (b - c) = f \times c - o \times u$$

$$2 \times 4 (a - c) = o \times u - y \times i$$

Explica por qué crees que tu respuesta es correcta:

Lo inventé de mi imaginación y fue lo que se me ocurrió?

Figura 6. Modelo de desempeño del estudiante E-107.

El estudiante justifica indicando: “lo inventé de mi imaginación y fue lo que se me ocurrió”. No percibe la presencia de una propiedad en las expresiones propuestas, ni percibe un patrón a seguir. Observación: La última columna de la Figura 1, muestra que un 22.04% (26 de 118) de los estudiantes dejaron en blanco el ítem o el mismo no fue codificable.

RESULTADOS

La Tabla 3 muestra el total de respuestas que coinciden con cada una de las subcategorías de la categoría en estudio: “Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada”. En ella se presenta detalladamente el análisis cuantitativo del instrumento de investigación.

Tabla 3. Frecuencias absolutas y totales de cada subcategoría en los ítems 1, 2, 3, 4.

Expresión	RE: Categoría Reproduce la Estructura					Total
	RE - 1	RE - 2a	RE - 2b	RE - 3	BC	
Ítem 1	20	17	3	69	9	118
Ítem 2	17	19	2	62	18	118
Ítem 3	22	18	3	49	26	118
Ítem 4	18	21	3	49	27	118
Subtotal	77	75	11	229	80	472

En esta primera parte del instrumento se recibió un total de 472 respuestas. La Tabla 3 muestra que, de acuerdo con el estudio y análisis realizado, setenta y siete (77) de 472 respuestas coincidieron en la subcategoría RE-1. Esta subcategoría corresponde a casos en los que el estudiante utiliza las relaciones internas de la expresión para resolver la tarea haciendo uso de la estructura de la propiedad distributiva mediante la identificación de patrones.

Luego, setenta y cinco (75) de 472 respuestas coincidieron en la subcategoría: RE - 2ª y once (11) de 472 respuestas coincidieron en la subcategoría: RE - 2b. Estas dos subcategorías corresponden a casos en los que el estudiante utiliza *algunas* de las relaciones internas de la expresión dada para resolver la tarea haciendo uso de la estructura de la propiedad distributiva. En su mayoría, el estudiante muestra haber identificado un patrón a seguir y lo representa correctamente de forma numérica pero no algebraica.

Finalmente, doscientas veintinueve (229) respuestas de 472 coinciden en la subcategoría Re - 3, la cual corresponde a casos en que el estudiante no utiliza ninguna de las relaciones internas que caracterizan la propiedad distributiva inmersa en las igualdades propuestas. En este tipo de respuesta el estudiante muestra no percibir la presencia de patrones a seguir en las igualdades presentadas. Y ochenta (80) de 472 ítems son dejados en blanco.

El análisis realizado en esta sección de la investigación se centró en la categoría “*Reproduce la estructura numérica y algebraica de la expresión presentada*”, hecho que condujo esta investigación a observar y analizar cómo los estudiantes reconocen estructuras, patrones, relaciones internas que subyacen en las propiedades y, a su vez cómo generalizan expresiones numéricas, con el objetivo de observar el enfoque estructural utilizado. El análisis de los ítems en estudio permitió percibir dificultades que presentan los estudiantes de séptimo grado al trabajar con expresiones numéricas y algebraicas, algunas de las cuales se hacían recurrentes en los distintos ítems propuestos.

Ejemplos de dificultades

1. Expresiones que no conllevan signo de igualdad: algunos estudiantes ante una expresión matemática que no conlleva signo de igualdad presentan cierto grado de dificultad y la tendencia es colocar el signo igual para el desarrollo de la expresión propuesta. Observar el modelo presentado en la Figura 7.

Ítem 1.

$(5 + 3) \times (5 - 3)$
$(7 + 4) \times (7 - 4)$
$(23 + 19) \times (23 - 19)$

Con números	Con letras
$(6+3) \times (6-3)$	$(6+3) \times (6-3) = (A)$
$(9+4) \times (9-4)$	$(9+4) \times (9-4) = (B)$

Figura 7. Estudiante E-113. Dificultad ante la falta del signo igual.

2. Expresiones que implican generalizar: cuando se requería reproducir algebraicamente la expresión presentada, algunos estudiantes confundían la reproducción algebraica con letras como escritura en palabras. Observar el modelo presentado en la Figura 8.

Ítem 1.

$(5 + 3) \times (5 - 3)$
$(7 + 4) \times (7 - 4)$
$(23 + 19) \times (23 - 19)$

Con números	Con letras
$(5+3) \times (5-3)$	$(cinco mas tres) \times (cinco menos tres)$
$(7+4) \times (7-4)$	$(siete mas cuatro) \times (siete menos cuatro)$

Figura 8. Estudiante E-043. Confusión en la reproducción de expresiones numéricas.

3. Expresiones que implican propiedades: algunos estudiantes al desarrollar el ítem reproducían las expresiones aritméticas y algebraicas colocando números y letras sin percibir que estaba involucrada la propiedad distributiva en la igualdad presentada. Observar el modelo presentado en la Imagen 9.

Ítem 2. $\begin{array}{l} 5 \times 7 + 5 \times 14 = 5 \times (7 + 14) \\ 7 \times 10 + 7 \times 20 = 7 \times (10 + 20) \\ 10 \times 6 + 10 \times 12 = 10 \times (6 + 12) \end{array}$

Con números	Con letras
$9 \times 8 + 20 \times 17 = 9 \times (8 + 17)$	$x \cdot y + R \cdot z = x \cdot (y + z)$
$3 \times 5 + 25 \times 10 = 3 \times (5 + 10)$	$D \times N + I \times S = D \times (N + S)$

Figura 9. Estudiante E-089. Dificultad para percibir propiedades.

4. Expresiones que requieren detección de patrones: algunos estudiantes al desarrollar la propiedad distributiva no aplicaban la estructura externa (paréntesis). Esta dificultad puede estar familiarizada con la capacidad de observación y detección de patrones. Observar el modelo presentado en la Figura 10.

Ítem 3. $\begin{array}{l} 12 \times (10 - 5) = 12 \times 10 - 12 \times 5 \\ 24 \times (20 - 10) = 24 \times 20 - 24 \times 10 \\ 36 \times (30 - 15) = 36 \times 30 - 36 \times 15 \end{array}$

Con números	Con letras
$12 \times 10 - 5 = 12 \times 10 - 12 \times 5$	$a \times b - c = a \times d - c \times a$
$24 \times 20 - 10 = 24 \times 20 - 24 \times 10$	$a \times c - s = b \times a - c \times d$

Figura 10. Estudiante E-091. Dificultad para seguir patrones.

CONCLUSIONES

Luego del estudio realizado, se observó que solamente el 16.3% de las respuestas emitidas por los estudiantes daban muestras de reconocimiento y uso de las relaciones internas (propiedad distributiva) subyacentes en la igualdad propuesta, es decir se reproducía tanto la estructura numérica como la algebraica. Según los trabajos realizados por Vega-Castro, Molina y Castro (2010-2013), el estudiante da muestras de sentido estructural cuando reconoce una estructura familiar en la expresión propuesta, permite observar en su justificación que ha identificado propiedades inmersas en la expresión o igualdad propuesta.

El 18.2% de las respuestas dieron muestras de que los estudiantes habían utilizado algunas de las relaciones internas de la expresión propuesta para resolver la tarea haciendo uso de la estructura de la propiedad distributiva. De este porcentaje, una mayoría (15.9%) mostró habilidad para reproducir la estructura numérica, pero no la algebraica. Llama notablemente la atención que el 48.5% de las respuestas emitidas correspondió a casos en que los estudiantes no utilizaron ninguna de las relaciones internas inmersas en la igualdad propuesta, no reprodujeron la estructura numérica ni la algebraica atendiendo la propiedad distributiva. Un 16.9% de las respuestas fueron dejadas en blanco o consideradas no codificables. Estos resultados dan muestras de que los estudiantes que presentaron un bajo nivel de sentido estructural no atienden las características particulares de las expresiones, no establecen relaciones entre los términos que las componen, ni consideran las expresiones equivalentes como un todo. No identificaron la propiedad conmutativa ni asociativa, hecho que les hubiese permitido reproducir las expresiones de numéricas a algebraicas.

En referencia a la interrogante de investigación presentada, cabe mencionar que la categoría establecida permitió observar con claridad casos en los cuales los estudiantes presentaron muestras de sentido estructural y otros casos en los cuales los estudiantes no dieron muestras de utilizar este constructo. Se percibe con esta experiencia la importancia que conlleva hacer énfasis en fortalecer el reconocimiento de patrones que subyacen en el aprendizaje conceptual de las propiedades matemáticas. Esta acción permitirá al estudiante identificar las estructuras tanto aritméticas como algebraicas presentes en expresiones e igualdades matemáticas, y conducirá los estudiantes a un aprendizaje menos mecánico, menos algorítmico y más estructural, que le transportará directamente a la generalización de las expresiones.

En este sentido, se requiere retomar ideas propuestas por Bell (1995) quien refiere que para generalizar es necesario explorar una situación para detectar patrones, reconocer relaciones y expresarlas verbal y simbólicamente, de igual manera buscar explicaciones y diferentes tipos de justificaciones de acuerdo con el nivel al que se corresponde. Se requiere que el docente potencie en los estudiantes el Sentido Estructural, constructo que lleva inmersa la capacidad de aprehender el orden interno de los objetos algebraicos (Rojano, 2022). En este sentido compete como docentes investigadores proponer planes y programas de enseñanza que persigan los estándares propuestos en los planteamientos curriculares de NCTM (2003).

Agradecimiento

Este trabajo formó parte del Proyecto “Nivel de sentido estructural que manifiestan estudiantes panameños al trabajar con estructuras algebraicas. Diseño de una propuesta para desarrollar en el aula”. Realizado dentro del Programa de Fomento a la Investigación y Desarrollo (I+D), Inserción de Talento Especializado, bajo el patrocinio de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de la República de Panamá. Contó con la colaboración de la Dra. Encarnación Castro, profesora emérita de la Universidad de Granada-España.

REFERENCIAS

- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241.
- Bell, A. (1995). Purpose in School Algebra. *Journal of Mathematical Behavior* 14, 41-73.
- Cancec-Murillo, G., Rojano, T., Montoro, A. B., & Flores, P. (2023). Sentido de la estructura requerido en las tareas de cálculo. En C. Jiménez-Gestal, A. A. Magreñán, E. Badillo y P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (p.562). SEIEM.
- Cancec-Murillo, G., Montoro, A. B., Flores, P. y Rojano, T. (2024). El sentido estructural en el estudiantado de carreras de ingeniería. En N. Adamuz- Povedano, E. Fernandez-Ahumada, N. Climent y C. Jiménez- Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (pp. 137-144). SEIEM.
- Cañadas, M. C., Castro E. y Castro, E. (2008). Patrones, generalización y estrategias inductivas de estudiantes de 3º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria en el problema de las baldosas. *PNA*, 2(3), 137-151.

- Castro, E. (2012). Dificultades en el aprendizaje del álgebra escolar. En A. Estepa, Á. Contreras, J. Deulofeu, M. C. Peñalva, F. J. García y L. Ordoñez (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVI* (pp. 75 -94). Jaén, España: SEIM.
- Hiebert J. y Lefevre P. (1986). *Conceptual and procedural knowledge: the case of Mathematics*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hiebert, J. y Wearne, D. (1986). Procedures over concepts: The acquisition of decimal number knowledge. En J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 199-223). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hoch, M. (2003). Structure sense. En M. A. Mariotti (Ed.), *Proceedings of the 3rd Conference for European Research in Mathematics Education* (CD). Bellaria, Italia: ERME.
- Hoch, M. y Dreyfus, T. (2004). Structure sense in high school algebra: The effect of brackets. En M. J. Høines y A. B. Fuglestad (Eds.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol.3, pp. 49-56). Bergen, Noruega: Bergen University College.
- Hoch, M. y Dreyfus, T. (2007). Recognising an algebraic structure. En D. Pitta-Pantazi y G. Philippou (Eds.), *Proceedings of the 5th Congress of the European Society for Research in Mathematics* (pp. 436-445). Larnaca, Cyprus: CERME.
- Kieran, C. (2006). Research on the learning and teaching of algebra. A broadening of sources of meaning. En A. Gutiérrez y P. Boero (Eds.), *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future* (pp. 11-49). Rotterdam, Los Países Bajos: Sense Publishers.
- Linchevski, L. y Livneh, D. (1999). Structure sense: the relationship between algebraic and numerical contexts. *Educational Studies in Mathematics*, 40(2), 173-196.
- Mamona-Downs, J. y Downs, M. (2008). Advanced mathematical thinking and the role of mathematical structure. En L. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp.154-175). New York, NY: Routledge.
- Mason, J., Graham, A. y Johnston-Wilder, S. (2005). *Developing thinking in algebra*. (pp. 2- 63). UK: Sage y The Open University.
- Molina, M. (2006). *Desarrollo de pensamiento relacional y comprensión del signo igual por alumnos de tercero de educación primaria*. Tesis doctoral. Granada, España: Universidad de Granada.
- Molina, M. (2010). Una visión estructural del trabajo con expresiones aritméticas y algebraicas. *SUMA* 65, 7-15.
- Mulligan, J., y Mitchelmore, M. (2009). Awareness of pattern and structure in early mathematical development. *Mathematics Education Research Journal*, 21(2), 33-49.
- NCTM (2003). *Principios y Estándares para la Educación Matemática*. Sevilla, España: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- Radford, L. (2008). Iconicity and contraction: A semiotic investigation of forms of algebraic generalizations of patterns in different contexts. *Zdm*, 40(1), 83-96.
- Ramos-Franco, M., & Aké-Tec, L. P. (2024). Pensamiento algebraico a través de la generalización de patrones: Un estudio de caso con estudiantes de bachillerato. *PädiUAQ*, 7(13), 1-20.
- Rojano, T. (2022). *Algebra structure sense development amongst diverse learners*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003197867>
- Sfard, A. (2001). Equilibrar algo desequilibrado: Los estándares del NCTM a la luz de las teorías del aprendizaje de las matemáticas. *Revista EMA*, 6(2), 95-140.
- Ursini, S., Escareño, F., Montes, D., Trigueros, M. (2008). *Enseñanza del álgebra elemental. Una propuesta alternativa*. Editorial Trillas: México.

- Vega-Castro, D. (2010). *Sentido estructural manifestado por alumnos de 1º de bachillerato en tareas que involucran igualdades notables*. Trabajo fin de máster. Granada, España: Universidad de Granada.
- Vega-Castro, D., Molina, M. y Castro, E. (2012). Sentido estructural de estudiantes de bachillerato en tareas de simplificación de fracciones algebraicas que involucran igualdades notables. *RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 15(2), 233-258.
- Vega-Castro, D. (2013). *Perfiles de alumnos de Educación Secundaria relacionados con el Sentido Estructural manifestado en experiencias con expresiones algebraicas*. Tesis Doctoral. Granada, España: Universidad de Granada.

Elías Pérez-Peña

Universidad de Panamá, Panamá

elias2422@gmail.com

Félix Vega-Domínguez

Universidad de Panamá, Panamá

felixvegadominguez@gmail.com

Danellys Vega-Castro

Universidad de Panamá, Panamá

danellys.vega@up.ac.pa



Obra publicada con [Licencia Creative Commons Atribución 3.0 España](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/es/)

