

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE PENSAMIENTO ALGEBRAICO EN EDUCACIÓN INFANTIL Y PRIMARIA EN SCOPUS

Analysis of scientific production on algebraic thinking in pre-primary and primary education in Scopus

Narváez, R.^a, Adamuz-Povedano, N.^b y Cañadas, M. C.^a

^a Universidad de Granada ^b Universidad de Córdoba

Resumen

La investigación relacionada con pensamiento algebraico es un tema de interés, tanto a nivel nacional como internacional. Los estudios sobre pensamiento algebraico han abordado distintos temas como generalización, estrategias utilizadas y representaciones, a través de tareas que pretenden fomentar el pensamiento algebraico y las capacidades que implica. En este trabajo presentamos un análisis bibliométrico cuyo objetivo es cuantificar y describir, de forma global, la producción científica sobre pensamiento algebraico en educación infantil y educación primaria desde 1984 al 2021. Para ello, analizamos las fuentes incluidas en la base de datos de Scopus, considerando criterios de inclusión como año, idioma, tipos de documentos y área temática. Dentro de los resultados destacamos que este tema sigue en crecimiento distinguiéndose diversos autores que continúan investigando sobre este tema.

Palabras clave: *Análisis bibliométrico; pensamiento algebraico; producción científica; revisión de literatura.*

Abstract

Research related to algebraic thinking is a topic of interest, both nationally and internationally. Studies on algebraic thinking have addressed different topics such as generalization, strategies used and representations, through tasks that aim to promote algebraic thinking and the skills involved. In this paper we present a bibliometric analysis whose aim is to quantify and describe, in a global way, the scientific production on algebraic thinking in early childhood and primary education from 1984 to 2021. To this end, we analyze the sources included in the Scopus database, considering inclusion criteria such as year, language, types of documents and subject area. Among the results, we highlight that this topic continues to grow, with several authors who continue to research on this subject.

Keywords: *Algebraic thinking; bibliometric analysis; literature review; scientific production.*

INTRODUCCIÓN

El pensamiento algebraico ha sido un tema de investigación relevante dentro de la Didáctica de la Matemática en las últimas décadas. Diversos estudios han abordado distintas aproximaciones del pensamiento algebraico. Esto ha permitido tener un conocimiento de cómo integrar este tipo de pensamiento matemático en las aulas. Como lo expresa Kaput (2000) a través de la algebrización del currículo podemos realizar una integración paulatina del pensamiento algebraico desde los primeros cursos de enseñanza. Esto no significa que debemos llevar contenido algebraico de educación secundaria a niveles educativos previos, sino que a través de distintos componentes y tareas relacionadas con el pensamiento algebraico podemos desarrollar habilidades matemáticas que le permitirán al estudiante abordar de mejor forma el álgebra.

La mayoría de los trabajos en esta temática incluyen una revisión de literatura. Algunos ejemplos de revisiones sistemáticas en pensamiento algebraico son los trabajos de Pincheira y Alsina (2021) o Sibgatullin et al. (2022). Sin embargo, no hemos localizado una revisión general que permita dar una imagen global de las publicaciones sobre pensamiento algebraico. Consideramos que esto es necesario y útil para las investigaciones que se están llevando a cabo en la actualidad. En este trabajo presentamos algunos resultados de una revisión bibliométrica realizada sobre pensamiento algebraico en educación infantil y primaria entre 1984 y 2021, método de análisis que nos ayudará a obtener un conjunto de datos e indicadores que caracterizará, a grandes rasgos, el estado de esta temática en esos años. En la actualidad, este trabajo cobra especial interés, tanto para investigadores como para docentes, pues el sentido algebraico es uno de los sentidos que se recogen en el currículo de educación primaria (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022).

PENSAMIENTO ALGEBRAICO

El pensamiento algebraico “considera las formas de hacer, de pensar y de hablar sobre el álgebra y, en particular, el álgebra escolar” (Cañadas, 2016, p. 8). Esto permite que los estudiantes trabajen con cantidades indeterminadas. Para Blanton y Kaput (2004, p. 142) el pensamiento algebraico se define como “un hábito mental que impregna todas las matemáticas y que implica la capacidad de los estudiantes para construir, justificar y expresar conjeturas sobre la estructura y las relaciones matemáticas”. Kaput (2008) indica que “el corazón del pensamiento algebraico está compuesto de un proceso de simbolización complejo que tiene como propósito la generalización y el razonamiento con dichas generalizaciones” (p. 9). Este autor considera dos aspectos centrales del pensamiento algebraico: (a) hacer y expresar generalizaciones en sistemas de símbolos cada vez más formales y convencionales, y (b) razonar con formas simbólicas. Así mismo, indica que estos aspectos abarcan al álgebra como el estudio de estructuras y sistemas extraídos de cálculos y relaciones; como estudio de funciones, relaciones y variación articular; y como la aplicación de un grupo de lenguajes para expresar y el razonamiento sobre situaciones que están siendo modeladas.

El trabajo con actividades que promueven el pensamiento algebraico con estudiantes de primaria ayuda a desarrollar un pensamiento analítico, donde las cantidades indeterminadas, incógnitas o variables se tratan junto con las cantidades conocidas (Ventura et al., 2021). El principal objetivo de trabajar el pensamiento algebraico es hacer que “los niños piensen, describan y justifiquen lo que sucede en general con respecto a alguna situación matemática. Es decir, queremos que los niños desarrollen una generalización, una afirmación que describa una verdad matemática general sobre algún conjunto de datos” (Blanton, 2008, p. 105). Respecto al trabajo en educación infantil con pensamiento algebraico, permite explorar las nociones intuitivas que tengan sobre este tema, así como la observación de patrones, regularidades y la argumentación de los hallazgos. Todo esto a través del juego y de la enseñanza no formal del contenido (Fuentes y Cañadas, 2022).

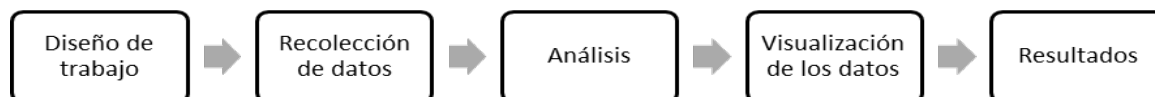
En este estudio nuestro objetivo es analizar la producción científica sobre pensamiento algebraico en educación infantil y primaria. En la búsqueda de publicaciones, partimos de algunos indicadores bibliométricos para facilitar la tarea y estableciendo los siguientes objetivos específicos:

1. Cuantificar la producción científica por año y tipo de documentos publicados.
2. Identificar las fuentes donde se publican trabajos sobre pensamiento algebraico.
3. Identificar los autores que más producen sobre este tema.
4. Identificar los países en los que más se ha investigado en este tema.
5. Identificar los principales conceptos abordados en los estudios relacionados con el pensamiento algebraico.

METODOLOGÍA

Este estudio bibliométrico permite evaluar y analizar el resultado sobre un tema concreto, brindando información importante sobre la producción científica (Becerra, 2014). Utilizamos el flujo de trabajo de Zupic y Čater (2015), organizando nuestro trabajo en cinco pasos (ver Figura 1).

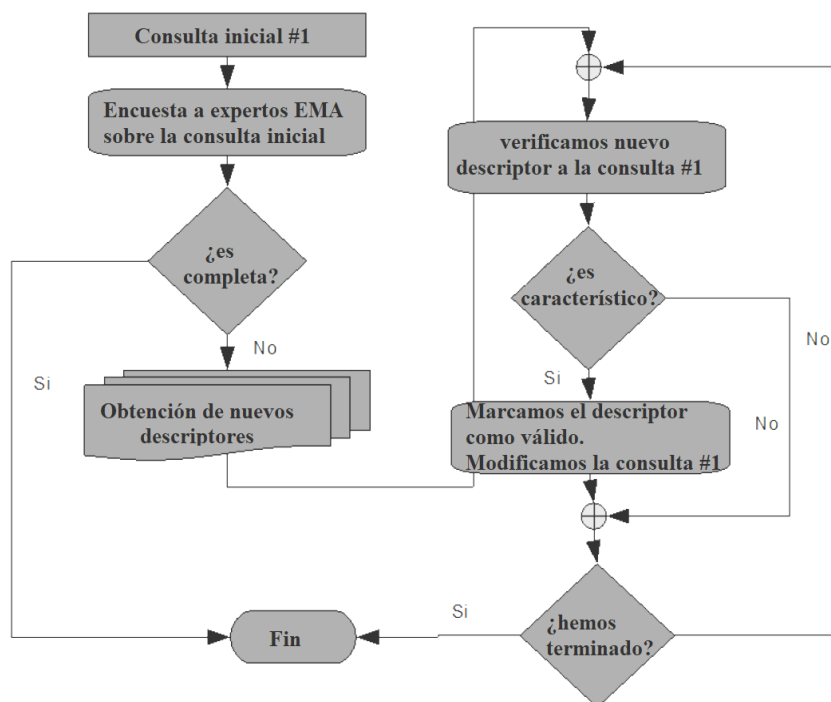
Figura 1. Diagrama de flujo utilizado en el proceso de revisión bibliométrica



Para la búsqueda de producción científica sobre pensamiento algebraico, utilizamos la base de datos Scopus, por ser una de las bases de mayor prestigio dentro de la Didáctica de la Matemática y por ser una de las de mayor cobertura a nivel de revistas y volumen de citación (Martín-Martín et al., 2021; Singh et al., 2021).

Para la obtención y validación de los conceptos descriptores para nuestra búsqueda, seguimos los pasos establecidos por Adamuz-Povedano et al. (2013), que detallamos en la Figura 2.

Figura 2. Proceso de elaboración del listado de descriptores



Nota. Figura extraída de Adamuz Povedano et al. (2013)

Con ayuda de cinco expertos en el tema de diferentes universidades españolas —distintas a las nuestras—, y universidades extranjeras, obtuvimos algunos términos, los cuales sometimos a validación. Una vez revisados, obtuvimos la siguiente fórmula:

"algebraic thinking" OR "functional thinking" OR "early algebra" OR "generalized arithmetic" OR "pattern generalization" OR "algebraic reasoning" OR "Arithmetic thinking" OR "algebraic representations" OR "variable notation" OR "symbolic notation" OR "algebraic notation" OR "School algebra" OR "Algebraic structure sense" OR "pre-algebra" OR "Algebraic skills" OR "Algebraic problem solving" OR "Algebraic achievement" OR "Algebraic symbolism" OR "Algebraic language" OR "arithmetic structure"

Con esta fórmula, obtuvimos una muestra inicial de 3.446 documentos, siendo descargados el día 18 de noviembre de 2022. Posteriormente, establecimos criterios de inclusión para obtener una muestra más refinada, la cual se ajusta a nuestros objetivos (a) año de publicación inicial abierto (1984) y final, hasta diciembre de 2021, (b) áreas temáticas (matemáticas, ciencias sociales y psicología), (c) tipos de documentos (artículos, capítulos de libros y libros) e (d) idiomas (inglés y español). Tras este filtrado realizado, obtuvimos 1.004 documentos. Descargamos estos registros en una base de datos Excel para proceder con el filtrado manual de los mismos, con la finalidad de seleccionar solo los documentos centrados en las etapas de educación infantil y primaria. Con esto obtuvimos una muestra final de 309 documentos.

Para analizar los datos, utilizamos los resultados que ofrece Scopus y el programa Bibliometrix (Aria y Cuccurullo, 2017).

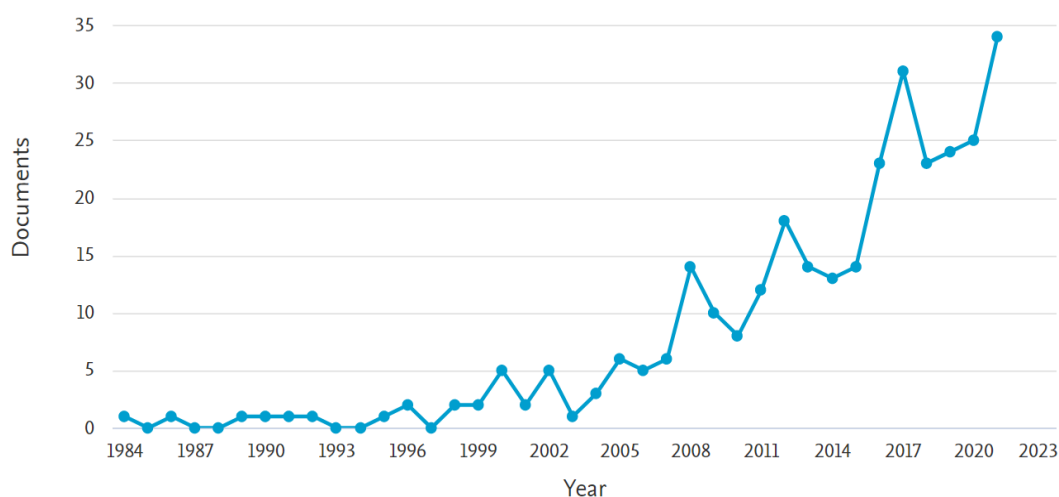
RESULTADOS

Detallamos a continuación datos obtenidos de nuestra muestra de 309 documentos:

- Existen 547 autores que han publicado sobre pensamiento algebraico, de los cuales 74 han realizado algún trabajo de forma individual.
- El promedio de documentos por año hasta el 2021 es de 9,33
- La media de citaciones por documento es de 19,67 aproximadamente.
- Existen 105 fuentes donde se han publicado los distintos trabajos.
- La tasa de crecimiento anual de publicación es del 10%.

La evolución diacrónica de esta producción se muestra en la Figura 3, observándose una tendencia creciente en este tema de investigación. La primera publicación indexada es en el año 1984. Los años posteriores las producciones sobre pensamiento algebraico en infantil y primaria fueron entre 0 y 1. A partir de 2005, la producción aumentó hasta llegar a 34 documentos publicados en 2021.

Figura 3. Producción diacrónica

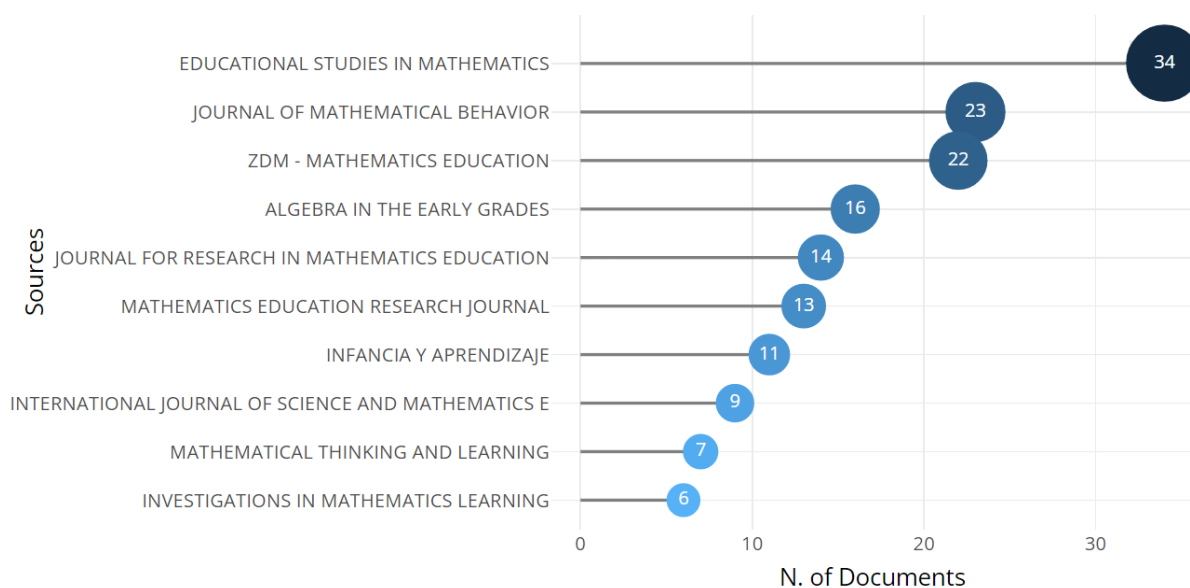


Nota. Figura extraída de Scopus

En cuanto a la tipología de documentos, teniendo en cuenta que hemos limitado la búsqueda a artículos, libros y capítulos de libro, obtenemos que un 83,8% son artículos, un 12,6% son capítulos de libros, y el resto (3,6%), son libros.

Respecto a las fuentes de publicación en Scopus, en la Figura 4 recogemos las revistas que han publicado una mayor cantidad de documentos relacionados con el pensamiento algebraico.

Figura 4. Fuentes de impacto



Nota. Figura extraída del programa Bibliometrix

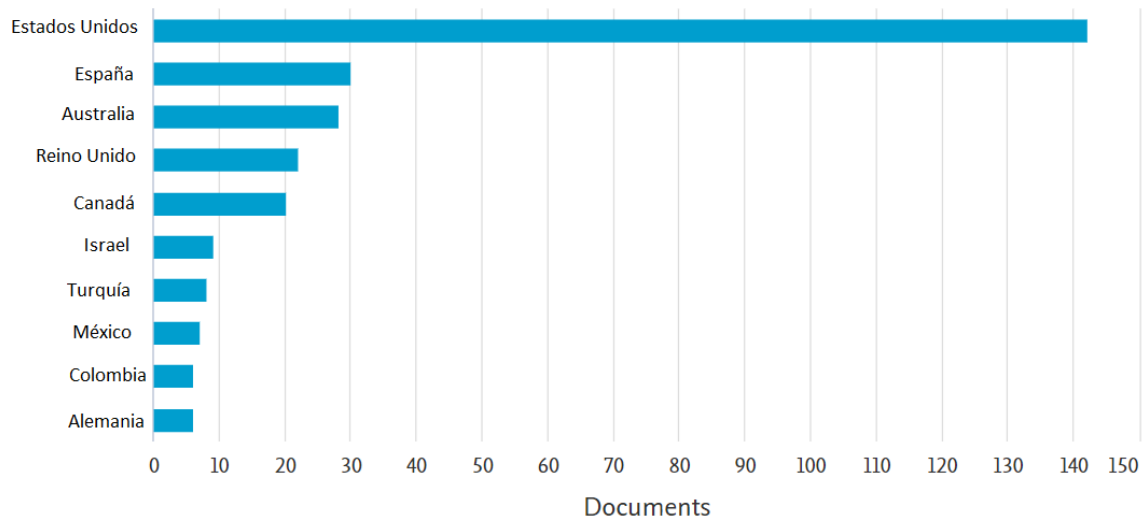
En lo referente a autores, en la Tabla 1 mostramos el listado de autores más productivos en la temática analizada, indicando los autores y las autoras que tienen hasta seis trabajos relacionados con el pensamiento algebraico en educación infantil o primaria. Se observa que la autora más productiva es María Blanton con 18 documentos en los años en los que hemos centrado el análisis, seguida de Bárbara Brizuela con 13 y Angela Gardiner y Eric Knuth con 10. Pertenecientes a universidades españolas, se encuentran María C. Cañadas (Universidad de Granada), con ocho y Marta Molina (Universidad de Salamanca) con seis.

Tabla 1. Listado de documentos por autor

Autores	Número de documentos
Blanton, Maria	18
Brizuela, Barbara M.	13
Gardiner, Angela M.	10
Knuth, Eric	10
Cañadas, María C.	8
Kaput, James J.	8
Stephens, Anne	8
Wilkie, Karina. J.	7
McNeil, N. M.	6
Molina, Marta	6
Radford, Luis	6
Strachota, Susanne.	6
Stroud, Rena.	6

Respecto a los países que más producciones tienen sobre el tema en Scopus, destaca Estados Unidos con 141 documentos incluidos en Scopus. Le siguen España, con 30 documentos y Australia, con 28. En la Figura 5 detallamos un gráfico con la cantidad de producciones realizadas por los 10 países que tienen una mayor cantidad de documentos sobre pensamiento algebraico indexados en Scopus.

Figura 5. Documentos por países



Nota. Figura extraída de Scopus

En Estados Unidos sobresale la Universidad de Wisconsin–Madison con 20 documentos y la Universidad Tufts con 17. La Universidad de Granada (España) sobresale en España con 20 documentos en Scopus. Por último, en Australia destaca la Universidad Católica Australiana con 8.

Con base en las palabras clave incorporadas por los autores, en la Tabla 2 mostramos los términos más usados en los trabajos analizados en nuestro estudio, cuya frecuencia es mayor a nueve.

Tabla 2. Lista de palabras claves con mayor uso de frecuencia dentro del pensamiento algebraico

Términos claves	Frecuencia
Early algebra	48
Algebra	43
Algebraic thinking	39
Algebraic reasoning	20
Functional thinking	19
Generalization	13
Mathematics education	12
Pattern generalization	9

Observamos que los términos *early algebra*, *algebraic thinking* y *algebra* son los que se han utilizado con mayor frecuencia dentro de los trabajos realizados sobre pensamiento algebraico. Además, sobresalen los términos pensamiento funcional, generalización de patrones y generalización, que coinciden con las distintas aproximaciones para abordar el pensamiento algebraico.

CONCLUSIONES

A través de un análisis bibliométrico cuantificamos e identificamos distintos componentes de la producción científica sobre pensamiento algebraico en Scopus. Presentamos una visión global sobre lo publicado desde 1984 hasta el año 2021 sobre este tema. Además, identificamos los autores que han investigado sobre pensamiento algebraico, fuentes donde se publican estos trabajos, países que más han producido en esta temática y palabras clave destacadas que usan los autores al publicar sobre pensamiento algebraico.

Al cuantificar la cantidad de producción científica, observamos que las publicaciones son un tercio de la cantidad total que produjo la fórmula inicial de búsqueda, pasando de 1004 a 309 documentos.

La mayoría de los documentos descartados para este trabajo estaban relacionados con investigaciones sobre pensamiento algebraico en cursos superiores a educación infantil y primaria. Hasta el año 2000 el pensamiento algebraico en las etapas de infantil y primaria no era una temática en la que la comunidad investigadora estuviera especialmente interesada, situación que ha cambiado en los últimos 20 años, cuando el interés es creciente. Molina (2009) indica que “el reconocimiento, reciente, de que los niños desde muy jóvenes pueden hacer mucho más de lo que se les suponía” (p. 138) ha impulsado el interés por investigar este tema. En el análisis por año evidenciamos que la investigación sobre pensamiento algebraico sigue en crecimiento y que es de gran interés para los investigadores en Didáctica de la Matemática.

Una gran cantidad de autores han escrito distintos trabajos, realizando investigaciones de forma individual o colaborativa. En el caso de España, destacamos que hay dos autoras entre las que más han publicado en Scopus sobre esta temática, y que España es el segundo país en número de producciones de pensamiento algebraico. En particular, sobresale la Universidad de Granada, con tantos trabajos publicados en Scopus como la universidad americana que más trabajos tiene (Wisconsin–Madison). Esto la sitúa en una posición destacada a nivel internacional en lo referente a pensamiento algebraico.

Al ser Scopus una base de datos donde se indexan mayormente revistas, la mayoría de los documentos que hemos obtenido son artículos científicos. Para la comunidad investigadora es un medio para mostrar aquellos avances relacionados con el pensamiento algebraico, lo que permite que otros investigadores, profesores o estudiantes interesados en el tema, puedan obtener la información necesaria. Esto es relevante también para los docentes, particularmente ahora que en España encontramos el sentido algebraico en el currículo de educación primaria de forma explícita (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2022).

Destacamos la contribución de este trabajo porque permite saber la situación sobre la producción en pensamiento algebraico, siendo este un tema actual, considerado en los ajustes curriculares de distintos países. Como lo expresaron Maz et al. (2009, p. 330) nos “aporta elementos objetivos para hacer identificable “quién es quién” en la Educación Matemática y establecer en cierta medida cuales son los núcleos de investigación y cuál es el nivel de actualidad y colaboración”.

Como líneas abiertas, está pendiente actualizar las fechas del estudio, incluyendo el año 2022 y parte del 2023. Además, consideramos necesario realizar una revisión sistemática que dé respuesta a preguntas más específicas en las investigaciones en educación infantil y primaria sobre pensamiento algebraico, relativas a metodologías de investigación, tareas propuestas o edad de los estudiantes, por ejemplo. Otra línea abierta sería incluir otra base de datos como WOS, lo cual permitiría tener una visión más amplia de la producción científica sobre pensamiento algebraico.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el Proyecto PID2020-113601GB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033, Agencia Estatal de Investigación (AEI) de España y una Beca de Doctorado en el extranjero, Becas Chile, Folio 72210075. También agradecemos a Ángel Alsina, Bárbara M. Brizuela, Juan Godino, Marta Molina, y Rodolfo Vergel por participar como expertos en la validación de los términos clave utilizados para este estudio.

Referencias

- Adamuz-Povedano, N., Jiménez-Fanjul, N. y Maz-Machado, A. (2013). Búsqueda de descriptores que caractericen una disciplina emergente en WoS y SCOPUS: el caso de la Educación Matemática. *Biblios: Revista Electrónica de Ciencias de la Información*, 50, 1-15. <https://doi.org/10.5195/BIBLIOS.2013.80>
- Aria, M. y Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

- Becerra, L. D. A. (2014). Estudio bibliométrico sobre uso de métodos y técnicas cualitativas en investigación publicada en bases de datos de uso común entre el 2011-2013. *Revista Iberoamericana de Psicología*, 7(2), 67-76.
- Blanton, M. (2008). *Algebra and the elementary classroom: Transforming thinking, transforming practice*. Heinemann.
- Blanton, M. y Kaput, J. J. (2004). Elementary grade students' capacity for functional thinking. 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. 2, pp. 135-142). PME.
- Cañadas, M. C. (2016). Álgebra escolar: un enfoque funcional. *UNO: Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 73, 7-13.
- Castro, E. (2012). Dificultades en el aprendizaje del álgebra escolar. En A. Estepa, Á. Contreras, J. Deulofeu, M. C. Penalva, F. J. García y L. Ordóñez (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVI* (pp. 75 - 94). SEIEM.
- Fuentes, S. y Cañadas, M. C. (2022). Evidencias de pensamiento funcional en una niña de 4 años: Estrategias y representaciones. En T. F. Blanco, C. Núñez-García, M. C. Cañadas y J. A. González-Calero (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXV* (pp. 269-276). SEIEM.
- Kaput, J. J. (2000). *Transforming algebra from an engine of inequity to an engine of mathematical power by "algebrafying" the K-12 curriculum*. National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science.
- Kaput, J. J. (2008). What is algebra? What is algebraic reasoning? En J. J. Kaput, D. W. Carraher y M. L. Blanton (Eds.), *Algebra in the early grades* (pp. 5-17). Lawrence Erlbaum Associates. <https://doi.org/10.4324/9781315097435-2>
- Martín-Martín, A., Thelwall, M., Orduna-Malea, E. y Delgado López-Cózar, E. (2021). Google Scholar, Microsoft Academic, Scopus, Dimensions, Web of Science, and OpenCitations' COCI: a multidisciplinary comparison of coverage via citations. *Scientometrics*, 126(1), 871-906. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03690-4>
- Maz, A., Torralbo, M., Hidalgo, M. y Bracho-López, R. (2009). Los simposios de la sociedad española de investigación en educación matemática: una revisión bibliométrica. En M. J. González, M. T. González y J. Murillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIII* (pp. 323-331). SEIEM.
- Molina, M. (2009). Una propuesta de cambio curricular: integración del pensamiento algebraico en educación primaria. *PNA*, 3(3), 135-156.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2022). Real decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *BOE*, 52, 24386-24504.
- Pincheira, N. y Alsina, Á. (2021). Teachers' mathematics knowledge for teaching early algebra: a systematic review from the MKT perspective. *Mathematics*, 9, 2590. <https://doi.org/10.3390/math9202590>
- Sibgatullin, I. R., Korzhuev, A. V., Khairullina, E. R., Sadykova, A. R., Baturina, R. V. y Chauzova, V. (2022). A systematic review on algebraic thinking in education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), em2065. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11486>
- Singh, V. K., Singh, P., Karmakar, M., Leta, J. y Mayr, P. (2021). The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. *Scientometrics*, 126(6), 5113-5142. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03948-5>
- Ventura, A. C., Brizuela, B. M., Blanton, M., Sawrey, K., Gardiner, A. M. y Newman-Owens, A. (2021). A learning trajectory in Kindergarten and First Grade students' thinking of variable and use of variable notation to represent indeterminate quantities. *The Journal of Mathematical Behavior*, 62, 100866. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2021.100866>
- Zupic, I. y Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429-472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>