

CARACTERIZACIÓN DE LA COMUNIDAD DE
EDUCACIÓN MATEMÁTICA
DE HABLA HISPANA.
UNA APROXIMACIÓN DESDE SU
DOCUMENTACIÓN DE ACCESO ABIERTO

Paola Castro
Código 201018632

Director: Pedro Gómez

Universidad de los Andes
Facultad de Educación
Doctorado en Educación
2020

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Artículo 1. A Taxonomy of Key Terms for Mathematics Education	8
Artículo 2. Educación Matemática en Hispanoamérica: agremiaciones, eventos y publicaciones	27
Artículo 3. Educación Matemática en Hispanoamérica: evolución de su documentación de acceso abierto	43
Artículo 4. Producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática para la educación media	65
Artículo 5. Tendencias de estudio en geometría: el caso del Encuentro de geometría y sus aplicaciones	87
Artículo 6. Documentación de investigación en una disciplina académica: comparación de dos comunidades	108
Artículo 7. Comunidad colombiana de Educación Matemática: una caracterización documental	126
Artículo 8. Investigación e innovación en la consolidación de una disciplina educativa	149
Resultados	167
Conclusiones	170
Referencias	172

INTRODUCCIÓN

Desde un enfoque social, una disciplina surge cuando existe una comunidad con un foco de interés, un lenguaje y un propósito común (Ernest, 1998). La existencia de la comunidad con el conocimiento que produce configura la disciplina. El conocimiento común que emerge en la comunidad se transmite mediante su producción documental. En relación con la Educación Matemática, su consolidación como disciplina científica ha sido objeto de estudio a nivel internacional (Kilpatrick, 2008; Sierpinska y Kilpatrick, 1998). Al respecto, se destaca que la comunidad de educadores matemáticos ha crecido y se ha diversificado.

En los países de habla hispana, se reconoce la influencia que las escuelas europeas y anglosajonas han tenido en la formación de investigadores y educadores matemáticos. No obstante, en países como España y México, se han concebido modelos conceptuales que permiten aproximarse a fenómenos relacionados con el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, y con la formación de profesores.

Diversas aproximaciones históricas al desarrollo de la Educación Matemática en países de habla hispana ponen de manifiesto la evolución de la disciplina de acuerdo con las prácticas de la comunidad (Ernest, 1998), en línea con sus contextos particulares para abordar fenómenos y problemas concretos (Romberg, 1992). Estudios que abordan la consolidación de la disciplina en países de habla hispana (por ejemplo, Avila, 2016; Blanco, 2011; Gómez-Mulett, 2018; González, 2011; Villareal y Esteley, 2002) han abordado su evolución en términos de los programas de formación, la conformación de agremiaciones, la creación de grupos de investigación y el surgimiento de publicaciones específicas a la Educación Matemática. Este crecimiento en la producción documental genera posibilidades para caracterizar la comunidad de Educación Matemática de habla hispana a partir del conocimiento que se difunde de manera escrita. Así mismo, existe una posibilidad para identificar subcomunidades de esta comunidad y, si es el caso, diferenciarlas unas de otras de acuerdo con sus atributos particulares.

Para determinar los atributos que emergen de la productividad documental en Educación Matemática resulta importante atender a la diversidad de su documentación para reafirmar su estatus científico (Fernández, Torralbo, Rico, Gutiérrez y Maz, 2003) y detectar sus focos de interés (Bracho, Torralbo, Maz-Machado y Adamuz, 2014). De este modo, se proporciona información sobre el estado actual de la disciplina en relación con los fenómenos y problemas que aborda.

La mayoría de los análisis documentales que se han adelantado sobre la disciplina se centran en revistas, bases de datos, tesis doctorales y actas de eventos. Estos estudios abordan con especial énfasis los patrones de productividad e impacto, y las redes de colaboración y autoría. En los trabajos, se analiza principalmente el estado de la investigación en la disciplina en términos de indicadores cuantitativos. Se han realizado investigaciones sobre la metodología de la investigación en Educación Matemática y el uso de técnicas de análisis de contenido en textos. El estudio de documentación alojada en las bases de datos Scopus y Web of Science han permitido hacer aproximaciones al comportamiento de la producción internacional en Educación Matemática.

Algunos estudios tratan el análisis conceptual de la documentación desde algún marco teórico específico de la disciplina (Bracho et al., 2014; Gómez, Cañadas, Bracho, Restrepo y Aristizábal, 2011). Los estudios que se han realizado al respecto, aunque locales, presentan

avances sobre la identificación de las tendencias temáticas de la Educación Matemática. Dichas tendencias se dan en términos de categorías temáticas establecidas en bases de datos como MathEduc¹ o en revistas especializadas. Usualmente, en estos casos, los listados de descriptores o bloques temáticos son propios de las matemáticas o propios de la educación.

En general, se observa que, en mayor medida, se han desarrollado estudios sobre la producción documental en España. No se identifican estudios que caractericen la globalidad de la comunidad de Educación Matemática de habla hispana a partir de la diversidad de los trabajos producidos por ella, más allá de la investigación. Son pocos los estudios que abordan la especificidad de los documentos en Educación Matemática a partir de los fenómenos y temas que tratan y que, además, den cuenta de los posibles focos de interés de instituciones, países o regiones.

En relación con la determinación de descriptores o términos clave que representen el contenido específico de la Educación Matemática, en MathEduc, se propone una clasificación de descriptores de Educación Matemática y computación. Estos temas están organizados en 16 áreas principales, dentro de las que se identifican temáticas específicas que están asociadas al nivel educativo o tipo de formación (FIZ Karlsruhe, 2010). Long y Dunne (2014) presentan una matriz de términos descriptivos que usa las dimensiones requeridas para comprender un concepto matemático propuesto por Usiskin (2012) y una variación de la taxonomía revisada de Bloom. Por su parte, Gómez y Cañadas (2013) presentan una taxonomía específica de la Educación Matemática que parte de la teoría curricular (Rico, 1997) y la organización del contenido matemático (FIZ Karlsruhe, 2010; Tatto, Schwille, Schmidt, Ingvarson y Beavis, 2006).

Gómez y Cañadas (2013) proponen una taxonomía específica en Educación Matemática que pretende ser eficiente para registrar y buscar documentos. Esta taxonomía está basada en un marco conceptual sólido de la disciplina. Los autores presentan tres tipos de términos clave: enfoque (propósito y utilidad del documento), nivel educativo (escala internacional de niveles de educación) y tema. Con el propósito de establecer los términos clave específicos de la Educación Matemática, los autores adoptaron una teoría curricular específica (Rico, 1997). Con este enfoque, se sustentan nueve categorías básicas de términos clave propuestas por Gómez y Cañadas (2013): (a) sistema educativo, (b) centro educativo, (c) aula, (d) alumno, (e) profesor, (f) aprendizaje, (g) enseñanza, (h) evaluación e (i) currículo. Adicionalmente, los autores incluyen una categoría denominada Otras nociones de Educación Matemática, una categoría que contempla la relación entre la Educación Matemática y otras disciplinas, y otra categoría relacionada con investigación e innovación en Educación Matemática. Para cada una de estas categorías, los autores proponen valores más concretos. En relación con los términos clave de tema, en la propuesta de Gómez y Cañadas (2013), se diferencian los términos relacionados con la Educación Matemática de aquellos que abordan los contenidos matemáticos; estos, a su vez, se distinguen en contenidos de las matemáticas escolares y de las matemáticas superiores. Al revisar esta taxonomía, surgen las siguientes preguntas.

- ◆ Si la teoría curricular es la base de las categorías de términos específicos a la Educación Matemática, ¿cuál es la relación entre las dimensiones y niveles (Rico, 1997) y las categorías de términos clave?, ¿por qué el nivel de fines no es una categoría principal?, ¿por qué no distinguir el contenido matemático de la teoría curricular?
- ◆ ¿Hay otros términos clave de la disciplina que no estén incluidos en la taxonomía?
- ◆ ¿Todos los términos clave incluidos en la taxonomía resultan relevantes?

¹ <http://bit.ly/2HbG1b4>

Caracterizar la comunidad de Educación Matemática de habla hispana, dado el incremento de su producción documental, permite identificar sus focos de interés: sus tendencias temáticas. Describir la producción documental de una disciplina como esta implica estudiar documentación no restringida a investigación. Además, es importante no indicar únicamente cuánto hay y quiénes producen, sino profundizar en su contenido: determinar qué temas trata, qué fenómenos aborda y qué población estudia. El estudio de los documentos producidos por la comunidad centrado en el contenido contribuye al desarrollo de la disciplina al no focalizarse en la cuantificación de la producción documental. Para ello, es conveniente partir de categorías deductivas y específicas a la disciplina que emerjan de su conocimiento actual y que permitan jerarquizar términos clave. Con estos términos clave, es posible especificar la información en concordancia con los fenómenos, problemas y cuestiones concretas que se tratan en los documentos.

De acuerdo con este panorama, la pregunta que orienta esta investigación doctoral es *¿Cuáles son las características de la comunidad de Educación Matemática de habla hispana en términos de los patrones de producción de la documentación que produce?* Se pretende responder a ella con el análisis de los documentos que se difunde de manera abierta en los países hispanohablantes.

MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual que sustenta esta investigación está organizado en tres partes. Se aborda la relación entre disciplina y comunidad. Luego, se describen generalidades de la cienciometría que son relevantes para el estudio de la disciplina. Por último, se presenta una sección relacionada con las taxonomías y su uso en la organización de documentación.

Disciplina y comunidad

Cada disciplina tiene sus propias formas de conocimiento. El conocimiento es lo que la comunidad conoce y acepta: lo que resulta relevante. Los sistemas de conocimiento evolucionan de acuerdo con las prácticas de la comunidad. Desde esta perspectiva, no hay disciplina sin comunidad (Ernest, 1998). Una comunidad representa la historia de una práctica en su proceso de negociación de significado (Gómez, 2007).

Las comunidades académicas implican compromisos con líneas de razonamiento (Romberg, 1992). Estas comunidades operan dentro de un contexto cultural y tienen formas compartidas de ver el mundo que se materializan en preguntas, que provienen de fenómenos y problemas concretos, y métodos y procedimientos particulares.

Una comunidad de práctica se caracteriza por tener un propósito común. Además, la idea de comunidad de práctica implica un compromiso mutuo entre los individuos que forman parte de ella, la construcción y negociación de significados, la formación de trayectorias y el desarrollo de historias de práctica. Una comunidad de práctica es una empresa conjunta en la que se da la negociación colectiva y permanente de significados. Esta negociación no implica un acuerdo en el discurso, pues en la comunidad se discute, se justifica y se valoran los aportes de los individuos. La comunidad de práctica converge en un repertorio compartido que incluye rutinas, herramientas, símbolos, acciones o conceptos; estos son recursos de negociación de significados y de construcción del conocimiento (Wenger, 1998).

El término subcomunidad hace referencia a aquel subconjunto de una comunidad que se configura como académica (Romberg, 1992) y de práctica (Wenger, 1998). Los propósitos de cada subcomunidad son específicos y particulares en ella misma, sin dejar de contribuir al

propósito de la comunidad. Igual que esta, en cada subcomunidad, se generan acuerdos en su discurso que conllevan a su propio repertorio compartido en un contexto cultural particular y que genera su propia producción documental.

Entonces, desde el enfoque sociológico, la Educación Matemática es una disciplina que está consolidada en una comunidad, académica y de práctica, en la que se enmarcan subcomunidades que abordan cuestiones particulares. La comunidad tiene espacios propios de comunicación interna y de difusión. Además de contar con programas de formación específicos, en ella, se identifican agremiaciones que lideran reuniones periódicas regulares (congresos, coloquios, jornadas, encuentros, etc.) y publicaciones especializadas. En la comunidad de Educación Matemática de habla hispana, se emplean diversos medios de divulgación de sus hallazgos (Waldegg, 1998): artículos y libros que resultan de investigaciones, documentación que surge de los encuentros periódicos de investigadores y educadores (memorias y presentaciones), documentación no publicada, trabajos de grado y tesis, y actividades de enseñanza, entre otros. Por lo tanto, caracterizar los avances en la comunidad a partir de la documentación que produce proporciona información sobre su diversidad, sus intereses y sus tendencias temáticas —a partir de los fenómenos y problemas que aborda—.

Cienciometría

La cienciaometría se define como la ciencia que permite cuantificar actividades científicas en una disciplina (Macías-Chapula, 2001). Esta ciencia se interesa por el crecimiento cuantitativo de la actividad científica, el desarrollo de disciplinas, la productividad de los investigadores y, en general, por su desarrollo (Spinak, 1996). La cienciaometría incluye el análisis de factores que pueden ser concluyentes en el desarrollo de la actividad científica (Pérez-Angón, 2006), pues proporciona información sobre el número de investigadores, las fuentes de financiación, la distribución por especialidad (asociada al contenido), la distribución geográfica (por ejemplo, por instituciones) y su productividad diacrónica.

Las leyes cienciaométricas se reconocen como criterios normativos que describen el comportamiento de los procesos de producción científica (Millán, Polanco, Ossa, Béria y Cudina, 2018). Estas leyes permiten identificar comportamientos estadísticamente regulares en el tiempo en relación con la producción y el consumo de la información científica (Ardanuy, 2012). Las leyes cienciaométricas están relacionadas principalmente con la productividad de los autores y de la evolución de la bibliografía. Para esta investigación, el foco está en la ley de crecimiento exponencial, que se concibe como una regla fundamental para cualquier análisis de la ciencia (Price, 1973). De acuerdo con esta ley, la evolución de cada disciplina se da en las siguientes etapas: precursores, crecimiento exponencial y crecimiento lineal. En la etapa de precursores, se dan las primeras publicaciones de la disciplina. En la etapa de crecimiento exponencial, la disciplina se convierte en un frente de estudio. En la etapa de crecimiento lineal, el crecimiento de la producción se desacelera.

Aunque la cienciaometría está asociada al estudio de diferentes unidades de análisis en una disciplina, en la Educación Matemática, el estudio de las publicaciones mediante técnicas bibliométricas resulta relevante. La bibliometría estudia la ciencia a partir de las fuentes bibliográficas, con el propósito de identificar sus autores, sus relaciones, y sus tendencias (Spinak, 2001). Además, considera los elementos representativos de la documentación, tales como autores, título de la publicación, tipo de documento, idioma, resumen y palabras claves o descriptores (Solano, Castellanos, López y Hernández, 2009). La bibliometría es vista como la aplicación de las matemáticas y los métodos estadísticos en el estudio de libros y otros medios de

comunicación (Pritchard, 1969). Los resultados cuantitativos y bibliométricos pueden verse como números relativos cuya relevancia solo se da en un contexto de interpretación subjetivo, coyuntural y conjetural (Dutheil, 1992).

Los indicadores bibliométricos son los datos numéricos con los que se busca representar fenómenos sociales de la actividad científica a partir de la comunicación escrita de una disciplina (López-Piñero y Terrada-Ferrandis, 1992). Estos indicadores dan cuenta de la producción de la información, su transmisión y consumo. Los indicadores bibliométricos permiten evaluar, determinar y proporcionar información sobre los resultados del crecimiento en el proceso investigativo en cualquier campo de la ciencia, que se evidencian en su producción documental (Escorcia, 2008). Se clasifican de acuerdo con el tipo de información que proporcionan. Para esta investigación, se destacan los indicadores de productividad diacrónica (Fernández-Cano y Bueno-Sánchez, 1998), que proporcionan información sobre la evolución de una disciplina en el tiempo y de contenido, que permite ahondar en las tendencias temáticas de una disciplina, en especial si se hace desde una clasificación de términos o descriptores específicos.

El estudio del contenido en los documentos parte de la lectura de los textos como el medio para la producción de datos (Abela, 2002). La lectura y la organización de los datos se puede desarrollar a partir de unas categorías deductivas que parten de la teoría. Estas categorías suelen estar relacionadas con bloques temáticos o materias que se encuentran en tesauros estandarizados o que surgen de clasificaciones del área objeto de estudio (Fernández-Cano y Bueno-Sánchez, 1998). El análisis de contenido es una técnica que permite formular, a partir de ciertos datos, inferencias válidas que puedan aplicarse a su contexto (Krippendorff, 1990). La aproximación al contenido de la documentación puede ser semántica, con el fin de identificar los temas tratados en un texto (Colle, 1988) de acuerdo con los fenómenos que aborda.

En Educación Matemática, se han realizado estudios documentales que se enfocan en indicadores bibliométricos de productividad de autores, citación, productividad diacrónica y productividad institucional. Dada la diversidad de la documentación en esta disciplina, resulta importante profundizar en el indicador del contenido. Esto permite establecer la especificidad de los documentos en Educación Matemática y los focos de interés de la comunidad que los produce en términos específicos a la disciplina.

Taxonomía como vocabulario controlado

Los vocabularios controlados se utilizan para representar objetos de contenido en sistemas de organización del conocimiento (NISO, 2005). El control del vocabulario responde a tres acciones: (a) definición del alcance o del significado de los términos, (b) utilización de la relación de equivalencia para vincular términos sinónimos y casi sinónimos, y (c) distinción entre términos homógrafos. Los vocabularios controlados se centran en el contenido y pueden ser listas de términos, tesauros o taxonomías. En las listas de términos solo se establece una relación de pertenencia de cada término a la lista. Los tesauros muestran las diversas relaciones entre términos por indicadores de relación estandarizados. Las taxonomías presentan términos clave organizados jerárquicamente en categorías y subcategorías.

Una taxonomía es una estructura que organiza el conocimiento de una disciplina de acuerdo con la jerarquía que surgen de los conceptos que subyacen (Paukkeri, García-Plaza, Fresno, Unanue y Honkela, 2012). Dentro de las aplicaciones que se han reconocido a las taxonomías, se destaca su uso en la gestión de la información, en la organización y categorización de datos, y en la búsqueda de contenidos (Sujatha, Bandaru y Rao, 2011). Una taxonomía permite la organización del contenido a partir de la normalización de sus descriptores, siempre

que tenga un contenido definido (Engel, Pryde y Sappington, 2010). La taxonomía se consolida como un medio eficaz para la gestión y acceso a información digital.

La literatura reconoce que son pocas las técnicas automáticas que han abordado el problema de la determinación de la jerarquía en una taxonomía, puesto que la estructura jerárquica debe reflejar la esencia de las relaciones entre los términos. La generación automática de etiquetas por estos métodos suelen ser poco precisa y significativa si se compara con la asignación manual de los términos (Irfan, Khan, Abbas y Shah, 2019). De hecho, se acepta que la incorporación de la semántica en la generación de una taxonomía por técnicas computacionales resulta compleja debido a las diferencias que pueden establecerse del significado de los términos o conceptos que componen la taxonomía.

OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación es caracterizar la comunidad de Educación Matemática de habla hispana en términos de sus tendencias temáticas que se manifiestan en la documentación de acceso abierto que produce. Para lograr su desarrollo, se proponen los siguientes objetivos específicos.

- ◆ Producir una taxonomía específica en Educación Matemática cuyas categorías soporten las variables de estudio.
- ◆ Establecer las tendencias temáticas de la comunidad hispanohablante en términos de las variables.
- ◆ Identificar y comparar subcomunidades de la comunidad de Educación Matemática de habla hispana de acuerdo con los focos temáticos que las caracterizan.

Con base en el marco conceptual descrito previamente, se adelantaron ocho subestudios que permiten dar cumplimiento a los objetivos de la investigación. Cada uno requirió concretar su método y proporciona resultados particulares. Presento estos subestudios por medio de un conjunto de manuscritos sometidos y artículos. Uno de los artículos expone el proceso de elaboración y validación de la nueva taxonomía de términos clave de Educación Matemática. Dos manuscritos dan cuenta del desarrollo de la disciplina en los países de habla hispana y de las tendencias temáticas que se manifiestan en su documentación de acceso abierto. En lo que respecta a la caracterización de subcomunidades, se realizaron diferentes aproximaciones: desde un nivel educativo específico, desde un país y la diversidad de su documentación, desde un contenido matemático y desde eventos concretos. Esta última aproximación permitió comparar dos subcomunidades de acuerdo con los focos de interés temático que se evidencian en sus memorias.

En la tabla 1, expongo, por cada objetivo específico de la investigación, el listado de los manuscritos y artículos producidos y su estado actual. En los siguientes apartados de este documento presento cada artículo.

Tabla 1
Relación entre objetivos y artículos

Objetivo	Artículo	Estado
1	A Taxonomy of Key Terms for Mathematics Education	Sometido
2	Educación Matemática en los países de habla hispana: agremiaciones, eventos y publicaciones	Publicado

Tabla 1
Relación entre objetivos y artículos

Objetivo	Artículo	Estado
2	Educación Matemática en Hispanoamérica: evolución de su documentación de acceso abierto	Sometido
3	Producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática para la educación media	Publicado
3	Tendencias de estudio en geometría: el caso del Encuentro de geometría y sus aplicaciones	Sometido
3	Documentación de investigación en una disciplina académica: comparación de dos comunidades	Sometido
3	Comunidad colombiana de Educación Matemática: una caracterización documental	Publicado
3	Investigación e innovación en la consolidación de una disciplina educativa	Sometido

ARTÍCULO 1

A TAXONOMY OF KEY TERMS FOR MATHEMATICS EDUCATION

Paola Castro y Pedro Gómez

Artículo sometido a
International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)

<https://www.ijemst.net/index.php/ijemst>

A Taxonomy of Key Terms for Mathematics Education

Abstract

We present the process of developing a taxonomy of key terms for Mathematics Education. We build on the existing taxonomy of key terms that has been used in an open access document repository. Additionally, we took into account terms that have been established in encyclopedias of the discipline and the frequency of use of keywords in specialized journals that were indexed in Scopus and Web of Science. We made a review of synonymy between these terms and the terms of the existing taxonomy. We included in our proposal the terms that are relevant given their frequency of use in the journals. We removed from the existing taxonomy the terms that are little used in practice. The new taxonomy is organized in six main categories: approach, educational level, foundations of Mathematics Education, research in Mathematics Education, pedagogical notions and mathematical content. This proposal was validated in three phases by researchers, innovators in Mathematics Education, and editors of specialized journals and experts who lead associations and events in the discipline.

Keywords: Taxonomy, Key term, Knowledge, Mathematics Education

Introduction

The specific descriptors of a discipline are tools that allow the knowledge emerging from it to be synthesized with key concepts. In general, the Mathematics Education community continues to assign in an open way the key terms of its documents in journals and events of the discipline. This highlights the need to generate a controlled vocabulary that facilitates the characterization of documentation.

Currently, Mathematics Education is treated as a key term in thesauri and general databases (ERIC, 2017; UNESCO, 2018). Additionally, there is a classification of Mathematics Education and Computer Science descriptors whose use generates difficulty in identifying terms—MathEduc (FIZ Karlsruhe, 2010, 2019). This classification of subjects, besides not being exclusive to Mathematics Education, is not easy to use for the classification of works in the discipline. Nor is it characterized by its practicality in the search for documents that deal with specific aspects.

Some researchers in Mathematics Education recognize the lack of a closed list of descriptors that is specific to the discipline, that allows the identification of the particular characteristics that distinguish it from other disciplines and that makes it possible to recover information produced in it (Adamuz-Povedano, Jiménez-Fanjul, & Maz-Machado, 2013; Bracho, Jiménez-Fanjul, Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, & Fernández-Cano, 2014). However, the work that has been done to generate descriptors that facilitate the search for documents of the discipline in databases provides terms that are too general to give an account of the phenomena and problems that are dealt with in a document.

Another approach to the problem of establishing a controlled vocabulary for Mathematics Education is given in the context of an open access repository (<http://funes.uniandes.edu.co>), in which a specific taxonomy is used to code and organize documents (Authors, 2013). However, its relationship with a concrete conceptual approach and its use in a particular context makes the taxonomy susceptible to be evaluated and adjusted according to the current state of knowledge in the discipline, at a global level.

Based on this panorama, we provide a specific taxonomy of Mathematics Education that reflects the focuses of interest of the international community, which is endorsed by it and which allows the characterization and organization of the knowledge that is produced in the discipline. Firstly, we describe the approaches that have been made to establish and classify the discipline's own descriptors. Then, we present the conceptual framework on which our proposal is based, specify our aim, detail the method used and provide the structure of the new taxonomy.

Descriptors of Mathematics Education

With regard to Mathematics Education, several approaches have been made to the classification of key terms specific to the discipline. According to their level of specificity, we distinguish the descriptors as general and specific, and describe them below.

General Descriptors

As general descriptors, we find that, in the UNESCO Thesaurus (UNESCO, 2018), Mathematics Education is associated with two terms: learning statistics (as a specific concept, indicating the more restricted term) and arithmetic knowledge (as a related concept, indicating the relationship between descriptors united by an association of ideas). In the ERIC database (ERIC, 2017), Mathematics Education falls under the category of Mathematics. The term is related to Education. Associated terms include College Mathematics, Elementary School Mathematics, Mathematics Activities, Mathematics Instruction, High School Mathematics, and STEM Education.

In Mathematics Education, Bloom's revised taxonomy has been used to analyze teaching, learning and assessment. A variant of this proposal has been used to interpret a mathematical concept in order to establish descriptive terms (Long & Dunne, 2014). However, this taxonomy is too general, as it was not developed to address the discipline specifically (Radmehr & Drake, 2019).

Specific Descriptors

As approaches to specific descriptors of Mathematics Education, we identified the classification of subjects used in the MathEduc database, formerly MathDi (FIZ Karlsruhe, 2010, 2019), the production of descriptors for document searches in Scopus and Web of Science (Adamuz-Povedano et al., 2013; Jiménez et al., 2011), and the development of a taxonomy of key terms in Mathematics Education (Authors, 2013).

MathEduc Database

MathEduc proposes a classification of Mathematics Education topics. These topics are organized into 16 main areas that are related to both Mathematics Education and computer science. Within these areas, there are specific themes that are associated with the level of education or type of training. For all the mathematical contents, the first specific subject is the same: "comprehensive works on (...) and the teaching of (...)". The other themes are usually more specific in terms of content. In some cases, the description of the topics includes a reference to other categories. As an example, we present, in figure 1, a section of the category corresponding to arithmetic, number theory and quantity. We use red boxes to represent the main area and topic, blue to highlight the level of education and green for the topics covered in other areas.

F	Arithmetic. Number theory. Quantities
F10	Comprehensive works on arithmetic and the teaching of arithmetic
F20	Prenumerical stage. Number concept, counting
F30	Natural numbers and operations on natural numbers. Place value. Pencil and paper arithmetic, mental arithmetic
	→ estimates see N20

Figure 1. Arithmetic. Number theory. Quantities Category

The subject classification used in the MathEduc database does not make it easy to classify and search for documents. In the case of the arithmetic category, number and quantity theory (Figure 1), a specific topic includes several issues that, although related, differ in their meaning (e.g., operations in natural numbers and positional value in F30). In addition, other issues have to be identified in other categories (e.g., estimates in N20).

Descriptors for Document Search

Some researchers in Mathematics Education recognize the lack of a closed list of descriptors that is specific to the discipline, that allows the identification of the particular characteristics that distinguish it from other disciplines and that makes possible the recovery of information produced in it. The works of Jiménez et al. (2011) and Adamuz-Povedano et al. (2013) make an approach to the determination of basic descriptors that characterize the scientific production of the Mathematics Education community that is indexed in the Scopus and Web of Science databases. The purpose of these works is to present a list of descriptors that can be used in the search for documents of the discipline in the previously mentioned databases.

In the first proposal, the authors establish three groups of categories: descriptors of Mathematics, descriptors of Education and descriptors of Mathematics Education. The second proposal coincides with the first in initially organizing the descriptors by categories (specific descriptors of Mathematics and specific descriptors of Education) to then provide a unified list that characterizes Mathematics Education in the databases. Although both works highlight the need to generate a vocabulary that allows the characterization of documentary production in Mathematics Education, they provide descriptors that are too general to account for the phenomena and problems that are dealt with in a document. For example, the use of a term such as learning does not make it possible to establish which aspects of this subject is being dealt with (learning theories, learning expectations, difficulties or errors?).

Taxonomy of Key Terms in Mathematics Education

Authors (2013) provide a classification and hierarchy of descriptors specific to the discipline. In their proposal, they organize the key terms into purpose, educational level and subject. The purpose characterizes the type, intent and usefulness of the document, and the educational level refers to the level of training of the subjects referred to. With regard to the subject, the authors differentiate the terms related to Mathematics Education from those that deal with mathematical contents; these, in turn, are divided into school mathematics and higher mathematics contents. The terms that address specific issues of Mathematics Education arise from a specific curricular approach (Rico, 1997). From this approach, the authors tackle teaching, learning and assessment, and support the categories of the taxonomy according to four dimensions of the curriculum (conceptual, cognitive, formative and social) at five levels: purposes, disciplines, educational system, teacher planning and local planning.

The existing taxonomy arises from a particular theoretical approach and is designed with a practical purpose. The authors produced a hierarchical structure of key terms that allowed for the systematic classification, in the open access digital repository Funes (<http://funes.uniandes.edu.co>), of documents produced by the Mathematics Education community. The use of taxonomy in the codification process of the documents hosted in the repository began in October 2009. After 10 years, it is relevant to verify its effectiveness and evaluate if it meets the current interests of researchers and mathematics educators in a global context.

Conceptual Framework

Controlled vocabularies are used for the representation of content objects in knowledge organization systems (NISO, 2005). The selection of terms to be included in a controlled vocabulary should be based on three elements: the natural language used to describe content objects, the language of the users, and the needs and priorities of the organization. Vocabulary control is carried out through three methods: (a) definition of the scope or meaning of the terms, (b) use of the equivalence relation to link synonymous and quasi-synonymous terms, and (c) distinction between homograph terms. The controlled vocabularies focus on content. However, it is possible to address other aspects of the documents such as authorship, location, format, language and place of publication. Controlled vocabularies can be lists of terms, thesauri or taxonomies. In the lists of terms there is only one relation of belonging of each term to the list. Thesauri show the various relationships between terms by standardized relationship indicators. Taxonomies present key terms organized hierarchically into categories and subcategories.

A taxonomy is defined as a structure that organizes knowledge according to the hierarchy of concepts that underlie it (Paukkeri, García-Plaza, Fresno, Unanue, & Honkela, 2012). Among the applications that have been recognized for taxonomies, we highlight their use in information management, in the organization and categorization of data, and in the search for content (Sujatha, Bandaru, & Rao, 2011). A taxonomy allows the organization of content based on the standardization of its descriptors, provided that it has a defined content and its related metadata (Engel, Pryde, & Sappington, 2010).

Taxonomy is consolidated as an effective means the management and access to digital information. The method for generating a taxonomy is associated with several factors such as the nature of the data, the semantic implication and the type of application it will have (Irfan, Khan, Abbas, & Shah, 2019). In this sense, it is possible to organize short data, such as tags or keywords, whose nature is concise and represent them in a way that easily identifies the hierarchical relations between them. From a semantic approach, the extraction of concepts that are considered relevant in the knowledge that is covered by the taxonomy is used.

Irfan et al. (2019) recognize that the incorporation of semantics in the generation of a taxonomy by existing computational techniques is complex due to the differences that can be established in the meaning of the terms or concepts that make up the taxonomy. In addition, the automatic generation of labels by these methods is often not very precise and significant compared to the manual assignment of terms. Hence, the importance of having a conceptual basis to define and organize terms. In fact, the literature recognizes that very few automatic techniques have addressed the problem of determining hierarchy, since the hierarchical structure must reflect the essence of the relationships between terms.

Aim

Our aim is to produce a taxonomy of key terms that emerge from the knowledge produced by the international Mathematics Education community. To characterize the community's knowledge in a hierarchy of key terms, we combine the use of the existing taxonomy in the coding of documents in a digital repository of open access documents in Mathematics Education and the most used keywords in the Mathematics Education journals that were indexed in Scopus and Web of Science in 2017. The new taxonomy has been endorsed by the community and allows to link the current state of knowledge, according to publications in research journals specialized in the discipline, with the practical use of the existing taxonomy (Authors, 2013). This relationship is shown in figure 2.

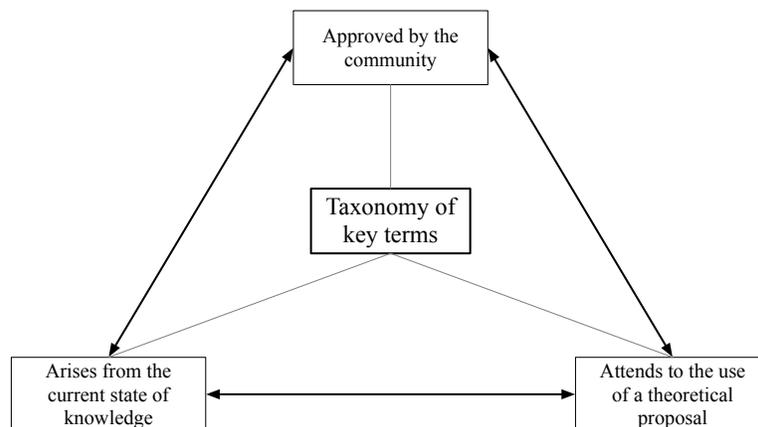


Figure 2. Taxonomy Characteristics

Method

We carried out a systematic process to produce a taxonomy of key terms in Mathematics Education. We identified the terms that are relevant to the discipline due to their frequency of use in publications of the discipline at an international level. We generated the hierarchical list of terms and carried out a process of validation of the taxonomy in relation to its structure and the labels used. In the following, we describe the sources of information and procedures.

Sources of Information

We used the same type of information sources that have been used in the production of taxonomies for other fields (Aadland & Aaboen, 2020; Fellnhofner, 2019; Klassen & Donald, 2020; Pertegal-Vega, Oliva-Delgado, & Rodríguez-Meirinhos, 2019). We used four sources of information for the production of the new taxonomy. The first is the terms proposed in the encyclopedias published specifically in Mathematics Education (Grinstein &

Lipsey, 2001; Lerman, 2014). The second is the list of key terms from articles published between 2007 and 2017 in Mathematics Education journals which, in 2017, satisfied the condition of being indexed in the Scopus and Web of Science databases. The third is a discipline-specific taxonomy of key terms (Authors, 2013). And the fourth corresponds to the frequency of use of the key terms that are used in the open access digital repository in Mathematics Education (Funes) to encode the documents hosted in it. Below, we describe each source of information.

Terms Defined in Specialized Encyclopedias

We reviewed the 450 terms in the first specialized encyclopedia (Grinstein & Lipsey, 2001). Although aspects such as curriculum and assessment are included, this encyclopedia emphasizes the mathematical content that is taught at different educational levels.

We analyzed the 162 defined terms, and their related keywords, in the second encyclopedia (Lerman, 2014). In this publication, the inclusion of theoretical proposals that are specific to Mathematics Education that address the problem of teaching and learning mathematics is evident.

Key Terms for Articles in Indexed Journals

We identified the specialized journals in the discipline that were indexed in the Scopus and Web of Science databases in 2017. We took these databases because of their international recognition in relation to the visibility of knowledge arising from research. Additionally, we focused on specific journals in Mathematics Education since some studies show that the journals indexed in Scopus with the highest number of articles in the discipline are those specialized in it (Cruz-Ramírez, 2018). In fact, it is evident that, until 2018, of the 15 journals with the highest number of articles, only 2 were not Mathematics Education journals (Cruz-Ramirez & Rodriguez-Devesa, 2019). The percentage of articles published in non-specialized journals, compared to the percentage of articles of the discipline published in specialized journals, is less than 7%.

The following are the journals that, in 2017, satisfied the condition of being indexed in the Scopus and Web of Science databases: Journal for Research in Mathematics Education; International Journal of Science and Mathematics Education; Mathematical Thinking and Learning; Educational Studies in Mathematics (An International Journal); Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education; and Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa. Our source of information is the lists of key terms in these publications, which emerge from articles published between 2007 and 2017. In table 1, we show the starting year of publication of the journals that are indexed in the databases, the number of documents published between 2007 and 2017, and the number of key terms that are obtained from these documents. In the case of the journal Mathematical Thinking and Learning, articles published before 2019 did not include key terms.

Table 1. List of Journals Indexed in Scopus and Web of Science

Journal	Start Year	Articles	Key Terms
Journal for Research in Mathematics Education	1996	249	451
International Journal of Science and Mathematics Education	2003	807	2582
Educational Studies in Mathematics (An International Journal)	1968	698	2329
Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	2006	926	2760
Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa	2009	136	438
Mathematical Thinking and Learning	2009	125	0
Total		2941	8560

Specific Taxonomy in Mathematics Education

We took, as a basis, the existing taxonomy in Mathematics Education (Authors, 2013) to produce our proposal. The authors propose a discipline-specific taxonomy based on a solid conceptual framework. The first aspect that these authors address is the key terms called purpose and educational level. The purpose characterizes the type, intent and usefulness of the document. A document can be a research paper, an essay, an innovation paper or an activity paper. The educational level refers to the type of training of the subjects referred to in the document: pre-school education, primary education, secondary education, upper secondary education, adult education,

postgraduate education, professional education, undergraduate education, all educational levels, no educational level and other educational level.

The taxonomy differentiates key terms referring to mathematical content from those referring to Mathematics Education. To establish the terms associated with mathematical content, the authors based themselves on the classification used by TIMMS (Mullis et al., 2005) and TEDS-M (Tatto, Schwille, Schmidt, Ingvarson, & Beavis, 2006) and distinguished school mathematics from higher mathematics. Mathematics Education subjects emerge from a curricular approach that addresses four central issues: knowledge to be taught, learning, teaching methods and the assessment (Rico, 1997). The four issues give rise to the conceptual, cognitive, formative and social dimensions, and to five levels (purposes, disciplines, educational system, teacher planning and local planning). This curriculum theory supports nine categories of key terms: (a) education system, (b) education center, (c) classroom, (d) student, (e) teacher, (f) learning, (g) teaching, (h) assessment and (i) curriculum. Additionally, the authors include categories associated with other notions of Mathematics Education, research and innovation in Mathematics Education, and Mathematics Education and other disciplines.

For Mathematics Education topics, the taxonomy is made up of 236 key terms that are organized into 12 main categories. There are 89 school mathematical terms (organized into 8 categories) and 16 higher mathematical terms. In the last section, the authors did not establish any hierarchy.

The construction of the taxonomy was based on MathEduc's classification of topics (FIZ Karlsruhe, 2010), so that every key term in that database would have an equivalent term in the proposal. To ensure relevance to the discipline, Authors (2013) reviewed the way in which some research journals, conference proceedings and national and international databases assign key terms to their papers, and explored the usefulness of the taxonomy with various experts in the discipline. By doing so, the authors guaranteed the relevance of the taxonomy and its relationship to the key terms that have been traditionally used in the discipline.

Key Terms in a Digital Document Repository

Funes, the digital document repository in Mathematics Education, makes available to the community of mathematics educators the documents that are not restricted by copyright and that can support the work of this community. Its content is available to the entire public. There are no restrictions on access to the portal and the documents are not differentiated for access. The documents are classified into different types, according to their purpose: research, essays, curricular innovations or tasks.

The documents hosted in the repository can be articles, book chapters, theses, reports and presentations of meetings or working papers. In order for a document to be published in Funes, it must go through a codification process that establishes its focus and educational level, as well as its key terms in relation to the topics of curricular theory and the mathematical content it addresses. The assignment of the key terms of each document is made from the existing taxonomy in Mathematics Education that we described in the previous section (Authors, 2013). The hierarchy levels of the taxonomy allow relationships between key terms to be identified and provide information about the number of documents associated with each key term (<http://funes.uniandes.edu.co/view/subjects/>).

We decided to take the frequencies of the key terms of the documents hosted in the Funes repository as a source of information for the following reasons: (a) it hosts curricular innovations and essays, not only research documents; (b) it has diverse sources of open access information (divulgation and research journals, memories of events, institutional repositories, and authors who share their work autonomously); (c) on March 6th, 2020, it had more than 12000 documents and (d) it is focused on the Ibero-American community, whose documental production is on the rise. We highlight the last aspect since it has been identified that, in the Scopus database, production is focused on non-Spanish speaking countries—United States, United Kingdom, Australia, Turkey, Canada and Germany (Cruz-Ramirez & Rodriguez-Devesa, 2019).

Procedures

The production of the new taxonomy, specific to Mathematics Education, involves five phases: (a) the identification of key terms of the discipline, (b) the revision of the synonymy of these key terms in relation to the key terms of the existing taxonomy (Authors, 2013), (c) the identification of terms to be included in the new taxonomy, (d) the selection and organization of these terms and (e) their validation. We describe these phases below.

Identification of Key Terms in the Discipline

We identified the key terms in Mathematics Education in the first two sources of information. To establish which terms are relevant to Mathematics Education, we recognized the theoretical trends of the terms included in the encyclopedias. Regarding the terms assigned in articles published in the journals indexed in Scopus and Web of Science, we unified a list of terms with their respective frequency. For example, we found that the term Decision making has a total frequency of 13 in the journals considered (table 2).

Table 2. Frequency of Use of the Term “Decision making” in Journals

Journal	Key term	Frequency
Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	Decision making	3
International Journal of Science and Mathematics Education	Decision making	1
Journal for Research in Mathematics Education	Decision-making	2
Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	Decision-making	2
International Journal of Science and Mathematics Education	Decision-making framework	1
Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	Multiple criteria decision making (MCDM)	1
Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education	Multiple criteria decision making (MCDM) methodology	1
International Journal of Science and Mathematics Education	Teacher decision-making	1
International Journal of Science and Mathematics Education	Teachers’ decision-making	1
Total		13

Revision of the Synonymy of Key Terms

For each key term in each journal, we analyzed its synonymy in relation to the key terms of the existing taxonomy (Authors, 2013). To do so, we identified four possibilities, so that each term can (a) be synonymous or identical to a term in the existing taxonomy, (b) be included in some category of the existing taxonomy, (c) not be included in the existing taxonomy but be relevant to the discipline (included in encyclopedias) and (d) not be relevant to the discipline. As an example, in the analysis of the key term Engineering and mathematics programs (STEM) from the Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, we saw that it is related to the term Relationship of Mathematics Education with other areas of the existing taxonomy. Although the term, as we present it, has frequency 1 in this journal, we decided to mark it as relevant due to the use of the generic term STEM. In the same publication, we identified the terms STEAM, STEM and STEM education, whose frequency is 1, 4 and 5, respectively.

Identification of Terms to Be Included in the New Taxonomy

After reviewing the synonymy of the 8560 key terms in the indexed journals, we established that 245 of them were relevant to the discipline. Before generating the final list of relevant terms to be included, we performed a new review of the synonymy among them. For example, we unified, in the term *Learning types* (with an absolute frequency of 15) the following terms

- Adaptive learning
- Experiential learning
- Exploitative learning
- Explorative learning
- Exploratory learning
- Inquiry-based learning
- Interactive learning

- Learning strategy
- Project-based learning
- Self-Regulated learning
- Self-Regulated learning ability
- Situated learning

After the debugging, we established the final list of relevant terms that should be included in the new taxonomy. We took into account the absolute frequency of the key terms in the list. We decided that the 30 terms with the highest frequency would be included. These terms have a relative frequency of more than 0.5%, in relation to the sum of the frequencies of the terms we initially identified as relevant. We present in table 3 the list of the first 10 terms that were included in the new taxonomy, by their frequency of use in the indexed journals.

Table 3. List of Relevant Terms to Be Included

Term	Frequency	Relative frequency
Teacher knowledge	132	21.78%
Teaching practice	61	10.07%
Communication	33	5.45%
Achievement	26	4.29%
International studies	21	3.47%
Conceptual change	19	3.14%
Perceptions	16	2.64%
Learning types	15	2.48%
Mathematics literacy	13	2.15%
Decision making	13	2.15%

Selection of Terms that Make Up the New Taxonomy

To elaborate the new taxonomy, we took as a basis the list of terms that make up the existing taxonomy (Authors, 2013). Additionally, we included the terms that we identified as relevant due to their frequency of use in the journals indexed in Scopus and Web of Science. The inclusion of these terms implies the elimination of the same amount of terms from the existing taxonomy, since we were interested in conserving the quantity of terms between 350 and 400. We took into account the frequency of use of the key terms of this taxonomy in the Funes repository.

As previously stated, we decided to include the 30 most frequently used terms in the indexed journals. Their relative frequency, in relation to the sum of the frequencies of the terms in the list of relevant terms, is over 0.5%. This led us to the neglect of terms from the existing taxonomy that are little used in practice. We determined the measure of use of the terms of that taxonomy according to the frequencies of the key terms in the repository.

We took the list of key terms from the Funes repository on March 6th, 2020. At that date, the repository contained approximately 12000 records. We organized the key terms in ascending order according to their frequency. We selected 30 terms for their low use (their relative frequency in relation to the sum of the frequencies of all key terms in the repository is less than 0.03%) and decided to omit them for the new taxonomy. There is no relationship between these relative frequencies and the relative frequency we identified as a limit in the list of key terms in the indexed journals. We took into account an equivalent amount of terms that are included in the new taxonomy and terms that are omitted from the existing taxonomy. We present in table 4 the list of the first 10 terms omitted from the new taxonomy.

Table 4. List of Irrelevant Terms

Term	Frequency	Relative frequency
Other departments	1	0.002%
Staff	1	0.002%
Other educational centers	1	0.002%
Non-regulated	1	0.001%
Financial	2	0.003%
Longitudinal studies	3	0.004%
Infrastructure	4	0.005%

Term	Frequency	Relative frequency
Customized	4	0.005%
Transversal study	5	0.006%

In reviewing the frequencies of all key terms in the Funes repository, we found terms that refer to “other” have high frequencies. Therefore, we checked in detail which terms that do not appear in the existing taxonomy are relevant to the community and should be included in the new taxonomy. In table 5, we present each “other” term we had to go into in depth, its absolute frequency, its relative frequency, and the new terms that emerged from it.

Table 5. New Terms Emerging from the “other” Option

Initial term	Frequency	Relative frequency	New key terms
Other (learning theory)	80	0.102%	APOE Socio-epistemological approach Ontosemiotic approach
Other (types of study)	97	0.125%	Pre-experimental study Exploratory study Documental study Descriptive study
Other (methodologies)	492	0.782 %	Qualitative Quantitative Mixed Content analysis

In our proposal, we decided to retain the groups of key terms called focus and educational level in the existing taxonomy. We organized the discipline-specific terms into three groups: foundations of Mathematics Education, research in Mathematics Education and pedagogical notions. We included the key terms of the mathematical content in one single category, without differentiating terms for school mathematics and terms for higher mathematics.

Validation of the New Taxonomy

The relevance of the new taxonomy was validated by researchers and innovators in Mathematics Education who participated in a process of triangulation of information. The revision of the taxonomy in its two versions (English and Spanish) was carried out from the list of key terms, organized hierarchically. Suggestions and comments for the adjustment of the proposal were recorded there. On one side of the list, we established a column of suggestion, in which, for each term, a list with these options was displayed: (a) It must have another tag, (b) It must be removed and (c) It must be in another section. Each reviewer was able to select one of these options if required. In another column, we invited them to record in the column called Comments the reason for the suggestion (figure 3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Taxonomy of key terms											Suggestion	Comments
22	Foundations of Mathematics Education												
23	History of Mathematics Education												
24	From academic disciplines												
25			Epistemology										
26			Pedagogy										
27			Psychology										
28			Semiotics										
29			Sociology										
30			Other										
31	Conceptual frameworks												
37	Models												
42	Purposes of Mathematics Education												
46	Other												
47													

Figure 3. Outline for the Suggestion Log for Each Term

In addition, we provided a space for the registration of suggestions for terms that should be included in the taxonomy. However, the recommendation was that, if so, it should be indicated which term from the list we provided initially should be removed. We were interested in retaining the length of the taxonomy, given our purpose of its practical use for coding, organizing and searching documents.

Initially, we consulted experts from local research teams on the structure of the taxonomy and the labelling of key terms. Some of the comments they provided related to the lack of clarity of several terms. For example, with regard to the assessment, one expert stated that “the difference between types and purposes is not found. This term could be clarified with some options”. This led us to omit the Purposes label and use Assessment modalities, while referring to self-assessment, co-assessment and peer assessment, among other possible modalities. Another recommendation was to modify the International standardized label and restrict it to Standardized “to include national tests”. The comments of these researchers also led us to review the organization of the mathematical content. As one of the results, we organized the terms of Statistics into two sections: descriptive and inferential.

Based on the comments received for version 1, we prepared the second version of the taxonomy. This version was sent to internationally recognized experts in Mathematics Education. We received suggestions to include, join or delete terms. However, these recommendations were only considered when verifying the relevance of the terms by their frequency of use. An example of this is related to the types of research: “perhaps the terms ‘design or action research’ should be joined together as they are not disjointed”. In this respect, we verified the frequency of these terms in the open access repository and decided to keep the two key terms Design research and Action research. In relation to the labels, we followed suggestions that would allow the terms not to be restricted to a particular theoretical approach. In this sense, we changed the term Representation systems to Representations, as it could be “restrictive and in the end if someone searches for this subject, they usually search by ‘representations’”. Although there is a theoretical justification for this term to appear, it is not practical”. We also adjusted the labels that refer to teacher associations, tasks, problems and special educational needs.

Version 3 of the taxonomy was sent to the editors of the 33 Mathematics Education journals that have JCR and/or SJR impact factors—a list of these publications is available at <https://bit.ly/32IE308>. Additionally, we contacted experts attached to organizations that lead international events in the discipline. The purpose of this last phase of taxonomy review was to validate its relevance and effectiveness in assigning key terms in articles or contributions to event reports. The comments of this group of experts led us to make adjustments to the structure and some labels of the terms. Regarding the first case, we placed Affectivity as a first level term in the category of Pedagogical notions, since it appeared as a second level term, emerging from Cognition, in the previous versions. We placed the term Analytical geometry at the same level as Trigonometry and Topology, and we omitted the inclusion of a term called recordings, since it is immersed as an instrument in the Interviews and Classroom observations that we propose in the Sources of information label. On the other hand, we included full expressions for terms such as Justification processes (which includes both argumentation and demonstration) and Mathematical analysis (not only analysis), as far as the mathematical content is concerned.

In accordance with the procedures set out above, we present below the structure of the new taxonomy of key terms in Mathematics Education.

Structure of the New Taxonomy

The new taxonomy is organized into six categories of key terms: (a) purpose, (b) educational level, (c) foundations of Mathematics Education, (d) research in Mathematics Education, (e) pedagogical notions and (f) mathematical content. The categories purpose and educational level only include first level terms.

The key terms associated with purpose are task, essay, innovation and research. A task is a stimulus on a specific topic that seeks to promote learning in the classroom. An essay is the presentation of an opinion or position, which does not require systematic processes of justification. An innovation is a curriculum design based on disciplinary knowledge. A research is a work that makes a contribution to the knowledge that emerges from a systematic process of inquiry.

The key terms corresponding to the level of education are as follows.

- Kindergarden, early childhood education, pre-school education (0 to 6 years)
- Primary education, elementary school (6 to 12 years)
- Secondary education, middle school, basic secondary (12 to 16 years)
- High school, upper secondary (16 to 18 years old)
- Technical education, vocational education, professional training
- Continuing education
- Higher education, undergraduate education
- Postgraduate education

- Adult education
- All educational levels
- No educational level
- Other education level

The category of key terms related to the foundations of Mathematics Education are organized in five first level terms, from which second level terms are derived, as follows.

- History of Mathematics Education
- From academic disciplines
 - Epistemology
 - Pedagogy
 - Psychology
 - Semiotics
 - Sociology
- Conceptual frameworks
 - French didactics
 - Ethnomathematics
 - Critical Mathematics Education
 - Sociological theories
- Models
 - Didactical analysis
 - Ontosemiotic approach
 - Socio-epistemological approach
- Purposes of Mathematics Education
 - Cultural
 - Formative
 - Socio-political

The category Research in Mathematics Education contains 31 key terms, of which four are first level, 18 are second level and 9 are third level. The hierarchy of terms in this category is as follows.

- Paradigms
 - Critical
 - Empirical-analytical
 - Interpretative
- Type of research
 - Theoretical
 - Empirical
 - Qualitative
 - Quantitative
 - Mixed
- Methods
 - Content analysis
 - Discourse analysis
 - Meta-analysis
 - Statistical methods
 - Types of studies
 - Comparative
 - Quasi-experimental
 - Pre-experimental
 - Case studies
 - Exploratory
 - Descriptive
 - Documental
 - Design research
 - Action research
- Sources of information
 - Surveys
 - Interviews

- Tests
- Questionnaires
- Classroom observations

The key terms in the category of pedagogical notions are organized in 10 first level terms: (a) educational system, (b) educational center, (c) teacher, (d) content, (e) learning, (f) cognition, (g) teaching, (h) assessment, (i) inclusion and (j) affectivity. Terms referring to learning, cognition, assessment and affectivity are not exclusive to the student; they can be associated with the teacher.

- Educational system
 - Educational policy
 - Educational laws
 - Curricular documents
 - Management and quality
 - Access and school retention
- Educational center
 - Management and organization
 - Center resources
 - Educational project of the center
- Teacher
 - Associations
 - Teacher's knowledge
 - Teacher development
 - Status
 - Identity
 - Peer collaboration
 - Teacher practice
 - Training
 - Initial
 - Postgraduate
 - Continuing education
- Content
 - Approaches
 - Conceptual-theoretical
 - Functional
 - Concepts and procedures
 - Representations
 - Graphical
 - Numerical
 - Symbolic
 - Verbal
 - Phenomenology
 - Uses or meanings
 - Contexts or situations
 - Historical evolution of concepts
- Learning
 - Learning theories
 - Constructivism
 - Socio-cultural location
 - Social theory of learning
 - Objectification theory
 - APOS
 - Learning types
 - Learning goals
 - Mathematical literacy
 - Competences
 - Capacities
 - Learning limitations
 - Misconceptions
 - Difficulties

- Errors
 - Learning styles
 - Achievement
- Cognition
 - Conceptual change
 - Knowledge
 - Metacognition
 - Cognitive processes
 - Estimation
 - Mental calculation
 - Perception
 - Visualization
 - Objectivation
 - Understanding
 - Abstraction
 - Generalization
 - Reasoning
 - Deductive
 - Inductive
 - Justification processes
 - Creativity
 - Problem solving
 - Formulate
 - Modelling
 - Interpret
 - Communication
 - Types of mathematical thoughts
- Teaching
 - Curriculum
 - Notion
 - Design
 - Development
 - Evaluation
 - Types of methodology
 - Tasks
 - Routine exercises
 - Problems
 - Problem statement
 - Solution strategies
 - Types of problems
 - Didactic resources
 - Textbooks
 - Manipulative materials
 - Audio-visual media
 - Software
 - Electronic devices
 - Calculators
 - Computers
 - Mobile devices
 - Classroom management
 - Decision making
 - Discourse
 - Socio-cultural norms
 - Interactions
 - Reflection on teaching
 - Teaching modality
 - Face-to-face
 - Virtual
 - Mixed
 - Distance education

- Assessment
 - Types of assessment
 - Formative
 - Summative
 - Diagnostic
 - Instruments
 - Assessment approaches
 - Standardized
 - Feedback
- Inclusion
 - Socio-cultural diversity
 - Socioeconomic aspects
 - Culture / Religion
 - Gender
 - Ethnic-race
 - Special educational needs
 - Mathematical talent
 - Intellectual disability
 - Sensory or physical disability
- Affectivity
 - Attitude
 - Anxiety
 - Belief
 - Motivation

Finally, we organized the key terms of the mathematical content according to a phenomenological approach. We used the content categories proposed in the conceptual framework of the PISA 2015 study (OECD, 2016): quantity, change and relations, space and shape, and uncertainty and data. We included the term STEM and generated a category containing content that addresses the previous categories in a transversal way. We present, in what follows, the hierarchical organization of the terms.

- Quantity
 - Numbers
 - Pre-numerical concepts
 - Numbering systems
 - Numerical sets
 - Natural numbers
 - Integer numbers
 - Rational numbers
 - Fractions
 - Decimals
 - Irrational numbers
 - Real numbers
 - Complex numbers
 - Arithmetic operations
 - Addition
 - Subtraction
 - Multiplication
 - Division
 - Numerical relations
 - Order
 - Divisibility
 - Proportionality
 - Ratios
 - Proportions
 - Number theory
 - Measure
 - Magnitudes
 - Units of measurement

- Measurement estimation
 - Measurement calculation
- Change and relationships
 - Algebra
 - Numerical patterns
 - Polynomials
 - Relations
 - Functions
 - Types
 - Exponential
 - Polynomial
 - Logarithmic
 - Trigonometric
 - Operations
 - Equations and inequalities
 - Systems of equations
 - Abstract algebra
 - Calculation
 - Sequences and series
 - Limits
 - Derivation
 - Integration
 - Differential equations
 - Mathematical analysis
- Space and shape
 - Dimensions
 - One-dimensional
 - Two-dimensional
 - Three-dimensional
 - Geometry
 - Geometric constructions
 - Geometric shapes
 - Geometrical transformations
 - Geometric relations
 - Theorems
 - Analytical geometry
 - Trigonometry
 - Linear algebra
 - Topology
- Uncertainty and data
 - Statistics
 - Descriptive
 - Data organization and representation
 - Measures of central tendency
 - Measures of dispersion
 - Inferential
 - Random variable
 - Correlation and regression
 - Hypothesis testing
 - Probability
 - Combinatorics
 - Probability calculation
 - Conditional probability
 - Probability distributions
- Transversal
 - Mathematical logic
 - Set theory
 - Graph theory
- STEM

Conclusions

We present in this document the systematic process of production and validation of a new taxonomy of specific key terms in Mathematics Education. This proposal addresses the current state of knowledge in the discipline, as it is consolidated from the frequency of use of key terms in specialized research journals and in an open access digital document repository. We took as a basis an existing taxonomy, which emerged from a concrete theoretical approach and with a specific purpose of use (Authors, 2013). We eliminated from that taxonomy the less used terms in the document repository and included the terms that are relevant because of their frequency in the journals indexed in Scopus and Web of Science. The revision of encyclopedias specific to Mathematics Education (Grinstein & Lipsey, 2001; Lerman, 2014) supported the classification of terms as relevant and guided us in the hierarchical organization of the taxonomy.

We carried out a three-stage validation process in which we invited experts in the discipline to evaluate the structure, relevance and usefulness of the taxonomy. These comments allowed us to make the proposal more concrete. It should be clarified that, although the experts' suggestions were considered, the terms that finally made up the taxonomy satisfy the criterion of being relevant because of their use in the databases and the open access document repository.

Compared to the classification of terms used in MathEduc (FIZ Karlsruhe, 2019), our proposal focuses on Mathematics Education and provides a hierarchy of key terms, organized by main categories, which facilitates the coding and search of documents. In relation to the use of Bloom's taxonomy to establish descriptors associated with learning mathematics (Long & Dunne, 2014; Radmehr & Drake, 2019), the new taxonomy starts from the current knowledge of the discipline to organize key terms associated with pedagogical notions such as teacher, learning, cognition, teaching, assessment and affectivity. It is a fact that Mathematics Education, at present, is not limited to the study of the cognitive dimension of the student, but includes in its research and innovation agenda other aspects of mathematics teaching, teacher training and development, educational policy and the affective dimension (Lerman, 2020). We start from the knowledge included in specialized journals in Mathematics Education to identify the terms that are relevant to the discipline and add them to the taxonomy proposed by Authors (2013). In the same way, we identified the terms of this taxonomy that are less used as document descriptors, which led us to refine it.

The production of the new taxonomy is aligned with reflections on the usefulness of this type of controlled vocabulary, because of its effectiveness in organizing, managing and searching for information from tags that characterize knowledge in a field (Sujatha et al., 2011). Our proposal starts from conceptual references typical of Mathematics Education to establish the categories that organize the key terms. This approach has been used in other academic disciplines to develop their own taxonomies from existing references and resources (Aadland & Aaboen, 2020; Klassen & Donald, 2020). Bibliographic review in databases (strategy used in our proposal) has served as a basis in other studies to identify and structure disciplinary knowledge in specific categories (Fellnhöfer, 2019; Pertegal-Vega et al., 2019).

We recognize some limitations of our proposal. First, we restricted the review of key terms to journals in the discipline that, as of 2017, were indexed in both databases. This meant that we left aside publications that only satisfied the condition of being indexed in Scopus or that, although not specific to Mathematics Education, published documents from the discipline (for example, Science Education). To solve this situation, we considered it important to invite the editors of all the journals currently (2020) indexed in Web of Science, Scopus and Emerging Sources Citation Index to validate the taxonomy according to their experience and knowledge in the discipline. In addition, we are aware that the taxonomy may be limited to characterize the knowledge produced in Mathematics Education that is manifested in the documentation that is disseminated through various dissemination schemes. To go into more detail would imply a substantially greater amount of key terms. We wanted to keep the size of the previous taxonomy and to include in it the terms that may have greater frequency in the current documents of our discipline and those that will be published in the short and medium term.

We believe that the taxonomy presented in this document manages to synthesize the current focuses of work in Mathematics Education at the international level. Its structure and extension facilitate the codification, organization and search of documents in different dissemination schemes, such as journals, event pages or specific databases. However, this proposal is not rigid and is susceptible to revision and adjustment as changes in the thematic trends of the academic community are recognized. In fact, the procedures we develop to produce and validate the taxonomy can be used to generate new proposals. We emphasize that the method we propose is also

useful in other disciplines. In general, in the characterization of knowledge it is relevant to identify the advances that arise from research (through, for example, the publications with the greatest impact) but it is also important to study the documentation that is disseminated in an open manner and that is not restricted to research results.

We make the taxonomy available to the Mathematics Education community under license the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivs License. On the <https://bit.ly/314cKDT> website, the taxonomy can be downloaded in English and Spanish, and in different formats.

Acknowledgements

We appreciate the comments and suggestions provided by the following people during the process of elaboration and validation of the taxonomy.

- Edward Salamanca (Universidad Sergio Arboleda, Colombia)
- Camilo López (Universidad de los Andes, Colombia)
- Andrés Pinzón (Universidad de los Andes, Colombia)
- Alexandra Bulla (Universidad de los Andes, Colombia)
- Vilma Mesa (Universidad de Michigan – Ann Arbor, Estados Unidos)
- María C. Cañadas (Universidad de Granada, España)
- Jhony Villa-Ochoa (Universidad de Antioquia, Colombia)
- Gabriele Kaiser (ZDM International Journal on Mathematics Education)
- Peter Grootenboer (Mathematics Education Research Journal)
- Ángel Gutiérrez (Revista Enseñanza de las Ciencias)
- Gabriela Buendía (Red de Centros de Investigación en Matemática Educativa – CIMATES)
- María Teresa González (Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática – SEIEM)

References

- Aadland, T., & Aaboen, L. (2020). An entrepreneurship education taxonomy based on authenticity. *European Journal of Engineering Education*, 1-18. doi:10.1080/03043797.2020.1732305
- Adamuz-Povedano, N., Jiménez-Fanjul, N., & Maz-Machado, A. (2013). Búsqueda de descriptores que caractericen una disciplina emergente en WoS y SCOPUS: el caso de la Educación Matemática. [Search for descriptors that characterize an emerging discipline in WoS and SCOPUS: the case of mathematics education]. *Biblios*, 50, 1-14.
- Bracho, R., Jiménez-Fanjul, N., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., & Fernández-Cano, A. (2014). Producción científica sobre narrativa en Educación Matemática en la Web of Science. [Scientific Production about Narrative in Mathematics Education field in the Web of Science]. *Boletim de Educação Matemática*, 28(49).
- Cruz-Ramírez, M. (2018). Exploración de la producción científica mundial en matemática educativa. Una mirada cuantitativa. [Exploring the world scientific production in mathematics education. A scientometric look]. *Transformación*, 14(2), 150-161.
- Cruz-Ramírez, M., & Rodríguez-Devesa, R. (2019). A scientometric look at mathematics education from Scopus database. *The Mathematics Enthusiast*, 16(1), 37-46.
- Engel, W., Pryde, C., & Sappington, P. (2010). *Method and system for enhanced taxonomy generation*. Google Patents. United States.
- ERIC. (2017). Mathematics education. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?qt=mathematics+education&ti=Mathematics+Education>
- Fellnhöfer, K. (2019). Toward a taxonomy of entrepreneurship education research literature: A bibliometric mapping and visualization. *Educational Research Review*, 27, 28-55. doi:10.1016/j.edurev.2018.10.002
- FIZ Karlsruhe. (2010). MathEduc Database. Retrieved from <http://www.zentralblatt-math.org/matheduc/classification/>
- FIZ Karlsruhe. (2019). ZDM Subject Classification Scheme. Retrieved from http://www.imvibl.org/dmbl/novosti/zdm_didactical_mathematics_classification.pdf
- Authors. (2013). Reference omitted by blind copy.
- Grinstein, L. S., & Lipsey, S. I. (2001). *Encyclopedia of mathematics education*. New York: RoutledgeFalmer.
- Irfan, R., Khan, S., Abbas, M. A., & Shah, A. A. (2019). Determining Influential Factors and Challenges in Automatic Taxonomy Generation: A Systematic Literature Review of Techniques 1999-2016. *Information Research: An International Electronic Journal*, 24(2), 25.

- Jiménez, N., Adamuz, N., Maz, A., Bracho, R., Lupiáñez, J. L., & Segovia, I. (2011). Producción científica internacional en Educación Matemática en SSCI y SCOPUS (1980-2009): Construcción de descriptores. [International scientific production in Mathematics Education in SSCI and SCOPUS (1980-2009): Construction of descriptors]. In J. L. Lupiáñez, M. C. Cañadas, M. Molina, M. Palarea, & A. Maz (Eds.), *Investigaciones en Pensamiento Numérico y Algebraico e Historia de la Matemática y Educación Matemática - 2011* (pp. 325-335). Granada: Dpto. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Klassen, M., & Donald, J. (2020). Developing a Taxonomy to Compare Engineering Leadership Curricula Across Canadian Universities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*(20), 1-16.
- Lerman, S. (Ed.) (2014). *Encyclopedia of Mathematics Education* (1 ed.). Dordrecht: Springer.
- Lerman, S. (Ed.) (2020). *Encyclopedia of Mathematics Education* (2 ed.). Dordrecht: Springer.
- Long, C., & Dunne, T. (2014). Mathematics, curriculum and assessment: The role of taxonomies in the quest for coherence. *pythagoras*, 35(2), 1-14.
- Mullis, I., Martin, M., Ruddock, G., O'Sullivan, C., Arora, A., & Eberber, E. (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, Estados Unidos: Boston College.
- NISO. (2005). *Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies*. Bethesda, MD: Autor.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial literacy*. Paris, France: PISA, OECD Publishing.
- Paukkeri, M.-S., García-Plaza, A. P., Fresno, V., Unanue, R. M., & Honkela, T. (2012). Learning a taxonomy from a set of text documents. *Applied Soft Computing*, 12(3), 1138-1148. doi:10.1016/j.asoc.2011.11.009
- Pertegal-Vega, M. Á., Oliva-Delgado, A., & Rodríguez-Meirinhos, A. (2019). Systematic review of the current state of research on Online Social Networks: Taxonomy on experience of use. *Comunicar. Media Education Research Journal*(60), 81-90. doi:10.3916/C60-2019-08
- Radmehr, F., & Drake, M. (2019). Revised Bloom's taxonomy and major theories and frameworks that influence the teaching, learning, and assessment of mathematics: a comparison. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(6), 895-920. doi:10.1080/0020739X.2018.1549336
- Rico, L. (1997). *Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria. [Theoretical bases of the mathematics curriculum in secondary education]*. Madrid: Síntesis.
- Sujatha, R., Bandaru, R., & Rao, R. (2011). Taxonomy construction techniques—issues and challenges. *Indian Journal of Computer Science and Engineering*, 2(5), 661-671.
- Tatto, T., Schwille, J., Schmidt, W., Ingvarson, L., & Beavis, A. (2006). *IEA teacher education study in mathematics (TEDS-M). Conceptual framework*. East Lansing, Estados Unidos: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University.
- UNESCO. (2018). UNESCO Thesaurus. Retrieved from <http://vocabularies.unesco.org/thesaurus>

ARTÍCULO 2

EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN LOS PAÍSES DE HABLA HISPANA: AGREMIACIONES, EVENTOS Y PUBLICACIONES

Paola Castro y Pedro Gómez

Artículo publicado en
UNIÓN - Revista Iberoamericana de Educación Matemática

<https://union.fespm.es/index.php/UNION>

<http://www.fisem.org/www/index.php>
<https://union.fespm.es/index.php/UNION>

Educación Matemática en los países de habla hispana: agremiaciones, eventos y publicaciones

Paola Castro y Pedro Gómez

Fecha de recepción: 21/09/2020

Fecha de aceptación: 30/11/2020

<p>Resumen</p>	<p>Presentamos una aproximación al estado actual de la Educación Matemática, como disciplina científica, en los países de habla hispana. Realizamos una búsqueda sistemática de agremiaciones que desarrollan trabajos en la disciplina. Identificamos sus esquemas de difusión del conocimiento. Es evidente que la comunidad hispanohablante viene en ascenso. En la mayoría de los países, se han constituido agremiaciones profesionales. Se identifica una cantidad importante de eventos que son gestionados a nivel nacional o regional. Se destaca la difusión del conocimiento en publicaciones que surgen de los eventos y en revistas especializadas. Es importante que, a futuro, se estudien los fenómenos y problemas que trata la comunidad con base en su documentación.</p> <p>Palabras clave: agremiaciones, eventos, publicaciones, comunidad</p>
<p>Abstract</p>	<p>We present an approach to the current state of Mathematics Education, as a scientific discipline, in Spanish-speaking countries. We carry out a systematic search of groups that develop works in the discipline. We identify their knowledge diffusion schemes. It is evident that the Spanish-speaking community is on the rise. In most countries, professional associations have been constituted. An important number of meetings managed at a national or regional level are identified. The diffusion of knowledge in publications that arise from the meetings and in specialized journals stands out. It is important that the phenomena and problems that the community deals will be studied based on its documentation.</p> <p>Keywords: associations, meetings, publications, community</p>
<p>Resumo</p>	<p>Apresentamos uma abordagem ao estado atual da Educação Matemática, como disciplina científica, nos países de língua espanhola. Realizamos uma busca sistemática de grupos que desenvolvem trabalhos na disciplina. Identificamos os seus esquemas de difusão do conhecimento. É evidente que a comunidade de língua espanhola cresce. Na maioria dos países, tem-se constituído agremiações profissionais. Identifica-se uma quantidade importante de eventos que são gestados em nível nacional ou regional. Destaca-se a difusão do conhecimento em publicações que surgem dos eventos e em revistas especializadas. É importante que, no futuro, se estudem os fenómenos e problemas que tratam a comunidade com base em sua documentação.</p> <p>Palavras-chave: associações, eventos, publicações, comunidade</p>

1. Introducción

La consolidación de la Educación Matemática como campo académico y disciplina científica ha sido objeto de estudio a nivel internacional (Kilpatrick, 2008; Sierpinska y Kilpatrick, 1998). Al respecto, se reconoce que la comunidad de educadores matemáticos ha crecido y se ha diversificado, en lo que refiere, tanto a sus focos de estudio, como a las diferencias culturales que emergen de los países en los que se aborda la disciplina. Una disciplina no se centra en un lugar geográfico o en una institución específica, sino que surge en una comunidad que tiene un foco de interés, un lenguaje y un propósito común que se reflejan en sus prácticas (Ernest, 1998).

En la Educación Matemática, no se desconoce la influencia que las escuelas europeas y anglosajonas han tenido en la formación de investigadores y educadores matemáticos hispanohablantes. Empero, en países como España y México, se han concebido modelos conceptuales que permiten aproximarse a fenómenos relacionados con el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, y con la formación de profesores. Adicionalmente, en la mayoría de los países latinoamericanos, se han constituido agremiaciones profesionales que abordan el estudio de la Educación Matemática. También, es evidente el aumento en la oferta de programas de formación de posgrado (máster y doctorados). Otro aspecto que destaca en esta comunidad es la organización de reuniones periódicas en las que se socializan resultados de investigaciones, posturas y experiencias de aula.

Diversos estudios ponen de manifiesto cómo la Educación Matemática se consolida como disciplina en la comunidad hispanohablante en tanto que hay una comunidad de investigadores y educadores matemáticos que convergen en agremiaciones y eventos académicos y que producen y difunden su conocimiento en diferentes medios de comunicación (González, 2018; Rico y Sierra, 1991). Se han realizado aproximaciones históricas al desarrollo de la Educación Matemática en países específicos de Iberoamérica como Brasil (Fiorentini, 1996), México (Avila, 2016; Hitt, 1998), España (Blanco, 2011; Rico y Sierra, 1994; Ruiz y Bosch, 2007), Argentina (Villareal y Esteley, 2002), Venezuela (Beyer, 2001; González, 2011) y Colombia (Gómez-Mulett, 2018; Sánchez y Albis, 2012). Estos estudios han abordado la evolución de la disciplina en términos de los programas de formación, la conformación de agremiaciones, la creación de grupos de investigación y el surgimiento de publicaciones específicas a la Educación Matemática. De esta manera, se ha puesto de manifiesto que, en estos países, los sistemas de conocimiento evolucionan de acuerdo con las prácticas de la comunidad (Ernest, 1998) y que las comunidades operan dentro de sus contextos particulares para abordar fenómenos y problemas concretos (Romberg, 1992).

En el caso de las agremiaciones, se destaca la publicación de la reseña histórica del Comité Iberoamericano de Educación Matemática, en la que reconoce su papel en el progreso de la disciplina en América Latina (Barrantes y Ruiz, 1998). Por otra parte, UNIÓN – Revista Iberoamericana de Educación Matemática, órgano de difusión de la Federación Iberoamericana de Educación Matemática (FISEM), dedicó el número 40 como homenaje a las sociedades de los países miembros de la federación. En los artículos, se da cuenta de la constitución, evolución y alcances de las

agremiaciones en torno al desarrollo de la disciplina en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, España, México, Paraguay, Perú, Portugal, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. El interés por la evolución de la Educación Matemática también ha llevado a compilar y difundir reflexiones sobre el avance de las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje en Latinoamérica (Martínez y Camarena, 2015; Rosario, Scott y Vogeli, 2015).

Adicionalmente, se identifica en la disciplina una cantidad importante de estudios documentales. Estos estudios abordan con especial énfasis los patrones de productividad y redes de colaboración y autoría. Algunos objetos de estudio en estas indagaciones cuantitativas son revistas especializadas en Educación Matemática como SUMA, Épsilon y Relime (Bracho-López, Maz-Machado, Jiménez-Fanjul, Adamuz-Povedano, Gutiérrez-Arenas y Torralbo-Rodríguez, 2011; Bracho-López, Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, Jiménez-Fanjul y Adamuz-Povedano, 2010; Maz-Machado, Jiménez-Fanjul, Bracho-López y Adamuz-Povedano, 2015). Los trabajos relacionados con eventos se han enfocado en dos reuniones que se destacan en la disciplina: el simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) y la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa (RELME). Las fuentes de información son las actas de estos eventos que han sido compiladas en publicaciones seriadas (Castro, Gómez y Cañadas, 2020; Gómez, Cañadas, Bracho, Restrepo y Aristizábal, 2011; Maz, Torralbo, Hidalgo y Bracho-López, 2009; Torres-Alfonso, Peralta-Gonzalez y Toscano-Menocal, 2014). En la RELME, además de trabajos de investigación, se permite la difusión de experiencias de aula y otros trabajos que presentan opiniones o posturas en relación con la disciplina.

La producción documental que surge en países o regiones concretas también ha sido considerada en estudios bibliométricos. Se han desarrollado investigaciones que están enfocadas en indicadores de productividad e impacto (De Moya Anegón, 2003; Torres-Alfonso et al., 2014). Destacan los trabajos realizados sobre España a partir de tesis doctorales (Maz-Machado, Bracho-López, Torralbo-Rodríguez, Gutiérrez-Arenas, Jiménez-Fanjul y Adamuz-Povedano, 2012; Torralbo, Fernández, Rico, Maz y Gutiérrez, 2003; Torralbo-Rodríguez, Vallejo-Ruiz, Fernández-Cano y Rico-Romero, 2004; Vallejo-Ruiz, 2005; Vallejo-Ruiz, Fernández-Cano, Torralbo, Maz y Rico, 2008). Son pocos los trabajos que caracterizan países en términos del contenido de la documentación que se produce en ellos. Al respecto, en Colombia, se han identificado focos de interés de la comunidad en torno a los fenómenos y problemas que aborda y que se evidencia en su documentación de acceso abierto (Castro y Gómez, 2018, 2019).

Algunas aproximaciones a la evolución de la Educación Matemática a nivel internacional han sido abordadas por investigadores de la comunidad hispanohablante. Estos trabajos parten de la documentación alojada en las bases de datos Scopus y Web of Science (Jiménez, Adamuz, Maz, Bracho, Lupiáñez y Segovia, 2011; Maz-Machado et al., 2015). Algunos resultados ponen de manifiesto que la producción de artículos en la disciplina se centra en países de habla no hispana — Estados Unidos, Reino Unido, Australia, Turquía, Canadá y Alemania— (Cruz-Ramírez y Rodríguez-Devesa, 2019). No obstante, es evidente que la comunidad de

Educación Matemática de habla hispana viene en ascenso y que es susceptible de ser estudiada a partir de otras fuentes de información.

En este trabajo, verificamos el crecimiento que se percibe de la comunidad hispanohablante de Educación Matemática y describimos el estado actual de la disciplina en términos de la cantidad de agremiaciones locales y regionales que han emergido en torno a ella, y de sus esquemas de difusión del conocimiento.

2. Marco conceptual

Cada disciplina tiene sus propias formas de conocimiento. El conocimiento es lo que la comunidad conoce y acepta. Desde esta perspectiva, no hay disciplina sin comunidad y los sistemas de conocimiento evolucionan de acuerdo con sus prácticas (Ernest, 1998). Las comunidades académicas implican líneas de razonamiento y premisas que certifican el conocimiento (Romberg, 1992). Estas comunidades operan dentro de un contexto cultural y tienen formas compartidas de ver el mundo que se materializan en preguntas que provienen de fenómenos y problemas concretos, y métodos y procedimientos particulares.

Una comunidad representa la evolución de una práctica como resultado de un proceso de negociación de significados (Gómez, 2007). Una comunidad de práctica se caracteriza por tener un propósito común. Además, la idea de comunidad de práctica implica un compromiso mutuo entre los individuos que forman parte de ella, la construcción y negociación de significados, la formación de trayectorias y el desarrollo de historias de práctica. La comunidad de práctica converge en un repertorio compartido que incluye rutinas, herramientas, símbolos, acciones o conceptos; estos son recursos de negociación de significados y de construcción del conocimiento (Wenger, 1998).

Desde una aproximación sociológica, la Educación Matemática es una disciplina que está consolidada en una comunidad, académica y de práctica, en la que se han concebido espacios propios de comunicación y de difusión del conocimiento. En torno a esta disciplina, se desarrollan programas de formación en los niveles profesional y posgradual, se identifican agremiaciones que lideran reuniones periódicas regulares y se gestionan publicaciones especializadas. Así mismo, se emplean diversos medios de divulgación del conocimiento: (a) artículos y libros que resultan de investigaciones, (b) documentos que surgen de los trabajos presentados en los encuentros periódicos de investigadores y educadores matemáticos (memorias y presentaciones), (c) documentación no publicada de grupos de investigación o autores, (d) trabajos de grado y tesis, y (e) actividades de enseñanza, entre otros. Por lo tanto, caracterizar la comunidad en términos de sus esquemas de difusión del conocimiento proporciona información sobre su desarrollo en un contexto particular.

3. Objetivo

El propósito de este trabajo es describir el estado actual de la Educación Matemática en Hispanoamérica, como disciplina científica, en términos de la cantidad

de agremiaciones locales y regionales que han emergido en torno a ella, y de sus esquemas de difusión del conocimiento.

4. Método

Este estudio es de tipo exploratorio y descriptivo, en tanto que exploramos la información para determinar el estado actual —a septiembre de 2020— de la Educación Matemática en los países de habla hispana. Realizamos un proceso sistemático de búsqueda de agremiaciones de investigadores y educadores que desarrollan trabajos en la disciplina en los países de habla hispana, y de sus esquemas de difusión del conocimiento.

Accedimos a páginas web de eventos académicos y revistas, a páginas y grupos de la red social Facebook, y a repositorios institucionales de universidades y grupos de investigación para identificar las publicaciones que gestionan para la difusión del conocimiento. Elaboramos una base de datos que organizamos por países. En ella, incluimos los tipos de documentos que se difunden (si los hay), la fuente (publicación o evento), la institución gestora y su URL. Como ejemplo de la información compilada en la base de datos, presentamos, en la figura 1, la estructura de la base de datos y la información actualizada que corresponde a Argentina.

EMAT_Documentacion_HablaHispana

Agremiaciones **Argentina** Bolivia Chile Colombia Costa Rica Cuba Ecuador El Salvador España Guatemala Honduras México Nicaragua Panamá Paraguay Perú Puerto Rico República Dominicana Uruguay Venezuela Regional

Documentos	Publicación o evento	Gestor	URL de la organización
Artículos	Revista de Educación Matemática	Unión Matemática Argentina	https://revistas.unc.edu.ar/index.php/REM
Artículos	Yupana. Revista de educación matemática de la Universidad Nacional del Litoral	Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral	http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/Yupana
Artículos	Revista Premisa	Sociedad Argentina de Educación Matemática	http://www.soarem.com.ar
Artículos	Mendom@tica	Portal Educativo Mendoza.edu.ar	http://www.mendoza.edu.ar/tag/revista-mendomatica/
Contribuciones a actas (extensos)	Conferencia Argentina de Educación Matemática	Sociedad Argentina de Educación Matemática	https://www.soarem.com.ar
Contribuciones a actas (extensos)	Congreso Internacional en Enseñanza de las Ciencias y la Matemática y Encuentro Nacional de Enseñanza de la Matemática	Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires	http://iciemienem.sites.exa.unicen.edu.ar/
	Jornadas de Educación Matemática y de Investigación en Educación Matemática	Departamento de Matemática de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Universidad Nacional del Litoral	http://www.fnuc.unl.edu.ar/pages/investigacion/publicaciones/producciones-de-jornadas-y-congresos/jornadas-de-educacion-matematica-y-jornadas-de-investigacion-en-educacion-matematica.php
	Congreso Nacional sobre Didáctica y Actualización en Matemática y Física	Instituto de Educación Superior de Formación Docente y Técnica N°9-002 "Tomás Godoy Cruz"	http://mzapata.uncuyo.edu.ar/congreso-nacional-sobre-didactica-y-actualizacion-en-matematica-y-fisica
	Reunión de educación matemática	Unión Matemática Argentina	http://uma2017.dm.uba.ar/index.php/actividades/educacion/general-rem
	Escuela de Didáctica de la Matemática - EDIMAT	Universidad Nacional de La Plata	http://blogs.unlp.edu.ar/edimat/
	Ciclos Repensar el aula de matemática desde la matemática educativa	Sociedad Argentina de Educación Matemática	https://www.soarem.com.ar

Figura 1. Base de datos con información de países

Hicimos pública la base de datos en una página web¹ e hicimos el llamado a la comunidad, a través de la red social Facebook, para revisarla y validarla. Con motivo de las observaciones recibidas, actualizamos la información. Por ejemplo, incluimos a la Comunidad GeoGebra Latinoamericana y al Coloquio de la Comunidad GeoGebra Latinoamericana como agremiación y evento regional, respectivamente.

Posteriormente, establecimos la cantidad de agremiaciones que se reconocen en cada país, la cantidad de eventos que son gestionados en ellos, la cantidad de publicaciones que compendian los trabajos presentados en los eventos y la cantidad de revistas especializadas en la disciplina (o que incluyen secciones fijas). Para cada uno de estos conjuntos de datos, realizamos agrupaciones de países en cuatro clústeres. Utilizamos el algoritmo de Lloyd para calcular el agrupamiento k-means para cada clúster (k). El clúster resultante es determinista, puesto que el resultado depende únicamente de la cantidad de clústeres. El método escalado que se emplea es el de normalización. Para valores nulos, asignamos una categoría denominada “sin agrupación”. Obtuvimos el total de clústeres de la agrupación, la suma de cuadrados entre grupos, la suma de cuadrados dentro de cada grupo y la suma total de cuadrados. Posteriormente, presentamos el número de elementos del clúster y sus centros. Como ejemplo, en la Tabla 1, mostramos la agrupación en clústeres que surge de la suma de agremiaciones.

Entradas para la agrupación en clústeres		
Variables: Suma de Agremiaciones		
Nivel de detalle: País ¹		
Escala: Normalizada		
Resumen de diagnósticos		
Número de clústeres:	4	
Número de puntos:	16	
Suma de cuadrados entre grupos:	0.89342	
Suma de cuadrados dentro de grupos:	0.0	
Suma de cuadrados total:	0.89342	
Clústeres	Número de elementos	Centros Suma de Agremiaciones
Clúster 1	1	23.0
Clúster 2	3	3.0
Clúster 3	5	2.0
Clúster 4	7	1.0
Sin clústeres	4	

Tabla 1. Agrupación de países en clústeres para agremiaciones

¹ La página web (<https://bit.ly/3mAMXEz>) está disponible desde abril de 2019.

A partir de la información obtenida, identificamos los países que se destacan por la cantidad de agremiaciones nacionales y por la gestión de eventos y publicaciones especializadas en Educación Matemática. Para el caso expuesto en la Tabla 1, España es el único país ubicado con el clúster 1, pues suma un total de 23 agremiaciones.

5. Resultados

Para dar cumplimiento al propósito de este trabajo, organizamos los resultados en tres secciones en las que presentamos el estado actual de la comunidad hispanohablante en términos de sus agremiaciones, eventos y publicaciones de la disciplina. Al respecto, identificamos una cantidad importante de eventos y publicaciones de Educación Matemática que son gestionados por instituciones de países de habla hispana o por agremiaciones regionales. La información detallada de agremiaciones, eventos y revistas por país puede ser consultada en la base de datos <https://bit.ly/2FBgVaQ>.

5.1 Agremiaciones

La comunidad hispanohablante de Educación Matemática se encuentra organizada actualmente en un total de 57 agremiaciones, de las cuales 49 son nacionales y 8 corresponden a las sociedades regionales que presentamos a continuación.

- Federación Iberoamericana de Sociedades de Educación Matemática (FISEM)
- Red de Educación Matemática de América Central y El Caribe
- Comité Interamericano de Educación Matemática (CIAEM)
- Comité Latinoamericano de Matemática Educativa A. C. (CLAME)
- REDUMATE: Red de Educación Matemática de América Central y El Caribe
- Asociación Latinoamericana de Maestros de Matemáticas
- Red Latinoamericana de Etnomatemática
- Comunidad GeoGebra Latinoamericana

En la Figura 2, presentamos la distribución geográfica de las 49 organizaciones nacionales. El color y el tamaño del círculo con el que se marca cada país se refiere al clúster correspondiente de acuerdo con la cantidad.

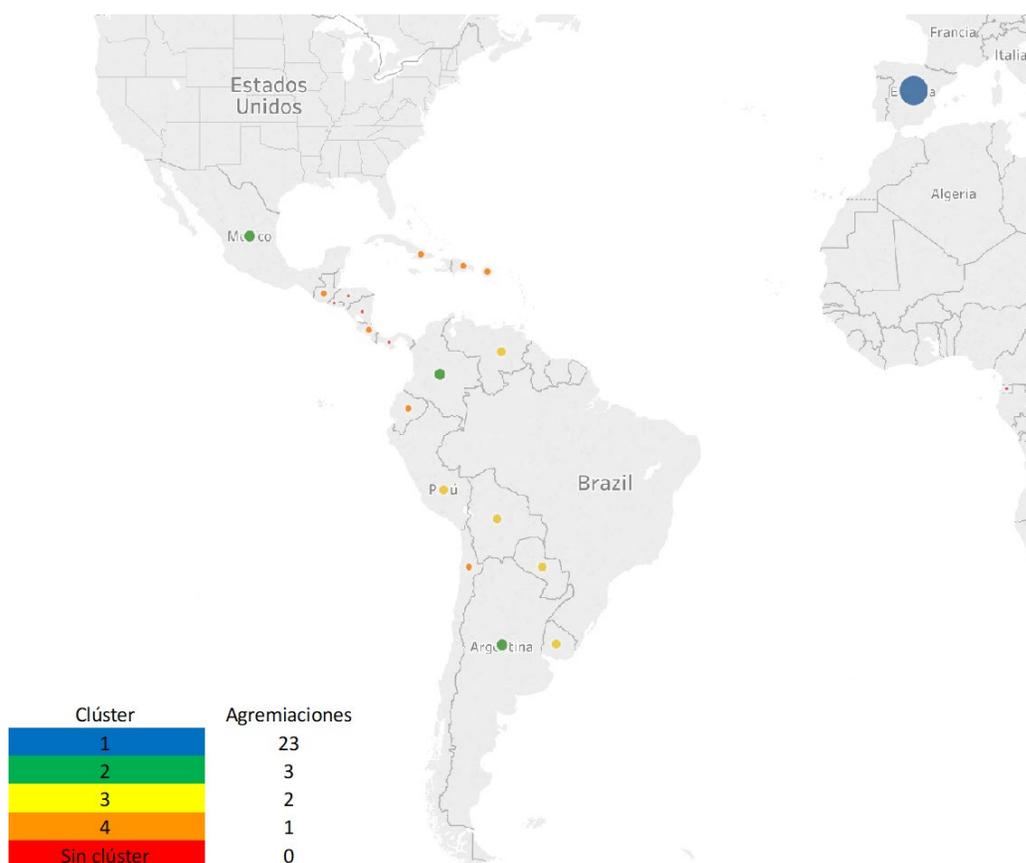


Figura 2. Distribución de agremiaciones en países de habla hispana

5.2 Eventos y documentos de eventos

En total, identificamos 11 eventos de carácter regional, que son liderados por organizaciones internacionales, cuyas sedes varían en sus diversas versiones. Otros 79 eventos de carácter local son gestionados por instituciones nacionales (agremiaciones o universidades), en su mayoría, con periodicidad definida. Los eventos, aunque en algunas versiones determinan focos de estudio, son abiertos para la difusión de trabajos que aborden, en general, aspectos de la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Encontramos un porcentaje de reuniones, no superior al 15%, que especifican las temáticas que abordan —por ejemplo, Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones; Encuentro Colombiano de Educación Estocástica; Encuentro sobre Didáctica de la Estadística, la Probabilidad y el Análisis de Datos; Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria; Congreso Iberoamericano de Cabri; y Congreso Iberoamericano de Historia de la Educación Matemática—.

De los 90 eventos que identificamos en total, 42 difunden los trabajos que han sido socializados en ellos con documentos que son compilados y publicados en libros editados o publicaciones seriadas. Ocho de las publicaciones corresponden a las

reuniones de carácter regional. Realizamos un análisis clúster respecto a la cantidad de eventos que se gestionan en cada país y otro relacionado con la cantidad de publicaciones que compendian los trabajos presentados en los eventos. Presentamos, en la Tabla 2, la organización de los países de acuerdo con los dos análisis.

Clúster	Eventos		Publicaciones	
	Cantidad	Países	Cantidad	Países
1	26	Colombia	16	Colombia
2	6 a 8	Costa Rica, México, Argentina, España	4	Costa Rica, España
3	3 a 5	Chile, Venezuela, Perú	2 y 3	México, Argentina
4	1 y 2	Guatemala, República Dominicana, Uruguay, Bolivia, Cuba, Ecuador, Honduras, Panamá, Paraguay	1	Chile, Guatemala, Perú, Uruguay, Venezuela
Sin clúster	0	El Salvador, Nicaragua, Puerto Rico	0	Bolivia, Cuba, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, República Dominicana

Tabla 2. Distribución de países por cantidad de eventos y publicaciones de documentos

5.3 Revistas

Respecto a las revistas, identificamos 37 que son gestionadas por grupos de investigación, agremiaciones o programas de formación de Educación Matemática. De ellas, cinco son editadas por organizaciones no locales: Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa RELIME, ALAMMI, UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática, Revista Internacional de Aprendizaje en Ciencia, Matemáticas y Tecnología, y Revista Latinoamericana de Etnomatemática. En la Figura 3, presentamos la distribución de las revistas en los países de habla hispana. Identificamos el clúster en el que se ubica cada país de acuerdo con la cantidad de publicaciones de este tipo.

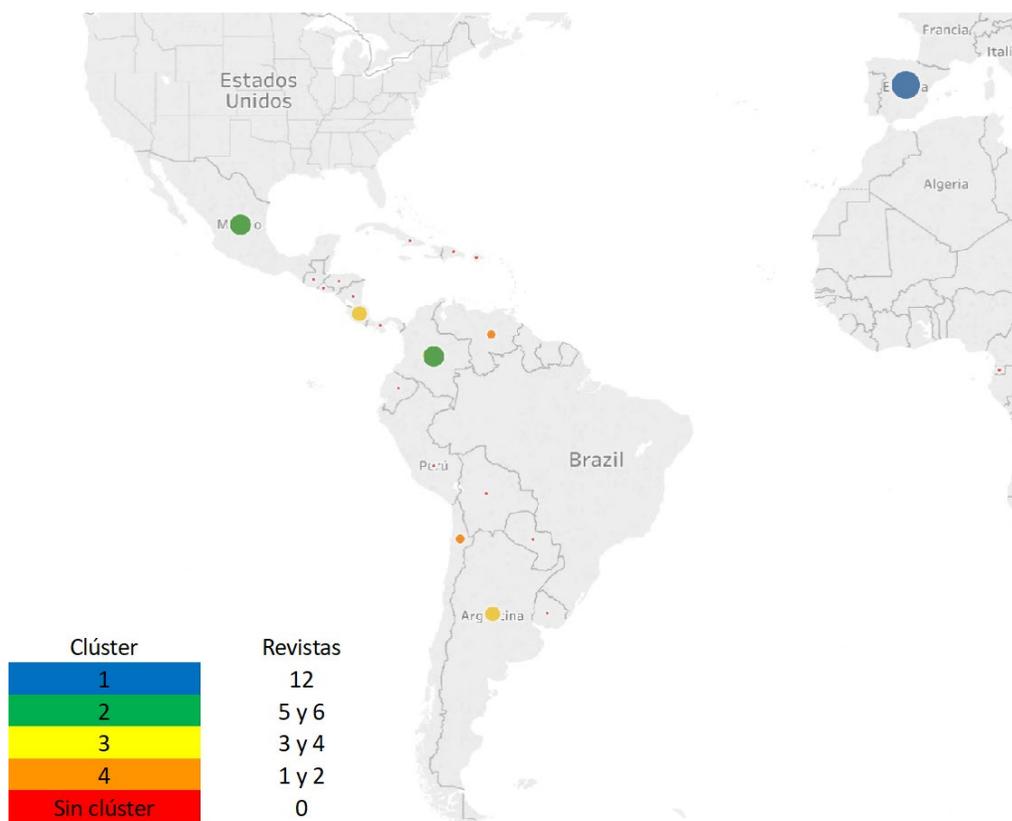


Figura 3. Distribución de revistas en países de habla hispana

Encontramos dos revistas que concretan su área de cobertura temática. La primera se centra en un nivel educativo (Edma 0-6-Educación Matemática en la infancia) y la otra se enfoca en un contenido matemático (El Cálculo y su Enseñanza. Enseñanza de las Ciencias y la Matemática). Destacamos tres revistas que, aunque no fueron concebidas como específicas a la Educación Matemática, incluyen en sus publicaciones periódicas artículos de esta disciplina: Revista Enseñanza de las Ciencias, UNICIENCIA y Paradigma.

Conclusiones

En este trabajo, presentamos, en primer lugar, una recopilación de los estudios que se han realizado en relación con la consolidación de la Educación Matemática en Hispanoamérica. Identificamos acercamientos de tipo histórico, que abordan tanto el desarrollo de las matemáticas, su enseñanza y aprendizaje, como el surgimiento de agremiaciones, programas de formación y grupos de investigación en los países. También, hacemos referencia a investigaciones de tipo cuantitativo que proporcionan información especialmente sobre índices de productividad, citación y autoría. Por otra parte, exponemos el panorama actual de la comunidad con base en sus agremiaciones, eventos y canales de difusión de conocimiento.

Los resultados evidencian el papel que algunos países están teniendo en el desarrollo de la Educación Matemática en la región: España, en lo que refiere a agremiaciones —que promueven la interacción de investigadores y educadores, y acciones específicas de trabajo con estudiantes— y a revistas especializadas; y Colombia, respecto a la gestión de eventos. En términos de cantidad, los eventos regionales que más han contribuido a la difusión del conocimiento a través de las publicaciones de trabajos en sus actas son la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa RELME y el Congreso Iberoamericano de Educación Matemática CIBEM. Los eventos nacionales con mayor cantidad de documentos difundidos en libros editados o publicaciones seriadas son el Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática y el Encuentro Colombiano de Matemática Educativa. Los eventos que tienen foco de estudio se centran en contenidos de geometría y estadística y probabilidad.

En relación con las revistas, cabe destacar la gestión editorial que viene desarrollándose en México y Colombia. Otro aspecto que resulta importante por mencionar es que, a pesar de la cantidad de publicaciones seriadas que se gestionan en los países de habla hispana, la Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa RELIME (Regional) y Enseñanza de las Ciencias (España) son las únicas publicaciones indexadas tanto en la base de datos Scopus como Web of Science. Entre 2019 y 2020, PNA - Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática (España), Revista Educación Matemática (México) y Avances de Investigación en Educación Matemática (España), en su orden, fueron incluidas en Scopus. De estas, las dos revistas españolas también están indexadas en el Emerging Sources Citation Index².

Aunque realizamos una búsqueda sistemática de la información, somos conscientes de la posibilidad de no haber incluido en la base de datos eventos o publicaciones que se gestionen en la actualidad en países de habla hispana. Esto se podría explicar por una baja visibilidad en la web. En el caso de Colombia, país que se destaca por la cantidad de eventos y publicaciones que emergen de ellos, es factible que los resultados se justifiquen en la proximidad que los autores de este estudio tenemos con dicho contexto.

Reconocemos que el trabajo que realizamos deja de lado la revisión de los esquemas actuales de difusión en Brasil y Portugal. Incluirlos en próximos estudios permitirían proporcionar conclusiones sobre Iberoamérica. No obstante, hemos logrado identificar hasta el momento, al menos, nueve revistas editadas por instituciones brasileras que contribuyen a la difusión de trabajos de Educación Matemática producidos en español: ZETETIKÉ. Revista de Educação Matemática, Acta Scientiae. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, Educação Matemática em Revista, EM TEIA. Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana, Boletim GEPEM, Amazônia. Revista de educação em ciências e matemáticas, REVEMAT. Revista Eletrônica de Educação Matemática, Educação Matemática Pesquisa. Debido al crecimiento de la comunidad brasileras en nuestra

² El ranking de las revistas especializadas en Educación Matemática está disponible en <https://bit.ly/32IE308>

disciplina, existe una oportunidad importante de caracterizarla a partir de la documentación que se difunde en el país.

El comportamiento de la comunidad de Educación Matemática de habla hispana, en lo que respecta a la difusión de su conocimiento, pone de manifiesto la necesidad de caracterizarla a nivel global desde diferentes ámbitos. La información que presentamos en este documento abre el panorama de las futuras aproximaciones — por países, por eventos, por revistas— que se pueden hacer para caracterizar la evolución de la disciplina en esta comunidad que viene en ascenso. Si bien los patrones de productividad y la identificación de redes de colaboración y autoría son relevantes en el estudio de la ciencia, es importante estudiar la especificidad de los fenómenos y problemas que trata la comunidad y que difunde en eventos y revistas de divulgación e investigación. El estudio del contenido de la documentación permitiría establecer los focos de estudio de las comunidades locales, así como las tendencias temáticas de los eventos.

Bibliografía

- Avila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: una mirada a 40 años de trabajo. *Educación Matemática*, 28(3), 31-60.
- Barrantes, H. y Ruiz, Á. (1998). *La historia del Comité Interamericano de Educación Matemática*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Beyer, W. (2001). Pasado, presente y futuro de la Educación Matemática en Venezuela. *Revista Enseñanza de la Matemática*, 10(1), 23-36.
- Blanco, L. J. (2011). La investigación en educación matemática. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 109-128.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N., Gutiérrez-Arenas, P. y Torralbo-Rodríguez, M. (2011). Análisis cuantitativo y temático de la revista SUMA (1999-2010). *Suma*(68), 1-20.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2010). La investigación en Educación Matemática en la revista Épsilon. Análisis cuantitativo y temático (2000-2009). *Epsilon. Revista de Educación Matemática*, 75, 9-25.
- Castro, P. y Gómez, P. (2018). Avances de la caracterización de la comunidad colombiana de Educación Matemática. En *Encuentro Colombiano de Matemática Educativa - ECME 17*. Bogotá.
- Castro, P. y Gómez, P. (2019). La comunidad colombiana de Educación Matemática: diversidad y evolución. En G. Schubring, J. H. Bello y H. Vacca (Eds.), *V Congreso Iberoamericano de Historia de la Educación Matemática* (Vol. 1, pp. 124-138). Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Castro, P., Gómez, P. y Cañadas, M. C. (2020). Nociones didácticas en la investigación en Educación Matemática: comparación del simposio de la SEIEM y la RELME. En Y. Morales y Á. Ruiz (Eds.), *Educación Matemática en las Américas 2019* (pp. 903-910). República Dominicana: Comité Interamericano de Educación Matemática.
- Cruz-Ramírez, M. y Rodríguez-Devesa, R. (2019). A scientometric look at

- mathematics education from Scopus database. *The Mathematics Enthusiast*, 16(1), 37-46.
- De Moya Anegón, F. (2003). Visibilidad internacional de la investigación española en Ciencias de la Educación. El caso de la Didáctica de la Matemática. En *Investigación en educación matemática: séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 13-24): Universidad de Granada.
- Ernest, P. (1998). A postmodern perspective on research in mathematics education. En A. Sierpiska y J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 71-85). Dordrecht: Springer.
- Fiorentini, D. (1996). Um estudo histórico da Educação Matemática Brasileira enquanto campo de investigação. En *Atas de História e Educação Matemática* (pp. 214-221). Braga, Portugal.
- Gómez, P. (2007). *Desarrollo del conocimiento didáctico en un plan de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Granada, España: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Gómez, P., Cañadas, M. C., Bracho, R., Restrepo, Á. M. y Aristizábal, G. (2011). Análisis temático de la investigación en Educación Matemática en España a través de los simposios de la SEIEM. En M. Marín, G. Fernández, L. J. Blanco y M. M. Palarea (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XV* (pp. 371-382). Ciudad Real: SEIEM.
- Gómez-Mulett, A.-S. (2018). La educación matemática en Colombia: origen, avance y despegue. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 16(16), 123-146.
- González, F. (2011). Inventario de Historia de la Educación Matemática en Venezuela. En *XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife, Brasil.
- González, F. (2018). Historia de la Educación Matemática en Latinoamérica: 10 Claves para su comprensión. *UNIÓN, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*(52), 279-305.
- Hitt, F. (1998). Matemática educativa: investigación y desarrollo 1975-1997. En F. Hitt (Ed.), *Investigaciones en Matemática Educativa II* (pp. 41-65). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Jiménez, N., Adamuz, N., Maz, A., Bracho, R., Lupiáñez, J. L. y Segovia, I. (2011). Producción científica internacional en Educación Matemática en SSCI y SCOPUS (1980-2009): Construcción de descriptores. En J. L. Lupiáñez, M. C. Cañadas, M. Molina, M. Palarea y A. Maz (Eds.), *Investigaciones en Pensamiento Numérico y Algebraico e Historia de la Matemática y Educación Matemática - 2011* (pp. 325-335). Granada: Dpto. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Kilpatrick, J. (2008). The development of mathematics education as an academic field. En M. Menghini, F. Furinghetti, L. Giacardi y F. Arzarello (Eds.), *The first century of the International Commission of Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education* (pp. 25-39). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani.
- Martínez, X. y Camarena, P. (Eds.). (2015). *La educación matemática en el siglo XXI*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- 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 *Investigación en educación matemática XIII* (pp. 323-332):

- Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.
- Maz-Machado, A., Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Gutiérrez-Arenas, M. P., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2012). Redes académicas generadas por las tesis doctorales de educación matemática en España. *Revista de Investigación Educativa*, 30(2), 271-286.
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Bracho-López, R. y Adamuz-Povedano, N. (2015). Análisis bibliométrico de la revista RELIME (1997-2011). *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 29(66), 91-104.
- Rico, L. y Sierra, M. (1991). La comunidad de educadores matemáticos. En Á. Gutiérrez (Ed.), *Área de conocimiento. Didáctica de la matemática* (pp. 11-58). Madrid: Síntesis.
- Rico, L. y Sierra, M. (1994). Desarrollo de la educación matemática en España desde la guerra civil (1936) hasta la ley general de educación (1970). En J. Kilpatrick, L. Rico y M. Sierra (Eds.), *Educación matemática e investigación* (pp. 125-146). Madrid: Síntesis.
- Romberg, T. A. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. En D. Grower (Ed.), *Handbook of research on the teaching and learning of mathematics*. New York: Macmillan.
- Rosario, H., Scott, P. y Vogeli, B. R. (Eds.). (2015). *Mathematics and its Teaching in the Southern Americas*: World Scientific.
- Ruiz, N. y Bosch, J. (2007). La educación matemática en España. *Práxis Educativa*, 2(2), 151-160.
- Sánchez, C. y Albis, V. (2012). Historia de la enseñanza de las matemáticas en Colombia. De Mutis al siglo XXI. *Quipu*, 14(1), 109-157.
- Sierpinska, A. y Kilpatrick, J. (1998). *Mathematics education as a research domain: A search for identity*. Dordrecht: Kluwer.
- Torralbo, M., Fernández, A., Rico, L., Maz, A. y Gutiérrez, P. (2003). Tesis doctorales españolas en Educación Matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 295-305.
- Torralbo-Rodríguez, M., Vallejo-Ruiz, M., Fernández-Cano, A. y Rico-Romero, L. (2004). Análisis metodológico de la producción española de tesis doctorales en educación matemática (1976-1998). *Revista ELección de Investigación y EValuación Educativa*, 10(1).
- Torres-Alfonso, A. M., Peralta-Gonzalez, M. J. y Toscano-Menocal, A. (2014). Impact and productivity of Latin American publications about mathematics education. *Biblios*(55), 13.
- Vallejo-Ruiz, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002)*. Tesis de Doctorado no publicada, Universidad de Granada, Granada, España.
- Vallejo-Ruiz, M., Fernández-Cano, A., Torralbo, M., Maz, A. y Rico, L. (2008). History of Spanish mathematics education focusing on PhD theses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 313-327.
- Villareal, M. y Esteley, C. (2002). Una caracterización de la Educación Matemática en Argentina. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(2), 23-36.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University.

Paola Castro: Licenciada en Matemáticas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia. Magister en Educación —concentración en Educación Matemática—, candidata a Doctora en Educación. Gestora académica de la Facultad de Educación Universidad de los Andes, Colombia. Correo electrónico: dp.castro116@uniandes.edu.co . [0000-0002-3333-2461](tel:0000-0002-3333-2461)

Pedro Gómez: Matemático e Ingeniero Industrial. Doctor en Matemáticas —especialidad Didáctica de la Matemática—, Universidad de Granada, España; Máster of Arts en Economía, The University of Kent at Canterbury, Inglaterra; Máster of Science en Lógica y Método Científico, The London School of Economics, Inglaterra. Director UED, Facultad de Educación, Universidad de los Andes, Colombia. Correo electrónico: argeifontes@gmail.com. [0000-0001-9929-4675](tel:0000-0001-9929-4675)

ARTÍCULO 3

EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN HISPANOAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE SU DOCUMENTACIÓN DE ACCESO ABIERTO

Paola Castro y Pedro Gómez

Artículo sometido a
PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática

<https://revistaseug.ugr.es/index.php/pna>

EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN HISPANOAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE SU DOCUMENTACIÓN DE ACCESO ABIERTO

Estudiamos la evolución de la Educación Matemática en países de Hispanoamérica. Analizamos el contenido de documentos de acceso abierto a partir de categorías que emergen de una taxonomía de términos clave específica para la disciplina. Determinamos el comportamiento diacrónico de la documentación y su especialidad temática en relación con niveles educativos, contenidos matemáticos y nociones pedagógicas. Los resultados evidencian el crecimiento exponencial de la producción documental. Los focos de estudio son el nivel educativo de grado y las nociones pedagógicas aprendizaje, enseñanza y aula. En su mayoría, las proporciones con las que se tratan los temas son series temporales estacionarias.

Términos clave: Estudio documental; Acceso abierto; Conocimiento; Educación Matemática

MATHEMATICS EDUCATION IN HISPANIC AMERICA: EVOLUTION OF ITS OPEN ACCESS DOCUMENTATION

We studied the evolution of Mathematics Education in Hispanic American countries. We analyzed the content of open access documents from categories that emerge from a taxonomy of key terms specific to the discipline. We determined the diachronic behavior of the documentation and its thematic specialty in relation to educational levels, mathematical contents and pedagogical notions. The results show the exponential growth of documental production. The focuses of study are the educational level of undergraduate and the pedagogical notions of learning, teaching and classroom. Mostly, the proportions with which the topics are treated are stationary time series.

Keywords: Documental study; Open access; Knowledge; Mathematics Education

INTRODUCCIÓN

Diversos estudios han abordado el desarrollo de la Educación Matemática en países específicos como México (Avila, 2016; Hitt, 1998), España (Blanco, 2011; Rico y Sierra, 1994; Ruiz y Bosch, 2007), Argentina (Villareal y Esteley, 2002), Venezuela (Beyer, 2001; González, 2011) y Colombia (Gómez-Mulett, 2018; Sánchez y Albis, 2012). Su aproximación ha puesto en evidencia la evolución de la disciplina en la comunidad hispanohablante en términos de los programas de formación, la conformación de agremiaciones, la creación de grupos de investigación y el surgimiento de publicaciones específicas de la disciplina. Desde este enfoque social, podemos afirmar que la Educación Matemática se consolida como disciplina científica en Hispanoamérica, pues existe una comunidad con focos de interés y propósitos comunes en torno a ella (Ernest, 1998).

Se percibe un crecimiento importante de la producción documental en esta disciplina como resultado de su consolidación. El comportamiento de la comunidad de Educación Matemática de habla hispana, en lo que respecta a la difusión del conocimiento por medios de acceso abierto viene en ascenso (Autores, Sometido-a). Esta situación hace evidente la necesidad de caracterizar la globalidad de los trabajos producida por ella. Es importante estudiar la especificidad de los fenómenos y problemas que trata la comunidad y que difunde por diferentes medios en los países hispanohablantes.

Algunos trabajos, enmarcados en la cienciometría, han proporcionado indicadores de productividad y de autoría que surgen de la documentación difundida en publicaciones concretas como revistas (Bracho-López, Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, Jiménez-Fanjul y Adamuz-Povedano, 2010; Maz-Machado, Jiménez-Fanjul, Bracho-López y Adamuz-Povedano, 2015) y memorias de eventos (p. ej., Maz, Torralbo, Hidalgo y Bracho-López, 2009; Torres-Alfonso, Peralta-Gonzalez y Toscano-Menocal, 2014). También, se ha evaluado la evolución de la disciplina desde las tesis doctorales en un país específico (p. ej., Maz-Machado, Bracho-López, Torralbo-Rodríguez, Gutiérrez-Arenas, Jiménez-Fanjul y Adamuz-Povedano, 2012; Vallejo-Ruiz, Fernández-Cano, Torralbo, Maz y Rico, 2008). Sin embargo, constatamos que hay menos indagaciones que estudien el contenido de la documentación que se produce en países, publicaciones o eventos específicos (Bracho-López, Maz-Machado, Jiménez-Fanjul, Adamuz-Povedano, Gutiérrez-Arenas y Torralbo-Rodríguez, 2011; Autores, 2018; Autores, 2019) con el propósito de establecer las tendencias temáticas de la comunidad de Educación Matemática.

El estudio de una disciplina a partir del conocimiento que se manifiesta en su documentación implica analizar su comportamiento en el tiempo, sus tendencias temáticas y establecer si han variado en el tiempo. Por ello, en este trabajo, caracterizamos la evolución de la Educación Matemática en los países de habla hispana desde el estudio del contenido de los documentos que son difundidos de manera abierta. Establecemos los focos de interés que se identifican en la documentación y su desarrollo en el tiempo. En lo que sigue, presentamos el marco conceptual que fundamenta nuestro trabajo, concretamos los objetivos del estudio, describimos las fuentes de información y procedimientos de organización y análisis de la información, y proporcionamos resultados que dan cuenta del desarrollo de la disciplina.

MARCO CONCEPTUAL

El marco conceptual del estudio está dividido en dos partes. Describimos características de la cienciometría que son relevantes para la caracterización de la documentación de Educación Matemática difundida en los países de habla hispana. Posteriormente, presentamos la taxonomía de términos específicos de la Educación Matemática que sustenta las variables con las que nos aproximamos a los focos de interés que se ponen de manifiesto en la documentación.

Cienciometría: la ciencia de la ciencia

La cienciometría se define como la ciencia que permite cuantificar actividades científicas en una disciplina, pues se interesa por el crecimiento cuantitativo de la actividad científica, la productividad de los investigadores y, en general, por su desarrollo (Macías-Chapula, 2001; Spinak, 1996). Esta ciencia incluye el análisis de factores concluyentes en el desarrollo de la actividad científica de la disciplina (Pérez-Angón, 2006) como el número de investigadores, las fuentes de financiación, la distribución por especialidad (asociada al contenido), la distribución geográfica (por ejemplo, por instituciones) y su productividad diacrónica. La cienciometría emplea procedimientos matemáticos y análisis estadísticos para investigar las características de la investigación científica (Arencibia y De Moya, 2008).

Las leyes cienciométricas actúan como criterios normativos que describen el comportamiento de los procesos de producción científica (Millán, Polanco, Ossa, Béria y Cudina, 2018). Estas leyes permiten identificar comportamientos estadísticamente regulares en el tiempo en relación con la producción y el consumo de la información científica (Ardanuy, 2012). La ley de crecimiento exponencial, por ejemplo, se concibe como una regla fundamental para cualquier análisis de la ciencia (Price, 1973). El crecimiento de la ciencia tiene un comportamiento exponencial, de modo que la tasa de crecimiento es proporcional al tamaño de la población o magnitud total adquirida. De acuerdo con la ley de Price, la evolución de cada disciplina se da en las siguientes etapas: precursores, crecimiento exponencial y crecimiento lineal (Ardanuy, 2012). En la etapa de precursores, se dan las primeras publicaciones de la disciplina. En la etapa de crecimiento exponencial, se puede afirmar que la disciplina se convierte en un frente de estudio. En la etapa de crecimiento lineal, el crecimiento de la producción se desacelera.

Aunque la cienciometría está asociada al estudio de diferentes unidades de análisis en una disciplina, el estudio de las publicaciones mediante técnicas bibliométricas resulta relevante. La bibliometría estudia la ciencia a partir de las fuentes bibliográficas, con el propósito de identificar sus autores, sus relaciones, y sus tendencias (Spinak, 2001). Además, considera los elementos representativos de la documentación, tales como autores, título de la publicación, tipo de documento, idioma, resumen y palabras claves o descriptores (Solano, Castellanos, López y Hernández, 2009). Si bien los artículos de investigación son materia prima principal en la aproximación bibliométrica al estudio de la ciencia, pueden incluirse otros documentos como fuente de información en el estudio de la ciencia (Callon, Courtial y Penan, 1995). Por lo anterior, se reconoce el potencial de la bibliometría en el estudio de la Educación Matemática (Drijvers, Grauwijn y Trouche, 2020).

Los indicadores bibliométricos son medidas que proporcionan información relacionada con los resultados de la actividad científica en una institución o país. Los indicadores pueden expresarse en términos de la cantidad de investigaciones por ramas de actividad, la cantidad de matrículas de posgrado de universidades, la proporción de publicaciones, entre otros (Spinak,

1996). Con estos indicadores se busca representar fenómenos sociales de la actividad científica a partir de la comunicación escrita de una disciplina (López-Piñero y Terrada-Ferrandis, 1992). Los indicadores bibliométricos permiten determinar e informar los resultados del crecimiento en el proceso investigativo en cualquier campo de la ciencia, que se evidencian en su producción documental (Escorcia, 2008). Destacamos los siguientes indicadores bibliométricos de producción por la posibilidad que proporcionan para caracterizar una disciplina a partir del comportamiento de su documentación en el tiempo y sus tendencias temáticas: productividad diacrónica, evolución diacrónica de los contenidos, índice de especialización temática y distribución por tipos documentales (Callon et al., 1995; Fernández-Cano y Bueno-Sánchez, 1998).

La productividad diacrónica evidencia el dinamismo de una disciplina en el tiempo. Su análisis permite verificar si la evolución de la disciplina responde a la ley del crecimiento exponencial de Price (1973) y en qué etapa se ubica. Los indicadores que permiten ahondar en las contenidos y especialización temática de una disciplina se asocian al análisis del contenido, en especial si se hace desde una clasificación de términos o descriptores específicos. La aproximación al contenido de la documentación puede ser textual —a través de palabras que resultan significativas y que se pueden identificar en los títulos o resúmenes (Vallejo Ruiz, 2005)—, temática —a partir de la identificación y clasificación temática en contexto (Abela, 2002; Colle, 1988)— o semántica —con la identificación de los temas tratados en un texto (Colle, 1988)— de acuerdo con los fenómenos y problemas que aborda. La lectura y la organización de los datos se puede desarrollar a partir de unas categorías que estén relacionadas con bloques temáticos del área objeto de estudio (Fernández-Cano y Bueno-Sánchez, 1998). El análisis de contenido es una técnica que permite formular, a partir de ciertos datos, inferencias válidas que puedan aplicarse a su contexto (Krippendorff, 1990).

Términos específicos en Educación Matemática

Como aproximaciones a descriptores específicos de la Educación Matemática, identificamos la clasificación de temas usada en la base de datos MathEduc, antes MathDi (FIZ Karlsruhe, 2010, 2019), la producción de descriptores para la búsqueda de documentos en bases de datos Scopus y Web of Science (Adamuz-Povedano, Jiménez-Fanjul y Maz-Machado, 2013; Jiménez, Adamuz, Maz, Bracho, Lupiáñez y Segovia, 2011), el desarrollo de una taxonomía de términos clave en Educación Matemática (Autores, 2013) y la propuesta de (Autores, Sometido-b).

En MathEduc, se propone una clasificación de temas de Educación Matemática. Estos temas están organizados en 16 áreas principales y, dentro de estas áreas, se aprecian temáticas específicas, que están numeradas con dos dígitos. La clasificación de temas usada en esta base de datos, además de no ser exclusiva a la Educación Matemática, pues incluye cuatro categorías de ciencias de la computación (P, Q, R y U), no resulta de fácil uso para emplear sus términos como descriptores de trabajos en la disciplina. Tampoco se caracteriza por su practicidad para la búsqueda de documentos que aborden aspectos concretos.

Los trabajos de Jiménez et al. (2011) y Adamuz-Povedano et al. (2013) hacen una aproximación a la determinación de descriptores básicos que caractericen la producción científica de la comunidad de Educación Matemática que se encuentra indexada en las bases de datos Scopus y Web of Science. El propósito de estos trabajos es presentar un listado de descriptores que pueda ser usado en la búsqueda de documentos de la disciplina en las bases de datos mencionadas previamente. Ambos trabajos ponen de manifiesto la necesidad de generar un vocabulario que permita caracterizar la producción documental en Educación

Matemática. Sin embargo, su aproximación, de carácter práctico, se limita a la búsqueda de documentos. En las dos propuestas, se proporcionan descriptores que resultan demasiado generales para dar cuenta de los fenómenos y problemas que son tratados en un documento.

Autores (2013) proporcionan una clasificación y jerarquización de descriptores propios de la disciplina que surge desde una teoría curricular concreta. Los autores distinguen los términos clave de acuerdo con el enfoque, el nivel educativo y el tema que puede tratar un documento. En lo que respecta al tema, los autores diferencian los términos relacionados con la Educación Matemática de aquellos que abordan los contenidos matemáticos; estos, a su vez, se distinguen en contenidos de las matemáticas escolares y las matemáticas superiores. Esta taxonomía busca abordar cuatro cuestiones centrales: el conocimiento a enseñar, el aprendizaje, los métodos de enseñanza y la valoración de los aprendizajes realizados (Rico, 1997). Las cuatro cuestiones dan lugar a las dimensiones conceptual, cognitiva, formativa y social, y a cinco niveles (fines, disciplinas, sistema educativo, planificación de profesores y planificación local). Para establecer los términos asociados al contenido matemático, los autores tomaron como base la taxonomía usada por TIMMS (Mullis, Martin, Ruddock, O'Sullivan, Arora y Eberber, 2005) y TEDS-M (Tatto, Schwille, Schmidt, Ingvarson y Beavis, 2006). La construcción de la taxonomía tomó como base las categorías de MathEduc (FIZ Karlsruhe, 2010), de modo que todo término clave de dicha base de datos tuviera un término equivalente en la propuesta.

Autores (Sometido-b) proporcionan una nueva taxonomía de términos clave de la Educación Matemática que emerge del conocimiento producido por la comunidad de Educación Matemática a nivel internacional. Esta propuesta tiene un enfoque práctico, para la codificación, organización y búsqueda de documentos. Para caracterizar el conocimiento de la comunidad en una jerarquía de términos clave, los autores conjugan el uso que se hace de la taxonomía existente (Autores, 2013) en la codificación de documentos en un repositorio digital de acceso abierto en Educación Matemática y las palabras clave más usadas en las revistas de Educación Matemática que están indexadas en Scopus y Web of Science. Esta taxonomía está organizada en seis categorías de términos clave: (a) enfoque, (b) nivel educativo, (c) fundamentos de Educación Matemática, (d) investigación en Educación Matemática, (e) nociones pedagógicas y (f) contenido matemático. Para fundamentar el presente estudio, nos centramos en las siguientes categorías.

Enfoque

El enfoque está asociado al propósito del documento. Un documento puede ser una actividad —para llevar al aula, enfocada en un tema concreto—, un ensayo —presentación de una opinión o postura, sin procesos sistemáticos de justificación—, una innovación —diseño curricular que implica el uso del conocimiento científico o una investigación —contribución empírica o teórica al conocimiento—.

Nivel educativo

El nivel educativo se centra en el tipo de formación de los sujetos a los que hace referencia el documento: educación infantil, educación primaria, educación secundaria, educación media, educación técnica, educación continua, formación de pregrado, formación de posgrado, educación de adultos, todos los niveles educativos, ningún nivel educativo.

Contenido matemático

Para atender a los contenidos, (Autores, Sometido-b) usan la aproximación fenomenológica propuesta en el marco conceptual del estudio PISA 2015 (OECD, 2016) y organizan los

términos clave en las categorías cantidad, cambio y relaciones, espacio y forma, e incertidumbre y datos. Por ejemplo, la categoría de cantidad incluye contenidos de números y medida, mientras que la categoría incertidumbre y datos contiene contenidos de estadística y probabilidad.

Nociones pedagógicas

Los términos clave de la categoría nociones pedagógicas están organizados en las categorías (a) sistema educativo, (b) centro educativo, (c) profesor, (d) contenido, (e) aprendizaje, (f) cognición, (g) enseñanza, (h) evaluación e (i) inclusión. Los términos que se refieren a aprendizaje, cognición y evaluación no son exclusivos para el estudiante; pueden asociarse al profesor.

Con base en las categorías propuestas en la taxonomía descrita previamente, realizamos el análisis del contenido de la documentación de Educación Matemática difundida en los países de habla hispana. De este modo, establecemos evolución de la disciplina de la comunidad hispanohablante en términos del tipo de trabajos que difunde (investigaciones, ensayos e innovaciones), los niveles educativos, los contenidos matemáticos y las nociones pedagógicas que aborda en su producción documental de acceso abierto.

OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es caracterizar la evolución de la Educación Matemática a partir de la producción documental de acceso abierto difundida en los países de habla hispana entre 1958 y 2018. Los objetivos específicos son los siguientes.

- ◆ Establecer el comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos de Educación Matemática producidos en el tiempo.
- ◆ Identificar la especialidad temática que se manifiesta en la documentación en términos del enfoque, los niveles educativos, contenido matemático y nociones pedagógicas que abordan.
- ◆ Establecer la evolución en el tiempo de los focos de interés identificados en la documentación.

MÉTODO

El estudio que desarrollamos es documental expostfacto (Navarro, Jiménez, Rappoport y Thoilliez, 2017) y cuantitativo descriptivo. Realizamos el análisis cuantitativo de la Educación Matemática en Hispanoamérica, como disciplina científica, a partir de su producción documental (Spinak, 1996).

El foco del estudio es la documentación de Educación Matemática de acceso abierto en los países de habla hispana, en los que se percibe un incremento importante en sus canales de difusión del conocimiento. Realizamos el análisis de la documentación producida entre los años 1958 y 2018. En lo que sigue, presentamos las fuentes de información, las variables y los procedimientos.

Fuentes de información

La población del estudio es la documentación de Educación Matemática de acceso abierto que es producida y difundida en los países de habla hispana. Contamos con un censo de los

documentos que, hasta enero de 2020, estaban disponibles en formato digital sin restricciones. En total, codificamos 18226 documentos publicados entre 1958 y 2018. Buscamos e identificamos universidades y asociaciones de investigadores y educadores que desarrollan trabajos en Educación Matemática en los países de habla hispana. Accedimos a la documentación que es difundida de manera abierta en páginas web de eventos académicos y revistas, y en repositorios institucionales de universidades, grupos de investigación e instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Adicionalmente, contactamos a las personas responsables de gestionar eventos y publicaciones en los países, cuya documentación no está disponible en la web, con el propósito de obtener su autorización expresa para acceder a los documentos.

En lo que respecta a contribuciones a eventos, omitimos documentos que solo proporcionaran resúmenes de los trabajos. Nos enfocamos en documentos extensos con el propósito de hacer la aproximación semántica al contenido y una codificación de los documentos que diera cuenta de los fenómenos abordados en ellos. Analizamos artículos de investigación y de divulgación. Accedimos a trabajos de grado de pregrado y tesis de posgrados (especialización, maestría y doctorado) en Educación Matemática difundidos en repositorios institucionales de universidades colombianas —por la proximidad de los autores a estas fuentes—. Otros documentos son libros, capítulos de libros y avances de trabajos o resultados de investigación compartidos por investigadores y educadores matemáticos de manera autónoma.

En relación con las fuentes de información, identificamos 72 fuentes específicas en Educación Matemática que agrupan 16316 documentos. Otros trabajos de la disciplina, que han sido publicados en revistas no especializadas o que corresponden a libros, tesis o documentos no publicados, agrupan 1910 documentos. En la tabla 1, presentamos las 10 fuentes con mayor cantidad de documentos. La distribución completa, organizada por ubicación, se encuentra en una base de datos: <https://bit.ly/33kOPbW>.

Tabla 1
Cantidad de documentos por fuente

Ubicación	Nombre	Cantidad
Regional	Acta Latinoamericana de Matemática Educativa	2695
Regional	Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)	1906
España	SUMA. Revista sobre Enseñanza y Aprendizaje de las Matemáticas	1038
España	Investigación en Educación Matemática (simposios SEIEM)	960
Colombia	Encuentro Colombiano de Matemática Educativa	917
México	Revista Educación Matemática	609
Regional	UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática	513

Tabla 1
Cantidad de documentos por fuente

Ubicación	Nombre	Cantidad
España	NÚMEROS. Revista de Didáctica de las Matemáticas	350
Argentina	Conferencia Argentina de Educación Matemática	432
México	Escuela de Invierno en Matemática Educativa	431

Reunimos documentos de trabajos difundidos en eventos, artículos de revistas, libros y capítulos de libros, tesis y documentos no publicados. Mostramos, en la figura 1, la cantidad de documentos analizados de acuerdo con su tipo y la proporción de la cantidad total de documentos a la que corresponde esta cantidad. Incluimos en la categoría Contribuciones a eventos los documentos que surgen de ellos y que han sido difundidos en publicaciones seriadas (ISSN) o en libros editados (ISBN).

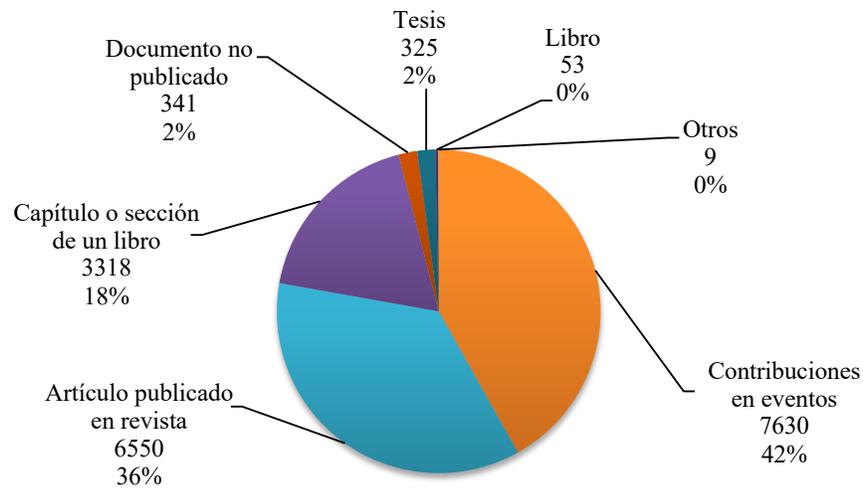


Figura 1. Distribución de documentos por tipo

Variables

Definimos los conjuntos de variables dicotómicas del estudio a partir de las categorías de la taxonomía específica en Educación Matemática propuesta por Autores (Sometido-b). Estos conjuntos se denominan enfoque, nivel educativo, contenido matemático y nociones pedagógicas, y están organizados como sigue.

- ◆ Enfoque: investigación, ensayo, innovación y otro enfoque.
- ◆ Nivel educativo: infantil (0 a 6 años), primaria (6 a 12 años), secundaria (12 a 16 años), educación media (16 a 18 años), pregrado (título de grado), posgrado, formación continua/técnica, educación de adultos, todos los niveles (en general), otro nivel educativo y ningún nivel educativo.

- ◆ Contenido matemático: cantidad, cambio y relaciones, espacio y forma, incertidumbre y datos, otros contenidos y todos los contenidos.
- ◆ Nociones pedagógicas: sistema educativo, centro educativo, aula, inclusión, profesor, afectividad, aprendizaje, enseñanza, evaluación, currículo, enfoques y fines, análisis del contenido, resolución de problemas, relación con otras disciplinas y otras nociones.

Procedimientos

Presentamos a continuación los procedimientos de codificación y de análisis de información que realizamos para lograr los objetivos del estudio.

Codificación

Analizamos el contenido de la documentación con una aproximación semántica con el propósito de codificar los documentos en términos de las variables dicotómicas que presentamos previamente. Para los cuatro conjuntos de variables, determinamos un éxito (valor 1) si el documento está asociado a una variable y un fracaso (valor 0), si no lo está. Realizamos la lectura de todos los documentos y asociamos, a cada uno, el valor 1 en las variables que caracterizan los fenómenos y problemas concretos que se abordan en ellos. Organizamos los resultados de la codificación en bases de datos. Un documento pudo ser codificado con el valor 1 en una o más variables de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y contenido matemático, y solo en una variable del conjunto enfoque.

Un equipo de codificadores, con estudios en Educación Matemática, registró la información bibliográfica de cada documento (título, resumen, autores, año) y determinó su enfoque. Luego, identificó términos clave que describen el contenido del documento, que se corresponden con variables de los conjuntos nivel educativo, nociones curriculares y temas de matemáticas. Una vez realizada la codificación, un revisor de las codificaciones, magister en Educación Matemática, verificó la validez y precisión de la información que se registró para cada documento. Este revisor verificó que los términos clave que se asignaron a cada documento fueron adecuados. Por último, un segundo revisor, doctor en Educación Matemática, revisó aleatoriamente el trabajo realizado por el revisor de la codificación. Exponemos este proceso en la figura 2.

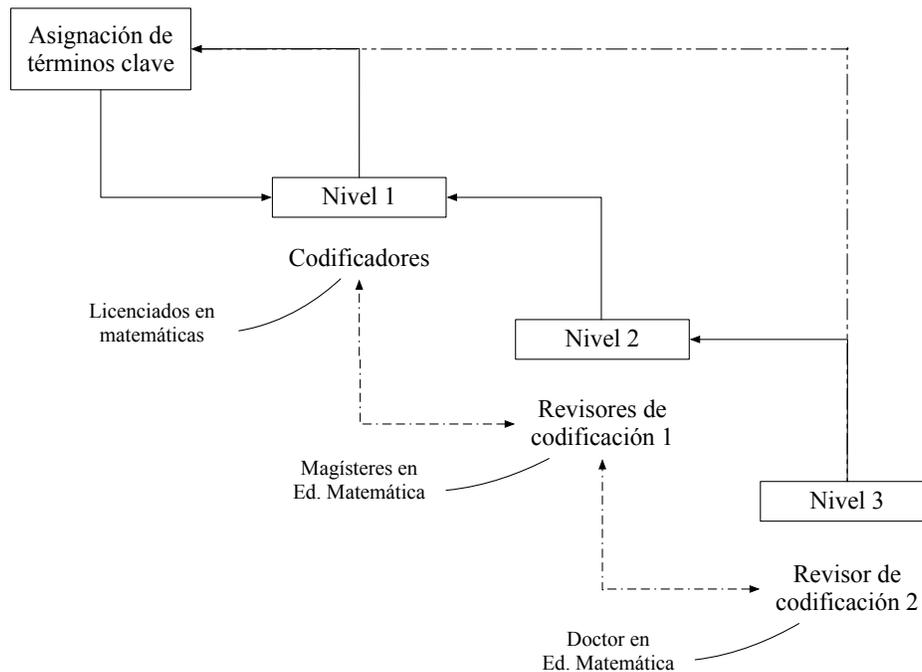


Figura 2. Proceso de codificación (Autores, Sometido)

Análisis de la información

En lo que sigue, presentamos los procedimientos que realizamos en el estudio para analizar los datos conforme con los objetivos de investigación.

Comportamiento diacrónico de la documentación. Con el propósito de establecer el comportamiento diacrónico de la documentación producida entre 1958 y 2018, utilizamos gráficos de líneas para representar la cantidad de documentos producidos por año. Determinamos el modelo que mejor se ajusta a los datos, de acuerdo con el coeficiente de determinación. De esta forma, verificamos si la documentación de Educación Matemática difundida en países de habla hispana satisface la ley de crecimiento propuesta por Price (1973). A partir de los parámetros del modelo que mejor representa la evolución en cada tipo de trabajos, establecemos su tasa de crecimiento o decrecimiento en el tiempo.

Especialidad temática. Determinamos la medida en la que se tratan las variables de cada conjunto. Para ello, definimos un índice de especialización de cada variable como el cociente entre la cantidad de documentos que trata la variable y la cantidad total de documentos. De este modo, identificamos los focos de interés que emergen de la documentación respecto a la especialización temática de acuerdo con los conjuntos de variables enfoque, nivel educativo, nociones pedagógicas y contenido matemático.

Evolución de los focos de interés de la documentación. Empleamos gráficos de líneas de la proporción con la que se tratan las variables en los conjuntos de variables para confirmar si su comportamiento en el tiempo evidencia o no alguna tendencia. Así, identificamos si los focos de interés que emergen de la documentación han cambiado en el tiempo o si se conservan. En caso de que las series temporales se perciban como estacionarias —el valor esperado (μ) y

varianza finita (σ^2) son invariantes en el tiempo—, realizamos la prueba de Phillips-Perron (PP) para rechazar o no la hipótesis nula de que cada serie no es estacionaria en media.

RESULTADOS

De acuerdo con los objetivos del estudio, presentamos los resultados en tres secciones. En primer lugar, analizamos el comportamiento diacrónico de la documentación de acceso abierto difundida por la comunidad hispanohablante de Educación Matemática. Luego, exponemos los índices de especialización temática de la documentación respecto a las variables de los conjuntos enfoque, nivel educativo, nociones pedagógicas y contenido matemático. Posteriormente, analizamos el comportamiento diacrónico de la proporción con la que se tratan las variables en la documentación. Por último, presentamos un resumen de los resultados.

Comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos

Representamos en la figura 3 la distribución en el tiempo de la cantidad de documentos de Educación Matemática que son difundidos por los países de habla hispana. Para ello, tuvimos en cuenta su año de publicación, desde 1958 hasta 2018. El modelo que mejor se ajusta a los datos, de acuerdo con el coeficiente de determinación, es de tipo exponencial. El coeficiente indica que el 91% de la variación en la cantidad de documentos se explica por la variación en el tiempo. La tasa aproximada de crecimiento de la producción documental es de 17 documentos por año.

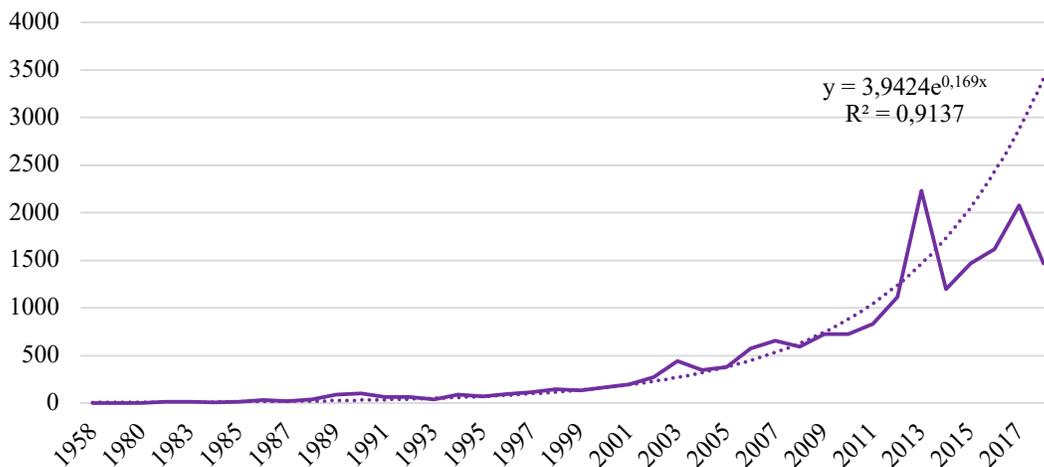


Figura 3. Comportamiento diacrónico de la documentación

Como extensión de la ley de crecimiento de Price (1973), encontramos que la Educación Matemática se consolida como un frente de estudio en los países de habla hispana debido al crecimiento exponencial del conjunto de su documentación —no restringida a trabajos de investigación—. Entre 1958 y 1984, identificamos un comportamiento que se puede asociar con la etapa de precursores en una disciplina (Ardanuy, 2012). A partir de 1985, la cantidad de documentos publicados por año es superior a 13 documentos y muestra la tendencia creciente que se observa en la figura 3.

Percibimos un pico en la línea de producción documental en el año 2013. Esto se debe al aumento sustancial en la publicación de contribuciones a eventos. En 2012 y 2014, se

publicaron en promedio 500 documentos, mientras que la cantidad de este tipo de trabajos fue de 1243 en 2013. Cabe indicar que en ese año se publicaron las memorias de dos reuniones de carácter regional no anuales —I Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe (144 documentos) y del VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática – CIBEM (986 documentos)—, lo que puede explicar ese comportamiento. El leve descenso que se evidencia en 2018 está relacionado con el pico de 2017. En dicho año, se destaca la publicación de las memorias del VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática – CIBEM (905 documentos). Si se distribuyen los documentos del CIBEM de 2013 y 2017 en los cuatro años previos —incluido el año de publicación—, el modelo resultante para la distribución de la cantidad de documentos en el tiempo es $y = 3,9292e^{0,1697x}$, que resulta muy similar al modelo que mostramos en la figura 3.

Especialidad temática de la documentación

Presentamos el índice de especialización temática que se manifiesta en la documentación en términos de las variables del estudio, organizadas por conjuntos. Para empezar, exponemos en la tabla 2, organizada de mayor a menor, la cantidad de documentos y el índice de especialización correspondiente al enfoque. Reiteramos que, para este conjunto de variables, cada documento solamente podría ser asociado con una de las variables: investigación, ensayo, innovación u otro enfoque.

Tabla 2
Índice de especialización temática en enfoque

Variable	Cantidad de documentos	Índice de especialización
Investigación	9246	0,51
Innovación	5477	0,30
Ensayo	3264	0,18
Otro enfoque	239	0,01

La variable investigación tiene el índice más alto en lo que respecta al enfoque de los documentos. Este hecho sugiere que, en la documentación difundida en los países de habla hispana, hay una tendencia a la formalización sistemática de posturas relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, dado el índice bajo de especialización de la variable ensayo. La información de la tabla pone de manifiesto la importancia relativa que la innovación curricular tiene en la Educación Matemática. Estos resultados justifican el hecho de caracterizar el conocimiento no solo a partir de la investigación, pues esta disciplina surge desde y para la práctica. Analizamos en la siguiente sección la evolución en el tiempo de estas variables.

A continuación, presentamos el índice de especialización temática para los conjuntos de variables nivel educativo, contenido matemático y nociones pedagógicas. Para estos conjuntos, tomamos las variables de manera independiente. Determinamos el índice que representa la importancia relativa de cada variable respecto al total de documentos, pues un mismo documento puede estar relacionado con más de una de ellas. En la figura 4, exponemos la organización

jerárquica de las variables en los tres conjuntos a partir del índice. Identificamos nueve variables que se destacan por ser tratadas, cada una, por al menos el 25% de la documentación.

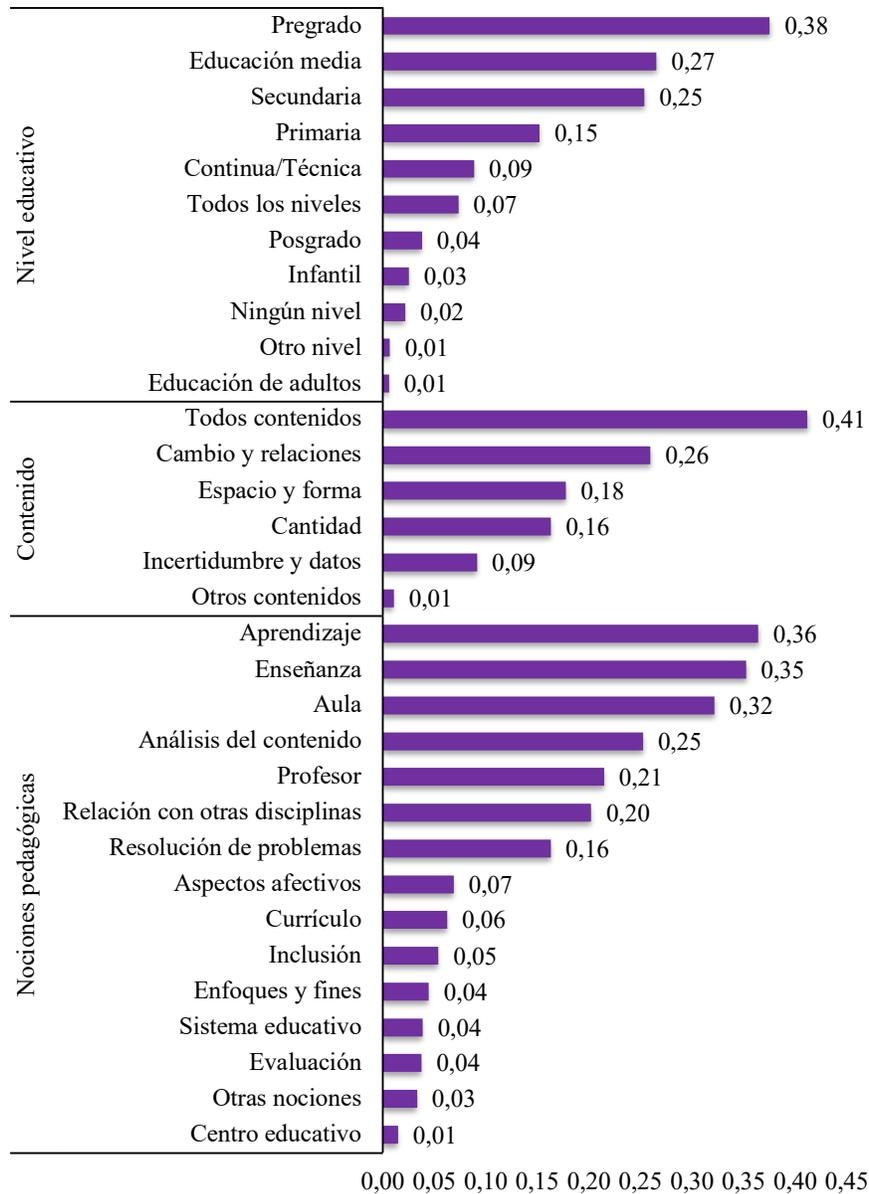


Figura 4. Índice de especialización en nivel educativo, contenido y nociones pedagógicas

En cuanto al nivel educativo, constatamos que la documentación que se difunde en la comunidad hispanohablante se centra en los niveles educativos superiores: pregrado, educación media y secundaria. Un 15% de los trabajos analizados en este estudio trata el nivel de primaria, y menos del 3% del total de documentos (463) está relacionado con educación infantil (preescolar).

Respecto al contenido matemático, se destaca la proporción de documentos de la disciplina que se asocia a la variable todos los contenidos. De las variables que especifican el contenido, Cambio y relaciones es la que tiene mayor índice. En dicha variable, identificamos 2883 documentos que tratan álgebra y 1847 que tratan cálculo.

En lo que concierne a las nociones pedagógicas, identificamos claramente tres grupos de variables de acuerdo con su índice de especialización temática. En el primer grupo, se ubican las nociones que en menor medida se manifiestan en la documentación (entre 0,0 y 0,15). En el segundo, ubicamos las nociones cuyo índice oscila entre 0,16 y 0,25. El tercer grupo comprende las nociones pedagógicas que constituyen los principales focos de interés evidenciados en los documentos (índice entre 0,26 y 0,36): aprendizaje, enseñanza y aula.

Dentro de la noción Aprendizaje (6637 documentos), distinguimos dos cuestiones que se abordan en mayor proporción: cognición y procesos cognitivos. Del total, 613 documentos fueron codificados con cognición y con procesos cognitivos, 1884 documentos solo con cognición y 4023 documentos solo con procesos cognitivos. Lo que más se trata en cognición son cuestiones asociadas a dificultades; su índice de especialización es equivalente al de la noción currículo (0,06). Los procesos cognitivos que sobresalen en la documentación son comprensión y modelización, con un índice de especialización aproximado de 0,06 y 0,05, respectivamente.

Un total de 6418 documentos están relacionados con la noción Enseñanza. Dada su relevancia, tuvimos interés en determinar cuál es el aspecto que más se acomete. Encontramos que la planificación de la enseñanza se aborda en 5545 documentos. Dentro de planificación, se encuentran trabajos sobre expectativas de aprendizaje (956) y metodología de enseñanza (3266). Respecto a metodología de enseñanza, un 9% del total de documentos trata análisis y reflexión de la enseñanza, y un 8% aborda específicamente la metodología de trabajo en el aula.

La noción Aula (5863 documentos) reúne, entre otras, cuestiones relacionadas con recursos didácticos. Este aspecto tiene un índice de especialización de 0,28; específicamente, 3211 documentos se centran en recursos informáticos. El interés que se manifiesta en la documentación por los recursos didácticos viene en ascenso. Mientras que en el año 2000 se publicaron alrededor de 42 documentos relacionados con los recursos didácticos en general, encontramos que, entre los años 2000 y 2018, la cantidad de trabajos que los tratan entre 2017 y 2018 es de 1100, aproximadamente. Este resultado se explica por el desarrollo de software especializado y su inclusión en las prácticas educativas en la última década.

En el segundo grupo de nociones pedagógicas, encontramos Análisis de contenido, Profesor y Relación con otras disciplinas. El análisis de contenido es abordado por el 25% de los documentos. Lo más tratado al respecto es, en su orden, sistemas de representación (2088 documentos), le sigue fenomenología didáctica (1978) y evolución histórica de los conceptos (914). En cuanto al profesor, en mayor medida, encontramos trabajos relacionados con la formación de profesores, el desarrollo del profesor y el papel del profesor, con índices de especialización de 0,15, 0,05 y 0,04, respectivamente. La noción denominada Relación con otras disciplinas incluye dos cuestiones: (a) la relación de la Educación Matemática con otras áreas del conocimiento escolar (1707 documentos) y (b) la fundamentación de la Educación Matemática como disciplina científica, en términos de su relación con disciplinas como la epistemología, la semiótica, la sociología, entre otras (1328 documentos).

Los resultados del grupo de nociones con índice de especialización más bajo nos lleva a pensar en oportunidades de trabajo para la comunidad de Educación Matemática de habla

hispana. Si bien nociones como evaluación, inclusión o afectividad, en contraste con aprendizaje y enseñanza, tienen índices muy bajos, se percibe que son aspectos que están empezando a abordarse con mayor relevancia en los últimos años.

Evolución de los focos de interés de la documentación

No hallamos mayores variaciones en la medida en la que se tratan las variables de los conjuntos enfoque, nivel educativo, nociones pedagógicas y contenido matemático. Encontramos que las especializaciones temáticas que presentamos en la sección anterior se conservan en el tiempo. Nos enfocamos en la evolución de los focos de interés a partir de 1985, año en el que inicia la etapa de crecimiento exponencial (Price, 1973). Para los conjuntos enfoque, nivel educativo y nociones pedagógicas, desde ese momento se empieza a estabilizar la distribución porcentual de las variables por año. En el caso de las nociones pedagógicas, la regularidad de las proporciones en las que se tratan las variables se manifiesta a partir del año 2004. Para confirmar si las series temporales correspondientes a cada variable del estudio son estacionarias, aplicamos la prueba Phillips–Perron (PP) para el periodo comprendido entre los años 1985 y 2018.

Presentamos el comportamiento diacrónico de las variables del conjunto enfoque en la figura 5. La evolución diacrónica del conjunto de la documentación nos muestra que la producción de innovaciones es, en promedio, regular a partir de 1996. El porcentaje de trabajos de ensayo producido por año tiende a disminuir a partir de 2011. Desde ese año, se percibe un aumento en el porcentaje de investigaciones, lo que sugiere una relación inversa entre el porcentaje de ensayos y el porcentaje de investigaciones.

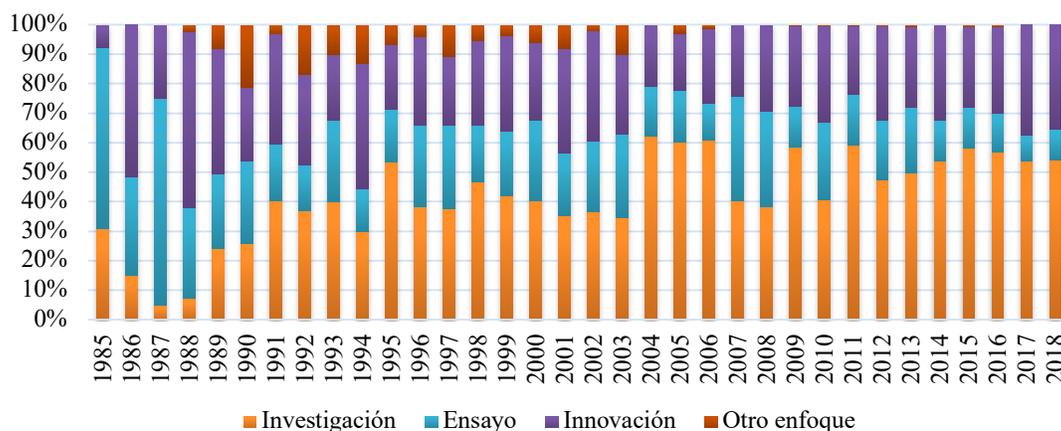


Figura 5. Comportamiento diacrónico de enfoque

Con motivo de la prueba PP, encontramos que, efectivamente, la serie temporal correspondiente a investigación no es estacionaria en media (P -valor = 0,2111). Pese a la reducción que se percibe en el porcentaje de ensayos, no existe suficiente evidencia que indique que su serie temporal no es estacionaria (P -valor = 0,0001). La prueba permitió corroborar la estacionariedad de la proporción de innovaciones en el tiempo (P -valor = 0,0000). De esta forma, se ratifica la importancia que tiene este tipo de trabajos en la evolución de la Educación Matemática.

En la figura 6, exponemos el comportamiento en el tiempo de las variables de los conjuntos nivel educativo, contenido matemático y nociones pedagógicas con mayor importancia relativa de acuerdo con el índice de especialización temática. Los datos ponen de manifiesto mayor regularidad en la evolución de las variables del conjunto nivel educativo que en los otros

conjuntos de variables. Por ejemplo, se identifican claramente los niveles educativos cuya proporción se mantiene en el tiempo, y aquellos que evidencian tendencia de crecimiento o de decrecimiento. De hecho, encontramos una relación inversa en la proporción en la que se tratan educación media y pregrado a partir de 2003.

En el caso del contenido matemático, se observa el descenso que la proporción de trabajos relacionados cambio y relaciones tiene desde 2004. La importancia de la variable Otros contenidos se mantiene en el tiempo y resulta uniforme, en promedio, a partir de 2005. Desde ese momento, la figura 6 también informa sobre el crecimiento en la proporción de documentos asociados a aula y profesor, en lo que respecta a las nociones pedagógicas.

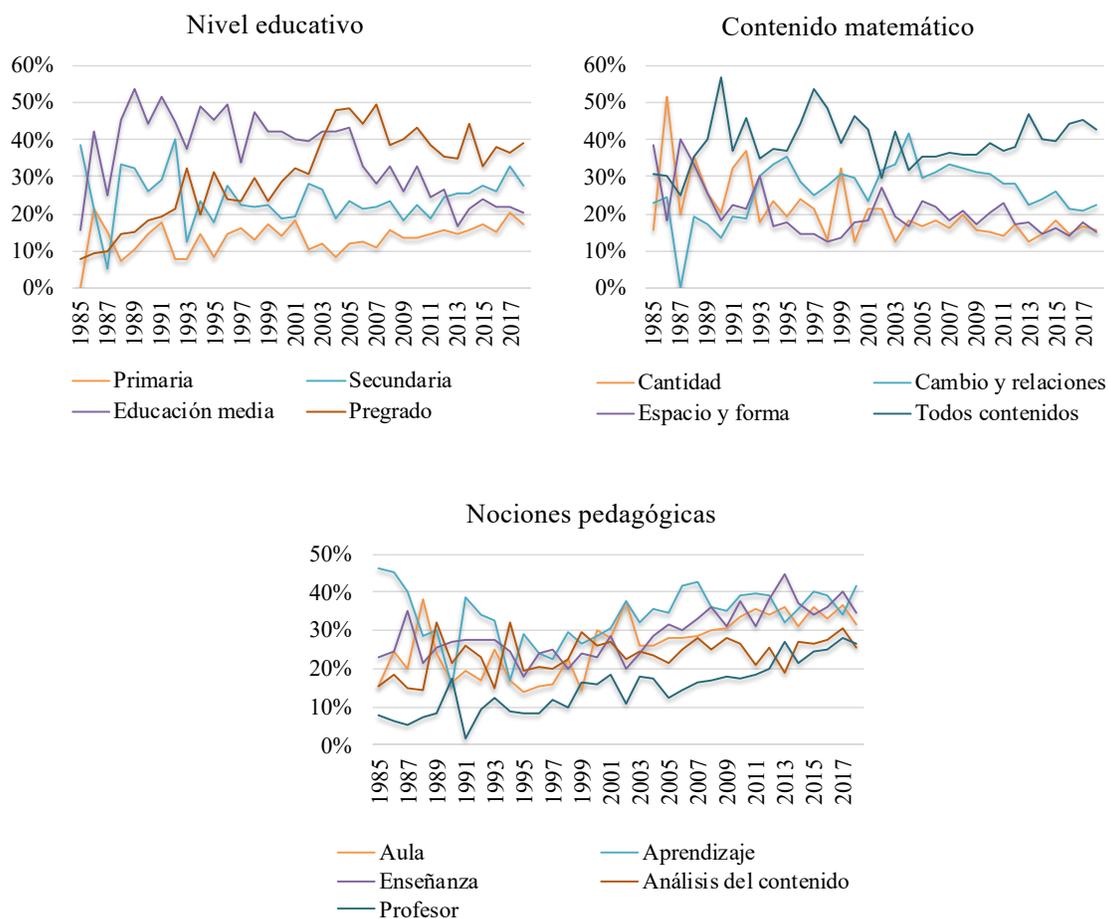


Figura 6. Comportamiento diacrónico nivel educativo, contenido y nociones

Con base en los resultados de las pruebas de hipótesis sobre estacionariedad, podemos afirmar, con un nivel de significancia de 0,01, que las series temporales diferentes a Pregrado, Educación media, Cambio y relaciones, Enseñanza, Aula y Profesor son estacionarias en media. Para las series temporales de estas variables, los P-valor fueron 0,2623, 0,0305, 0,0454, 0,1495, 0,0316 y 0,5816 respectivamente. De este modo, se confirma la tendencia creciente de la proporción de documentos que tratan el nivel educativo pregrado y las nociones enseñanza, aula y profesor, y el decrecimiento en la medida en la que se abordan la educación media y el contenido cambio y relaciones.

Resumen de los resultados

Con base en la información presentada previamente, resumimos los resultados de la caracterización de la evolución de la Educación Matemática a partir de la producción documental de acceso abierto difundida en los países de habla hispana entre 1958 y 2018 como sigue.

- ◆ La Educación Matemática es un frente de estudio en los países de habla hispana debido al crecimiento exponencial de su documentación, que incluye tanto trabajos de investigación como de innovación curricular.
- ◆ La mitad de los documentos corresponden a investigaciones y la tercera parte presenta innovaciones.
- ◆ Los niveles educativos que más se abordan en la documentación son, en su orden, pregrado, educación media y secundaria.
- ◆ Un 40% de los documentos no especifican un contenido matemático, sino que trata cuestiones que aplican a todos los contenidos.
- ◆ Las nociones pedagógicas con mayor importancia relativa son aprendizaje, enseñanza y aula. Al interior de ellas, se destaca la atención que reciben cuestiones como procesos cognitivos, planificación de la enseñanza y recursos didácticos.
- ◆ Los focos de interés que se ponen de manifiesto no cambian de manera significativa en el tiempo. Solamente se verifica el crecimiento en la proporción de documentos relacionados con el nivel educativo pregrado y las nociones enseñanza, aula y profesor, y el decrecimiento en educación media y el contenido cambio y relaciones.

CONCLUSIONES

En este estudio, caracterizamos la evolución de la Educación Matemática en Hispanoamérica de acuerdo con la documentación de acceso abierto que es difundida en los países de habla castellana. Incluimos contribuciones a eventos nacionales y regionales, artículos de revistas de divulgación y de investigación, tesis y documentos no publicados. Establecemos el comportamiento diacrónico del conjunto de la documentación y la evolución de las tendencias temáticas que se manifiestan en ella. Con motivo de la aproximación semántica a los documentos, realizamos la codificación y análisis cuantitativo del conocimiento disciplinar que se identifica en ellos en términos de su enfoque y los niveles educativos, contenidos matemáticos y nociones pedagógicas que abordan.

Los resultados ponen de manifiesto el ascenso de la Educación Matemática en el conjunto de países de habla hispana. El crecimiento en la producción documental está estrechamente relacionado con la constitución de agremiaciones profesionales de carácter nacional y regional, el desarrollo de eventos periódicos y la gestión de revistas especializadas (Autores, Sometido-a). Es importante destacar que el conocimiento en la disciplina no se restringe a los avances de investigación. La innovación curricular ha sido relevante en la evolución de la Educación Matemática, dada su naturaleza como disciplina educativa. Los resultados obtenidos en este estudio dan cuenta de la proporción en la que se han difundido trabajos de este tipo.

El trabajo que presentamos resulta novedoso en diferentes sentidos. Hasta ahora, no se identifican estudios cuantitativos de la Educación Matemática que aborden la globalidad de la documentación en una comunidad internacional. Además, el interés principal en estudios documentales de la disciplina ha estado en la determinación de redes de colaboración y autoría.

Si bien esta investigación vincula la verificación de la ley de crecimiento de la documentación, profundiza en el contenido de los documentos para identificar sus tendencias temáticas. Destacamos que la codificación, de acuerdo con las variables propuestas, no surge del conteo de palabras, ni se limita a la descripción de la información que se proporciona en el título o resumen de los documentos: hay una aproximación semántica al contenido que permite caracterizar los fenómenos que aborda de acuerdo con una taxonomía específica de la Educación Matemática.

Nuestro estudio presenta algunas limitaciones que nos interesa mencionar. Nos enfocamos en la documentación de acceso abierto en la web, lo que hizo que dejáramos de lado artículos publicados por investigadores de origen hispano en revistas de élite, con restricciones de acceso. Empero, creemos que la cantidad de documentos que quedó excluida es reducida. Luego de la recolección de la documentación que fue codificada, accedimos a nuevas fuentes de documentos que no pudieron incluirse en este estudio —alrededor de 1200 trabajos que corresponderían al 6% de la documentación total publicada en la región hasta 2018—. Adicionalmente, sabemos que dejar fuera de este trabajo la producción que se difunde en Brasil y Portugal limitó la posibilidad de caracterizar a Iberoamérica. No obstante, este proyecto es apto para ser complementado.

Por último, somos conscientes que analizar todo el conjunto de la documentación no permite identificar los matices característicos de los países. De ahí que identifiquemos nuevas posibilidades de investigación. Consideramos que las diferentes fuentes de información (eventos y revistas) son susceptibles de caracterizarse en términos del contenido que se difunde en ellos. De la misma forma, estudiar el conocimiento que se publica en cada país resulta importante para reconocer los focos de estudio locales. Esta información se podría tomar como base para generar redes de colaboración más eficientes en la comunidad internacional de investigadores y educadores matemáticos. También, valdría la pena establecer los indicadores de autoría, citación y colaboración a nivel regional, así como indagar por las tendencias metodológicas y conceptuales que se afianzan en la disciplina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Facultad de Educación y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de los Andes (Colombia) —PDI-CIFE 2016–2020—, y del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia —proyecto código 80740-179-2019—.

REFERENCIAS

- Abela, J. A. (2002). *Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada*. España: Fundación Centro de Estudios Andaluces.
- 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*, 50, 1-14.
- Ardanuy, J. (2012). *Breve introducción a la bibliometría*. Documento no publicado. Barcelona (España): Universitat de Barcelona.
- Arencibia, R. y De Moya, F. (2008). *La evaluación de la investigación científica: una*

- aproximación teórica desde la cienciometría. *ACIMED*, 17(4).
- Avila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: una mirada a 40 años de trabajo. *Educación Matemática*, 28(3), 31-60.
- Beyer, W. (2001). Pasado, presente y futuro de la Educación Matemática en Venezuela. *Revista Enseñanza de la Matemática*, 10(1), 23-36.
- Blanco, L. J. (2011). La investigación en educación matemática. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 109-128.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N., Gutiérrez-Arenas, P. y Torralbo-Rodríguez, M. (2011). Análisis cienciométrico y temático de la revista SUMA (1999-2010). *Suma*(68), 1-20.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2010). La investigación en Educación Matemática en la revista Épsilon. Análisis cienciométrico y temático (2000-2009). *Epsilon. Revista de Educación Matemática*, 75, 9-25.
- Callon, M., Courtial, J. P. y Penan, H. C. (1995). *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón, España: Ediciones TREA.
- Autores (2018). Referencia omitida por copia ciega.
- Autores (2019). Referencia omitida por copia ciega.
- Autores (Sometido-a). Referencia omitida por copia ciega.
- Autores (Sometido-b). Referencia omitida por copia ciega.
- Autores (Sometido). Referencia omitida por copia ciega.
- Colle, R. (1988). ANATEX: Software de análisis de concurrencias. *Esc. de Periodismo PUC y Secico*.
- Drijvers, P., Grauwijn, S. y Trouche, L. (2020). When bibliometrics met mathematics education research: the case of instrumental orchestration. *ZDM Mathematics Education*, 1-15.
- Ernest, P. (1998). A postmodern perspective on research in mathematics education. En A. Sierpínska y J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 71-85). Dordrecht: Springer.
- Escorcía, T. (2008). *El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado*. Tesis de no publicada, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Fernández-Cano, A. y Bueno-Sánchez, A. (1998). Síntesis de estudios bibliométricos españoles en educación. Una dimensión evaluativa. *Revista española de documentación científica*, 21(3), 269-285.
- FIZ Karlsruhe. (2010). MathEduc Database. Descargado el 10/2/2010, de <http://www.zentralblatt-math.org/matheduc/classification/>
- FIZ Karlsruhe. (2019). ZDM Subject Classification Scheme. Descargado el 14/2/2019, de http://www.imvibl.org/dmbl/novosti/zdm_didactical_mathematics_classification.pdf
- Autores (2013). Referencia omitida por copia ciega.
- Gómez-Mulett, A.-S. (2018). La educación matemática en Colombia: origen, avance y despegue. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 16(16), 123-146.
- González, F. (2011). Inventario de Historia de la Educación Matemática en Venezuela. En *XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife, Brasil.
- Hitt, F. (1998). Matemática educativa: investigación y desarrollo 1975-1997. En F. Hitt (Ed.),

- Investigaciones en Matemática Educativa II* (pp. 41-65). México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Jiménez, N., Adamuz, N., Maz, A., Bracho, R., Lupiáñez, J. L. y Segovia, I. (2011). Producción científica internacional en Educación Matemática en SSCI y SCOPUS (1980-2009): Construcción de descriptores. En J. L. Lupiáñez, M. C. Cañadas, M. Molina, M. Palarea y A. Maz (Eds.), *Investigaciones en Pensamiento Numérico y Algebraico e Historia de la Matemática y Educación Matemática - 2011* (pp. 325-335). Granada: Dpto. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. España: Paidós.
- López-Piñero, J. M. y Terrada-Ferrandis, M. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica: los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. *Medicina clínica*, 98(4), 142-148.
- Macías-Chapula, C. A. (2001). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *ACIMED*, 9(4), 35-41.
- 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 *Investigación en educación matemática XIII* (pp. 323-332): Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.
- Maz-Machado, A., Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Gutiérrez-Arenas, M. P., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2012). Redes académicas generadas por las tesis doctorales de educación matemática en España. *Revista de Investigación Educativa*, 30(2), 271-286.
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Bracho-López, R. y Adamuz-Povedano, N. (2015). Análisis bibliométrico de la revista RELIME (1997-2011). *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 29(66), 91-104.
- Millán, J. D., Polanco, F., Ossa, J. C., Béria, J. S. y Cudina, J. N. (2018). La cienciometría, su método y su filosofía: Reflexiones epistémicas de sus alcances en el siglo XXI. *Revista Guillermo de Ockham*, 15(2), 17-27.
- Mullis, I., Martin, M., Ruddock, G., O'Sullivan, C., Arora, A. y Eberber, E. (2005). *TIMSS 2007 Assessment Frameworks*. Chestnut Hill, Estados Unidos: Boston College.
- Navarro, E., Jiménez, E., Rappoport, S. y Thoilliez, B. (2017). *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa*: Universidad Internacional de La Rioja.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial literacy*. Paris, France: PISA, OECD Publishing.
- Pérez-Angón, M. Á. (2006). Usos y abusos de la cienciometría. *Cinvestav*(Enero-marzo), 29-33.
- Price, D. J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Rico, L. (1997). *Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria*. Madrid: Síntesis.
- Rico, L. y Sierra, M. (1994). Desarrollo de la educación matemática en España desde la guerra civil (1936) hasta la ley general de educación (1970). En J. Kilpatrick, L. Rico y M. Sierra (Eds.), *Educación matemática e investigación* (pp. 125-146). Madrid: Síntesis.
- Ruiz, N. y Bosch, J. (2007). La educación matemática en España. *Práxis Educativa*, 2(2), 151-160.

- Sánchez, C. y Albis, V. (2012). Historia de la enseñanza de las matemáticas en Colombia. De Mutis al siglo XXI. *Quipu*, 14(1), 109-157.
- Solano, E., Castellanos, S., López, M. y Hernández, J. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *MediSur. Revista electrónica*, 7(4), 59-62.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática*. Caracas: UNESCO.
- Spinak, E. (2001). Indicadores cienciométricos. *ACIMED*, 9(4), 16-18.
- Tatto, T., Schwille, J., Schmidt, W., Ingvarson, L. y Beavis, A. (2006). *IEA teacher education study in mathematics (TEDS-M). Conceptual framework*. East Lansing, Estados Unidos: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University.
- Torres-Alfonso, A. M., Peralta-Gonzalez, M. J. y Toscano-Menocal, A. (2014). Impact and productivity of Latin American publications about mathematics education. *Biblios*(55), 13.
- Vallejo Ruiz, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002)*. Tesis de no publicada, Universidad de Granada, Granada.
- Vallejo-Ruiz, M., Fernández-Cano, A., Torralbo, M., Maz, A. y Rico, L. (2008). History of Spanish mathematics education focusing on PhD theses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 313-327.
- Villareal, M. y Esteley, C. (2002). Una caracterización de la Educación Matemática en Argentina. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(2), 23-36.

ARTÍCULO 4

PRODUCCIÓN DOCUMENTAL DE ACCESO ABIERTO DE LA COMUNIDAD DE HABLA HISPANA EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA

Paola Castro, Pedro Gómez y María C. Cañadas

Artículo publicado en
BOLEMA – Boletín de Educación Matemática

<https://www.scielo.br/revistas/bolema/eaboutj.htm>



Producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática para la educación media

Open Access Documentary Production of the Spanish-Speaking Community in Mathematics Education for Middle School Education

Paola Castro*

 ORCID iD 0000-0002-3333-2461

Pedro Gómez**

 ORCID iD 0000-0001-9929-4675

María C. Cañadas***

 ORCID iD 0000-0001-5703-2335

Resumen

Exponemos resultados de un estudio cuyo objetivo es la caracterización de la producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática para la educación media. A partir de una taxonomía de términos clave, específica de la Educación Matemática, realizamos una aproximación semántica al contenido de la documentación que fue producida por esta comunidad de profesores e investigadores entre 1986 y 2017. Definimos las siguientes variables de estudio: nivel educativo, enfoque, matemáticas escolares y currículo. Realizamos el cruce de la variable nivel educativo con las otras variables y, con un proceso de normalización, identificamos los valores de las variables en los que la educación media se distingue de los otros niveles educativos por tener el mayor o el menor porcentaje de publicación de documentos. En comparación con otros niveles educativos, la educación media se distingue por tener el mayor o uno de los mayores niveles de producción en actividades. Se destaca por abordar temas de probabilidad, cálculo, medida y álgebra, y de aula y aprendizaje.

Palabras clave: Investigación documental. Análisis de contenido. Educación media. Educación Matemática.

Abstract

We present results of a study which objective was the open access documental production characterization of the Spanish-speaking community in Mathematics Education for middle school. From a taxonomy of key terms specific to Mathematics Education, we made a semantic approach to the documentation content, which was produced by this community of teachers and researchers between 1986 and 2017. We defined the following study variables: educational level, document type, school mathematics, and curriculum. We crossed the educational level variable with the other variables and, with a normalization process, we identified the values of these variables in which the middle school is different from the other educational levels, since it has the highest or lowest percentage of

* Candidata a Doctora en Educación, Universidad de los Andes. Gestora académica, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Dirección postal: Calle 18A #0-19 Este, 111711, Bogotá, Colombia. E-mail: dp.castro116@uniandes.edu.co.

** Doctor en Matemáticas, Universidad de Granada (UGR). Profesor visitante, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia Dirección postal: Calle 18A #0-19 Este, 111711, Bogotá, Colombia. E-mail: argeifontes@gmail.com.

*** Doctor en Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada (UGR). Profesora titular, Universidad de Granada, Granada, España. Dirección postal: Campus Universitario de la Cartuja, s/n, 18071, Granada, España. E-mail: mconsu@ugr.es.



documents published. In comparison with other educational levels, middle school is distinguished by having the highest or one of the highest production levels in activities. It stands out for addressing issues of probability, calculation, measurement and algebra, and classroom and learning.

Keywords: Documentary research. Content analysis. Middle school education. Mathematics Education.

1 Introducción

En Educación Matemática, son pocos los estudios relacionados con su producción documental que partan de la diversidad de los trabajos producida por la comunidad de habla hispana. Los trabajos que se han publicado se centran en los resultados de investigación en la disciplina que son publicados en fuentes como revistas especializadas y algunos libros (por ejemplo, BRACHO, 2010; JIMÉNEZ et al., 2011; BRACHO-LÓPEZ et al., 2012).

Algunos estudios, catalogados como bibliométricos, están realizados a partir de las memorias de eventos de investigación (ORTIZ, 2010; MAZ-MACHADO et al., 2011). De manera general, en estos trabajos no se identifica mayor interés por profundizar en el estudio del contenido de los documentos, desde la especificidad de los fenómenos y problemas que tratan. Los estudios abordan, con especial énfasis, los patrones de productividad y redes de colaboración y autoría (MAZ et al., 2009; MAZ-MACHADO et al., 2012; JIMÉNEZ-FANJUL; MAZ-MACHADO; BRACHO-LÓPEZ, 2013).

Los resultados de las investigaciones están asociados a la productividad diacrónica de los documentos, a los indicadores de productividad y a la colaboración en la autoría. Son pocos los estudios que tratan el análisis conceptual de la documentación desde algún marco teórico específico de la Educación Matemática (GÓMEZ et al., 2011; BRACHO et al., 2014).

Los trabajos que abordan el indicador de contenido lo hacen, usualmente, desde bloques temáticos de educación o de matemáticas, pero no de categorías concretas de la Educación Matemática. El trabajo que presentamos se enfoca en el estudio del contenido de la documentación con una aproximación semántica, y tiene como objetivo caracterizar una muestra de la producción documental de educación media (estudiantes de diecisiete y dieciocho años) publicada por la comunidad de habla hispana respecto al enfoque de los documentos, el contenido de las matemáticas escolares y de la teoría curricular que abordan. El interés está en profundizar en el contenido de la documentación: determinar qué temas trata, qué fenómenos aborda y qué población estudia.

Con este trabajo, pretendemos responder a la necesidad de conocer y caracterizar las comunidades de una disciplina, como un aspecto destacado por la literatura de investigación. Dado que la Educación Matemática se ha consolidado como una disciplina (SIERPINSKA;



KILPATRICK, 1998), hay necesidad de determinar los patrones de la productividad investigadora en Educación Matemática, centrados en el contenido, para otorgarle estatus científico (TORRALBO et al., 2003), detectar sus focos de interés (BRACHO et al., 2014) y contribuir al desarrollo de la disciplina.

2 Marco conceptual

Utilizamos la técnica de análisis de contenido (MAYRING, 2015) para caracterizar la producción documental objeto de estudio. Se puede desarrollar desde dos aspectos: las características bibliográficas – contenido de los documentos – y las características bibliométricas – características bibliográficas cuantificadas. La cuantificación de las características bibliográficas se asocia, por ejemplo, a la cantidad de trabajos con términos métricos en el título, resumen y palabras clave (VERDEJO, 2011).

La aproximación al contenido de la documentación puede ser textual – través de palabras que resultan significativas y que se pueden identificar en los títulos o resúmenes (VALLEJO RUIZ, 2005) –, temática – a partir de la identificación y clasificación temática en contexto –, o semántica – con la identificación de los temas tratados en un texto (COLLE, 1988) – de acuerdo con los fenómenos que aborda. El estudio del contenido posibilita ahondar en las tendencias temáticas de una disciplina si se hace desde una clasificación de términos o descriptores específicos (CALLON; COURTIAL; PENAN, 1995; FERNÁNDEZ-CANO; BUENO-SÁNCHEZ, 1998).

Aunque existen algunas aproximaciones a la clasificación de su documentación por medio de tesauros o clasificaciones (FIZ KALRUHE, 2010), nos basamos en la taxonomía propuesta por Gómez y Cañadas (2013). Esta taxonomía parte de una teoría curricular específica a la Educación Matemática (RICO, 1997) y proporciona una clasificación y jerarquización de descriptores propios de la disciplina. Para construir la taxonomía y garantizar su pertinencia en la disciplina, los autores revisaron la forma en que algunas revistas de investigación, actas de conferencias y bases de datos nacionales e internacionales asignan términos clave a sus documentos, e indagaron la utilidad de la taxonomía con varios expertos en la disciplina.

El primer aspecto que abordan estos autores son los términos clave denominados enfoque, nivel educativo y tema. El enfoque caracteriza el tipo, propósito y utilidad del documento. Un documento puede ser investigación – el trabajo hace una contribución al conocimiento y puede ser una contribución empírica o teórica –, ensayo – el trabajo es la



presentación de una opinión o postura, no requiere procesos sistemáticos de justificación –, de innovación – el trabajo describe el diseño curricular de una actividad o curso, e implica el uso del conocimiento – y actividad – el trabajo hace referencia a una actividad para llevar al aula que está enfocada en un tema concreto.

El nivel educativo hace referencia al tipo de formación de los sujetos a los que se refiere el documento: educación infantil (cero a seis años), educación primaria (siete a doce años), educación secundaria básica (trece a dieciseis años), educación secundaria media (diecesiete y dieciocho 18 años), educación de adultos, estudios de posgrado, formación profesional, todos los niveles educativos, título de grado universitario, ningún nivel educativo y otro nivel educativo.

La taxonomía propuesta por Gómez y Cañadas (2013) diferencia los términos clave que hacen referencia a los contenidos matemáticos de aquellos que se refieren a la Educación Matemática. La taxonomía de los contenidos matemáticos fue construida a partir de la taxonomía de TIMMS (MULLIS et al., 2005) y TEDS-M (TATTO et al., 2006). La categoría de matemáticas escolares incluye contenidos de cálculo, estadística, geometría, medida, números, probabilidad y álgebra.

Para Gómez y Cañadas (2013), el problema principal se centraba en los términos clave relacionados con los temas. En una primera aproximación a este aspecto, los autores intentaron utilizar las taxonomías de la UNESCO (SPARROW; KISSANE; HURST, 2010) y ERIC (GROOTENBOER; ZEVENBERGEN; CHINNAPPAN, 2006), que resultaron limitadas para la Educación Matemática. Por ello, construyeron su propia taxonomía de términos clave basados en MathEduc (FIZ KALRUHE, 2010), de modo que todo término clave de dicha base de datos tuviera un término equivalente en su propuesta.

La taxonomía de Gómez y Cañadas (2013) parte de un enfoque curricular en el que el currículo busca abordar cuatro cuestiones centrales sobre el conocimiento a enseñar, el aprendizaje, los métodos de enseñanza y la valoración de los aprendizajes realizados (RICO, 1997, p. 381). Las cuatro cuestiones dan lugar a las dimensiones conceptual, cognitiva, formativa y social, y a cinco niveles – fines, disciplinas, sistema educativo, planificación de profesores y planificación local.

La teoría curricular, descrita anteriormente, sustenta nueve categorías de términos clave: (a) sistema educativo, (b) centro educativo, (c) aula, (d) alumno, (e) profesor, (f) aprendizaje, (g) enseñanza, (h) evaluación e (i) currículo. Adicional a estos temas asociados a currículo, Gómez y Cañadas (2013) abordan otras nociones de educación Matemática, investigación e innovación en Educación Matemática y Educación Matemática y otras disciplinas.



3 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es caracterizar la producción documental de acceso abierto en educación media producida por la comunidad de habla hispana en Educación Matemática, entre 1986 y 2017, con una aproximación semántica al contenido de los documentos. Los siguientes son los objetivos específicos del estudio.

- Describir el comportamiento diacrónico de la producción documental de Educación Matemática en educación media en las variables enfoque, matemáticas escolares y currículo.
- Establecer los valores de las variables en los que la producción documental en educación media se distingue de los otros niveles por tener el mayor, uno de los mayores, uno de los menores o el menor porcentaje de publicación.

4 Método

El estudio es documental de tipo descriptivo, no es experimental, en tanto los fenómenos que se tratan en los documentos no son manipulables (KERLINGER; LEE, 2002). En lo que sigue, presentamos las fuentes de información y los procedimientos.

4.1 Fuentes de información

La población a la que nos referimos en este estudio es la producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática. En este estudio no contamos con un censo. Tomamos como muestra 6920 documentos, publicados desde 1986 hasta junio de 2017. Estos documentos configuran una muestra por conveniencia de la producción de la comunidad.

Los documentos a los que nos referimos fueron compartidos por asociaciones, revistas y autores de manera autónoma. El proceso de búsqueda de las fuentes fue sistemático, inició en 2014 y terminó en 2017. Buscamos e identificamos universidades y asociaciones de investigadores y educadores que desarrollan trabajos en Educación Matemática en los países de habla hispana. Contactamos a las personas responsables de gestionar eventos y publicaciones con el propósito de obtener su autorización expresa para acceder a sus documentos.

Los documentos analizados corresponden a memorias de los siguientes eventos de docentes e investigadores liderados por agremiaciones que manifestaron su autorización para



que accediéramos a ellas: Encuentro Colombiano de Matemática Educativa, Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones de Colombia, Encuentro Colombiano de Educación Estocástica, Foro EMAD – Educación Matemática y análisis didáctico –, Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa, Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe, Conferencia Interamericana de Educación Matemática y Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática.

Así mismo, tomamos artículos de las siguientes revistas especializadas en Educación Matemática, que son tanto de investigación como de divulgación: Revista EMA; PNA, revista de investigación en Didáctica de la Matemática; Avances de Investigación en Educación Matemática – AIEM; Números, revista de Didáctica de las Matemáticas; Revista Latinoamericana de Etnomatemática; Revista digital; SUMA, revista sobre el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas; Educación Matemática y Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa – RELIME.

Otros documentos son avances de trabajos o resultados de investigación compartidos por investigadores y educadores matemáticos de manera autónoma. Algunos de estos autores también compartieron sus contribuciones a eventos y artículos publicados en revistas que no hacen parte de nuestras fuentes oficiales.

Podemos respaldar la representatividad de la muestra debido al proceso de búsqueda de las fuentes de información y a la diversidad de los documentos que se encuentran en ella. Incluimos actas de eventos, comunicaciones, conferencias, talleres, artículos de revistas, libros y capítulos de libros, trabajos de grado y tesis, y recursos de enseñanza. En la Tabla 1, mostramos la cantidad de documentos analizados de acuerdo con su tipo y la proporción a la que corresponde esta cantidad según el tamaño de la muestra.

De la totalidad de documentos, 1697 documentos que abordan temas concretos de la educación media, 6771 no están relacionados con este nivel educativo y 560 que tienen relación con todos los niveles educativos. Agrupamos los documentos que son específicos de educación media con aquellos que están asociados a todos los niveles educativos para describir el contenido de los documentos que están relacionados con educación media. Encontramos 2257 que satisfacen estas condiciones.

**Tabla 1 - Distribución de documentos por tipo**

Tipo de documento	Cantidad	Proporción
Capítulo de libro	2447	35,4%
Artículo	2425	35,0%
Contribución en actas de eventos	1452	21,0%
Conferencia, comunicación, taller, póster, etc.	418	6,0%
Documento no publicado	89	1,3%
Tesis	43	0,6%
Libro	37	0,5%
Recursos de enseñanza	9	0,1%

Fuente: elaborada por los autores.

4.2 Procedimientos

Nos centramos en el análisis del contenido de los documentos, a partir de la identificación de términos clave que describan los fenómenos y problemas que abordan. Organizamos estos términos en categorías que surgen de la teoría curricular, de acuerdo con la propuesta de Gómez y Cañadas (2013). El estudio de los documentos requirió: (a) definir las variables, (b) diseñar un instrumento de codificación, (c) codificar todos los documentos, (d) resumir la codificación, (e) organizar los resultados de la codificación y (e) analizar los resultados de la codificación.

Empleamos las variables que responden a las categorías de la taxonomía específica en Educación Matemática (GÓMEZ; CAÑADAS, 2013) que describimos en el marco conceptual. Asociamos los valores actividad, ensayo, investigación e innovación a la variable enfoque. Analizamos la variable matemáticas escolares con los valores cálculo, estadística, geometría, medida, números, probabilidad y álgebra. Para la variable currículo, identificamos los valores (a) aula, (b) aprendizaje, (c) enseñanza, (d) otras nociones de educación Matemática, (e) Educación Matemática y otras disciplinas, (f) investigación e innovación en Educación Matemática, (g) alumno y profesor, y (h) sistema educativo, centro educativo, currículo y evaluación. Para analizar el comportamiento diacrónico de las variables enfoque, matemáticas escolares y currículo, utilizamos los intervalos cerrados [1986, 1993], [1994, 1996], [1997, 1999], [2000, 2002], [2003, 2005], [2006, 2008], [2009, 2011], [2012, 2014] y [2015, 2017].

Un equipo de codificadores registró la información bibliográfica de cada documento (título, resumen, autores, año) y estableció su enfoque y nivel educativo. El equipo codificó los datos luego de la lectura de los documentos, con el detalle que fue necesario para asignar los valores de las variables que le corresponden. En este proceso, identificó los términos clave que describen el contenido del documento en relación con las variables matemáticas escolares y currículo.



Una vez se hizo la codificación, los revisores de las codificaciones verificaron la validez y precisión de las informaciones que registraron los codificadores, y validaron que los términos clave, el enfoque y nivel educativo, que se asignaron a cada documento, fueron adecuados. Un último revisor hizo una evaluación aleatoria del trabajo realizado por los revisores de la codificación para asegurar la calidad.

Organizamos la información en bases de datos y realizamos procedimientos de estadística descriptiva que nos permitieron obtener resultados, en términos de proporciones muestrales, para caracterizar el comportamiento de la documentación en Educación Matemática en todos los niveles educativos.

Establecimos los valores de las variables en los que la educación media se distingue de los otros niveles educativos por sus porcentajes de producción. Utilizamos tablas cruzadas para obtener los porcentajes de producción de los niveles educativos respecto a los valores de cada variable. En lo que sigue, usamos algunos resultados para ejemplificar los procedimientos de análisis realizados en el estudio.

En la Tabla 2, presentamos la tabla cruzada de nivel educativo con la variable enfoque. Este es un ejemplo de los cruces que realizamos entre el nivel educativo y las demás variables. Luego de realizar cruces y pruebas de independencia de las variables enfoque, currículo y matemáticas escolares respecto a la variable nivel educativo, con un nivel de significancia del 95%, encontramos que hay relación entre las variables. En todos los casos, el P-valor es menor que 0,05.

Tabla 2 - Tabla cruzada de niveles educativos y enfoque

Valor de la variable	Nivel educativo							
	Infantil	Primaria	Secundaria	Media	Título de grado	Posgrado	Formación Profesional	Todos los niveles
Actividad	14,6%	21,6%	31,1%	32,3%	12,7%	3,6%	9,6%	9,8%
Ensayo	16,1%	13,4%	16,5%	17,4%	20,6%	30,6%	12,1%	33,6%
Innovación	15,6%	10,0%	10,1%	9,1%	7,3%	6,3%	7,5%	8,6%
Investigación	53,6%	55,0%	42,3%	41,3%	59,5%	59,5%	70,8%	48,0%

Fuente: elaborada por los autores.

Con el fin de describir el contenido de la producción que aborda cuestiones relacionadas con la educación media, agrupamos los documentos que se enfocan en este nivel educativo con aquellos que tratan temas comunes a todos los niveles. Como resultado de ello, por ejemplo, obtuvimos tablas de resultados como la que presentamos en la Tabla 3, en las que el valor Educación media contiene la suma de documentos asociados a los valores media y todos los niveles (Tabla 1), y el valor No educación media reúne los documentos de los valores infantil, primaria, secundaria, título de grado, posgrado y formación profesional (Tabla 1).

Tabla 3 - Tabla cruzada de nivel educativo (educación media) y enfoque

Valor de la variable	Educación media	No educación media
Actividad	42,1%	57,9%
Ensayo	51,0%	49,0%
Innovación	17,7%	82,3%
Investigación	89,3%	10,7%

Fuente: elaborada por los autores.

Con la información obtenida sobre educación media, describimos el contenido de su producción documental en los diferentes valores de las variables de estudio. A continuación, analizamos el comportamiento diacrónico de esta producción desde 1986 hasta 2017.

Finalmente, para identificar los valores en los que la educación media, en sí misma, se distingue de los otros niveles educativos – sin incluir documentos asociados a todos los niveles educativos – retomamos los datos obtenidos del cruce del nivel educativo con las variables de estudio (Tabla 2). Distinguir la educación media de los otros niveles nos llevó a establecer los valores en los que su producción documental sobresale por tener el mayor o el menor porcentaje de documentos en los valores de las variables del estudio.

Tomamos los porcentajes de publicación de documentos de cada nivel educativo en los valores de las variables y realizamos un proceso de normalización de los porcentajes para cada valor de la variable. Si la producción documental, en un nivel específico, no es la mayor o la menor, la catalogamos como una de las mayores siempre que la normalización del porcentaje de publicaciones (x) en cada valor de la variable es mayor o igual a 0,75 y no es la mayor.

De manera similar, la catalogamos como una de las menores si esta normalización es menor o igual a 0,25 y no es la menor. Para facilitar la identificación de los valores mayores o menores, empleamos las expresiones *Mayor*, *Gmay*, *Gmen* y *Menor*, respectivamente. En la Tabla 4, ejemplificamos la normalización que realizamos en el valor innovación de la variable enfoque. Realizamos el mismo ejercicio con los valores de todas las variables.

Tabla 4 – Normalización de porcentajes para nivel educativo respecto al valor innovación

Nivel educativo	%	Normalizado	Etiqueta
Infantil	15,60%	1	<i>Mayor</i>
Primaria	10,00%	0,40	
Secundaria	10,10%	0,41	
Media	9,10%	0,30	
Título de grado	7,30%	0,11	<i>Gmen</i>
Posgrado	6,30%	0	<i>Menor</i>
F. Profesional	7,50%	0,13	<i>Gmen</i>
Todos los niveles	8,60%	0,25	<i>Gmen</i>

Fuente: elaborada por los autores.

Adicionalmente, utilizamos la escala de colores asociados a la temperatura para representar los niveles de producción *Mayor*, *Gmay*, *Gmen* y *Menor*, y aquellos que se encuentran entre 0,25 y 0,75, como mostramos en la Tabla 5.

Tabla 5 – Asignación de colores a los niveles de producción

Color	Nivel de producción	Intervalos de valores normalizados
	<i>Mayor</i>	$x = 1$
	<i>Gmay</i>	$0,75 \leq x < 1$
		$0,25 < x < 0,75$
	<i>Gmen</i>	$0 < x \leq 0,25$
	<i>Men</i>	$x = 0$

Fuente: elaborada por los autores.

Luego del proceso de normalización de los porcentajes de producción de los niveles educativos para cada valor de las variables, obtuvimos una figura resumen por cada variable que indica la producción de cada nivel educativo. En la Figura 1 mostramos, como ejemplo, el resumen de la producción de los niveles educativos en cada valor de la variable enfoque.

Nivel educativo	Actividad	Enfoque		
		Ensayo	Innovación	Investigación
Infantil		GMEN	MAYOR	
Primaria		GMEN		
Secundaria	GMAY	GMEN		GMEN
Media	MAYOR	GMEN		MENOR
Título de grado			GMEN	
Posgrado	MENOR	GMAY	MENOR	
F. Profesional	GMEN	MENOR	GMEN	MAYOR
Todos los niveles	GMEN	MAYOR	GMEN	GMEN

Figura 1 - Producción de los niveles educativos en cada valor de la variable enfoque

Fuente: elaborada por los autores.

Por último, tomamos los resúmenes de los niveles de producción documental en cada variable. Nos centramos en los resultados de educación media. Así, identificamos los valores en los que este nivel educativo se destaca por tener el mayor, uno de los mayores, uno de los menores o el menor porcentaje de publicaciones en comparación con los otros niveles.

5 Resultados

A continuación, describimos el contenido de la documentación relacionada con educación media respecto a las variables enfoque, matemáticas escolares, currículo y año de publicación. Luego, presentamos el comportamiento de cada variable desde 1986 hasta 2017. Finalizamos con la identificación de los valores de las variables en los que la producción documental en media se distingue de la producción en los otros niveles educativos.

5.1 Descripción del contenido de los documentos de educación media

Describimos el contenido de los documentos de educación media en términos de los valores de las variables del estudio. Respecto a la variable enfoque, encontramos que los documentos, en su mayoría, están asociados con investigaciones (43%). El 48% incluye documentos que presentan actividades de clase o ensayos. El porcentaje restante de trabajos está asociados a diseños curriculares de actividades o cursos (innovaciones).

Los documentos que tratan cuestiones de educación media se centran en geometría y álgebra (Figura 2). Del primer tema, se abordan especialmente conceptos de trigonometría. Dentro del tema álgebra, el énfasis está en el estudio de funciones. Vemos que hay un porcentaje reducido de trabajos relacionados con estadística, probabilidad y medida. Aproximadamente, la cuarta parte de los documentos tratan cuestiones de álgebra y números.

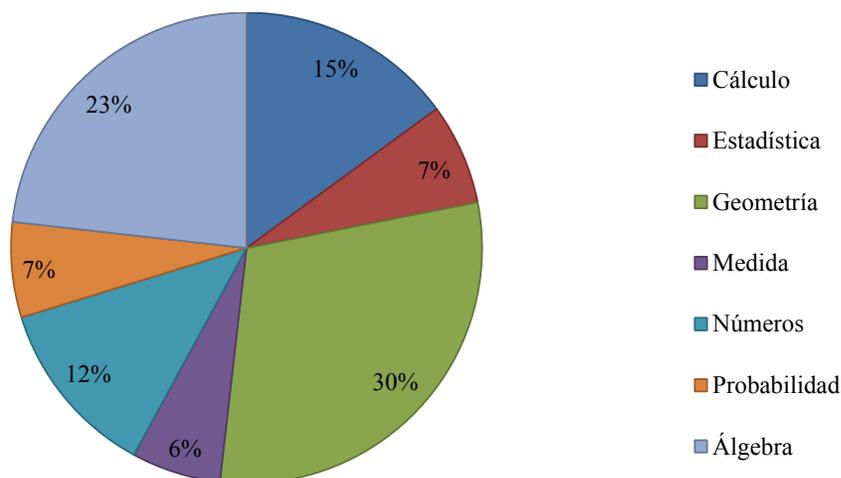


Figura 2 - Distribución de temas de matemáticas escolares en documentos de educación media
Fuente: elaborada por los autores.

En la Figura 3, presentamos la importancia relativa de los temas de currículo. La distribución de documentos de educación media respecto a los valores de la variable currículo, ordenada de mayor a menor, es la siguiente: otras nociones de Educación Matemática; aprendizaje; aula; enseñanza. Hay un porcentaje reducido de documentos de educación media en los que se aborda la Educación Matemática y otras disciplinas, investigación e innovación en Educación Matemática, y alumno y profesor. Los temas de currículo que menos se han trabajado en educación media son sistema educativo, centro educativo, evaluación y currículo (suman el 9%).

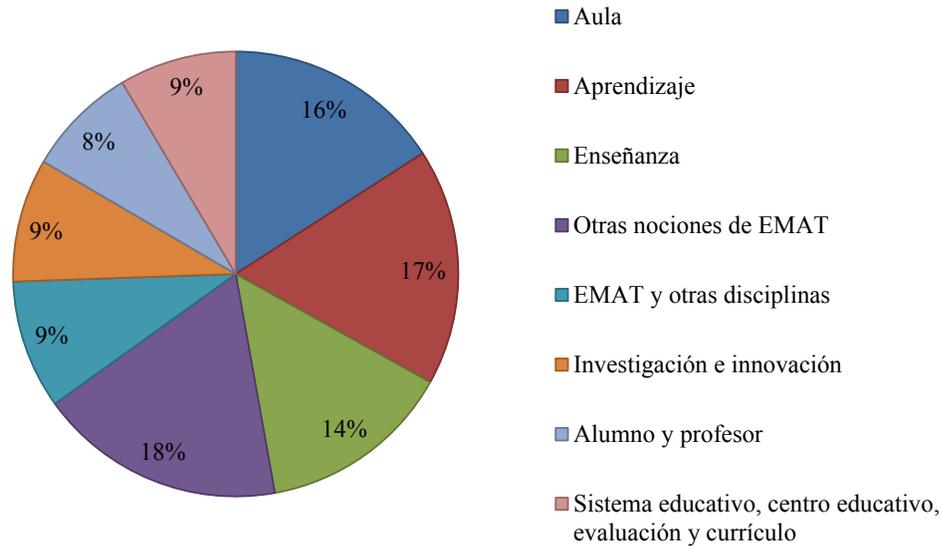


Figura 3 - Distribución de temas de currículo en documentos de educación media

Fuente: elaborada por los autores.

En la Figura 4, presentamos la cantidad de documentos publicados por año de educación media desde 1986 hasta junio de 2017. En los años 2003 y 2013, se presentaron los picos de la producción asociada a este nivel educativo. Esta situación se puede justificar en la realización simultánea de encuentros de docentes e investigadores y la publicación de sus memorias en los mismos años. Encontramos que la cantidad promedio de trabajos que se asocian a la educación media por año es de 71. Entre 2003 y 2015, la publicación de documentos fue superior a 100 por año.

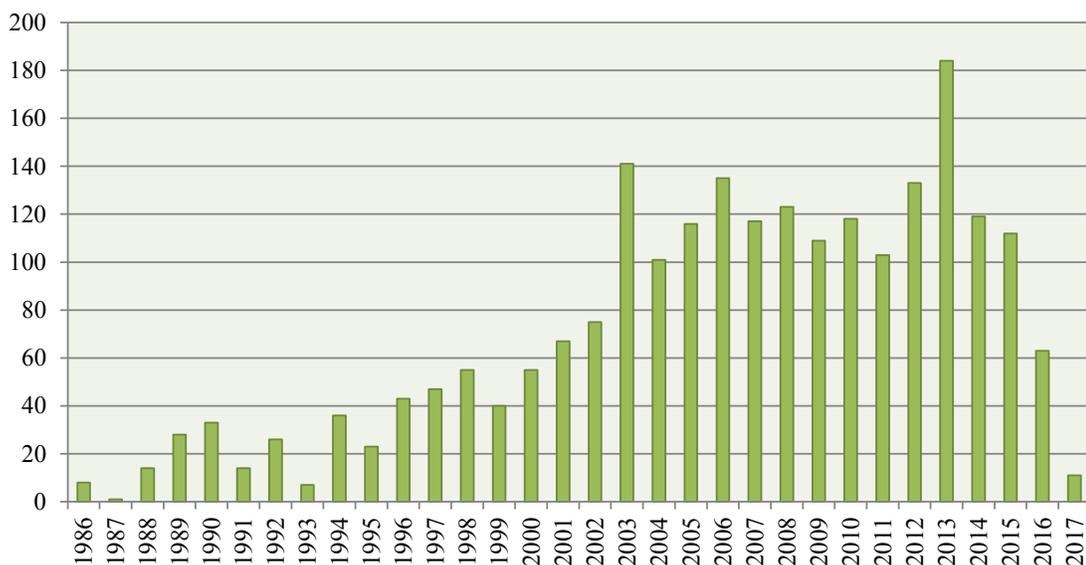


Figura 4 - Cantidad de documentos publicados por año en educación media

Fuente: elaborada por los autores.

En la Figura 5, presentamos el comportamiento de la producción documental en educación media en comparación con la producción que no aborda este nivel educativo. Encontramos que, aunque la cantidad de documentos de educación media ha aumentado (Figura 4), su porcentaje de publicación en comparación con la producción de otros niveles educativos ha descendido. Hasta 1996, esta se había mantenido, en promedio, por encima del 50%. A partir de este año, la producción en educación media ha tenido un descenso considerable. Desde el año 2008, en promedio, la documentación asociada a la educación media no supera el 30% del total de la documentación.

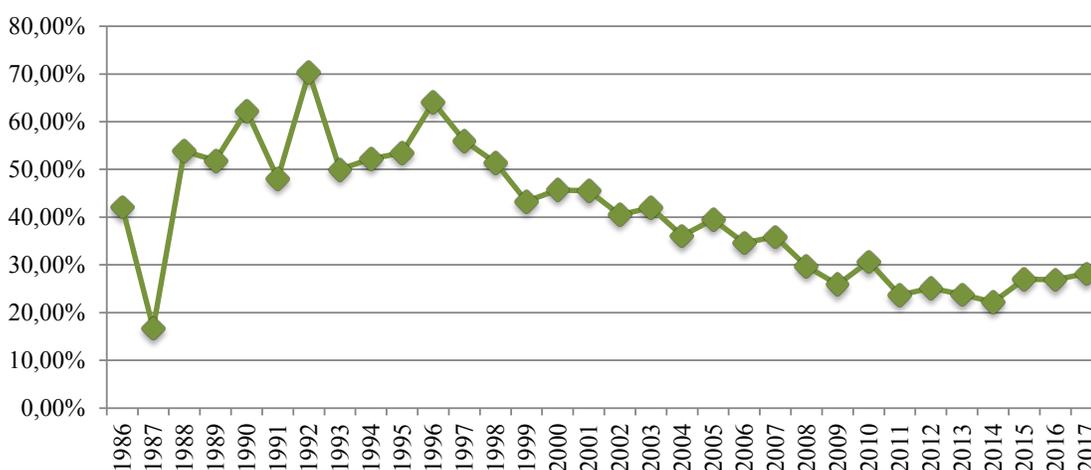


Figura 5 - Producción documental de educación media
 Fuente: elaborada por los autores.

A continuación, analizamos el comportamiento de las variables enfoque, matemáticas escolares y currículo respecto a la variable año en la documentación de educación media.

5.2 Comportamiento de las variables por año

Presentamos el comportamiento de las variables enfoque, matemáticas escolares y currículo desde 1986 hasta junio de 2017. Agrupamos los años en nueve intervalos: [1986, 1993], [1994, 1996], [1997, 1999], [2000, 2002], [2003, 2005], [2006, 2008], [2009, 2011], [2012, 2014] y [2015, 2017]. Hacemos énfasis en los valores de las variables que se destacaron en algunos periodos de tiempo.

5.2.1 Enfoque

En la Figura 6, podemos ver que el 75% de los documentos publicados entre los años

1986 y 1993 fueron actividades. Desde 1994, el porcentaje de este tipo de documentos disminuyó. La producción de investigaciones tuvo un comportamiento inverso al de la producción de actividades. Fue creciente desde 1986 y llegó al 70% entre 2015 y 2017. La producción de trabajos que presentan una opinión o postura, sin procesos sistemáticos de justificación (ensayos), no superó el 30%. La producción de innovaciones curriculares no superó el 15%.

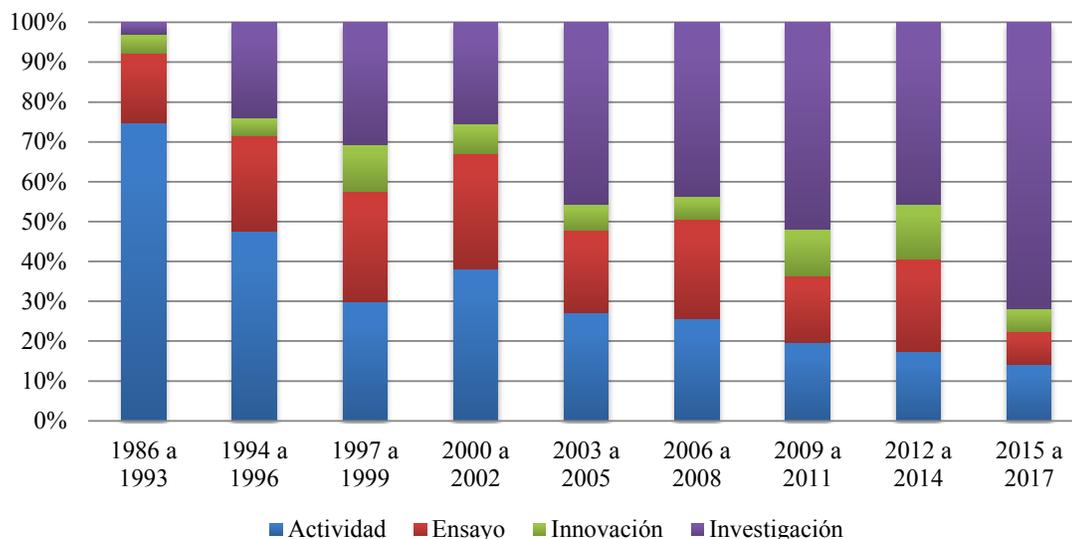


Figura 6 - Comportamiento de la variable enfoque
Fuente: elaborada por los autores

5.2.2 Matemáticas escolares

En la producción documental asociada a la educación media, el porcentaje de trabajos relacionados con geometría se mantuvo por encima de otros temas. Solo entre 1994 y 1999, estuvo por debajo del 25%. Entre 1994 y 2014, la producción de documentos que tratan álgebra estuvo entre el 20% y el 30%. En dos periodos de tiempo ([1986, 1993] y [2015, 2017]), estuvo cerca al 15% y nunca fue menor del 13%. Aunque el porcentaje de producción de documentos de cálculo no tuvo un comportamiento regular, encontramos una tendencia a aumentar. Caso contrario ocurre con el tema medida, cuyo porcentaje de producción decreció desde 1986 hasta 2017. El tema números fue tratado en menos del 10% de la documentación en los años 2003 a 2005 y 2012 a 2017.

5.2.3 Currículo

En la variable currículo, identificamos algunos temas que mostraron un crecimiento en



la producción documental que aborda la educación media desde 2003: aprendizaje, investigación e innovación en Educación Matemática y la unión de alumno y profesor. En el intervalo [1997, 1999], los valores investigación e innovación en Educación Matemática y sistema educativo, centro educativo, currículo y evaluación tuvieron su mayor porcentaje. La producción de documentos asociados al tema denominado Educación Matemática y otras disciplinas tuvo un comportamiento decreciente a partir del año 2003. Las proporciones en las que se trataron las cuestiones enseñanza y otras nociones de Educación Matemática no tuvieron mayores variaciones desde 1986 hasta 2017.

5.3 Distinción de la educación media respecto a los otros niveles educativos

En este apartado, identificamos los valores de las variables en los que la educación media se distingue de los demás niveles educativos de acuerdo con el porcentaje de producción de documentos. Realizamos el análisis de la producción documental que es específica en educación media. Cruzamos las variables enfoque, matemáticas escolares, currículo y año con la variable nivel educativo, e hicimos el proceso de normalización que explicamos en la sección de método.

De este modo, presentamos los valores de las variables en los que la educación media se distingue de los otros niveles educativos por tener el mayor, el menor, uno de los mayores o uno de los menores porcentajes de producción de documentos, como mostramos en la Figura 7. Empleamos la relación color, nivel de producción e intervalos que mostramos en la Tabla 5. Recordamos que el valor normalizado 0 (cero) no está asociado a un 0% de producción sobre el valor de una variable, sino que representa el valor con menor porcentaje de producción.

Encontramos que la documentación específica de educación media se destaca entre los otros niveles educativos por tener el menor porcentaje de publicación de investigaciones, un porcentaje de publicación de ensayos que está entre los menores y el mayor nivel de producción de actividades. Como se observa en la Figura 7, para la variable matemáticas escolares, la educación media se distingue de los otros niveles en los valores probabilidad (mayor producción), cálculo, medida y álgebra (entre los mayores porcentajes de producción) y números (menor producción).

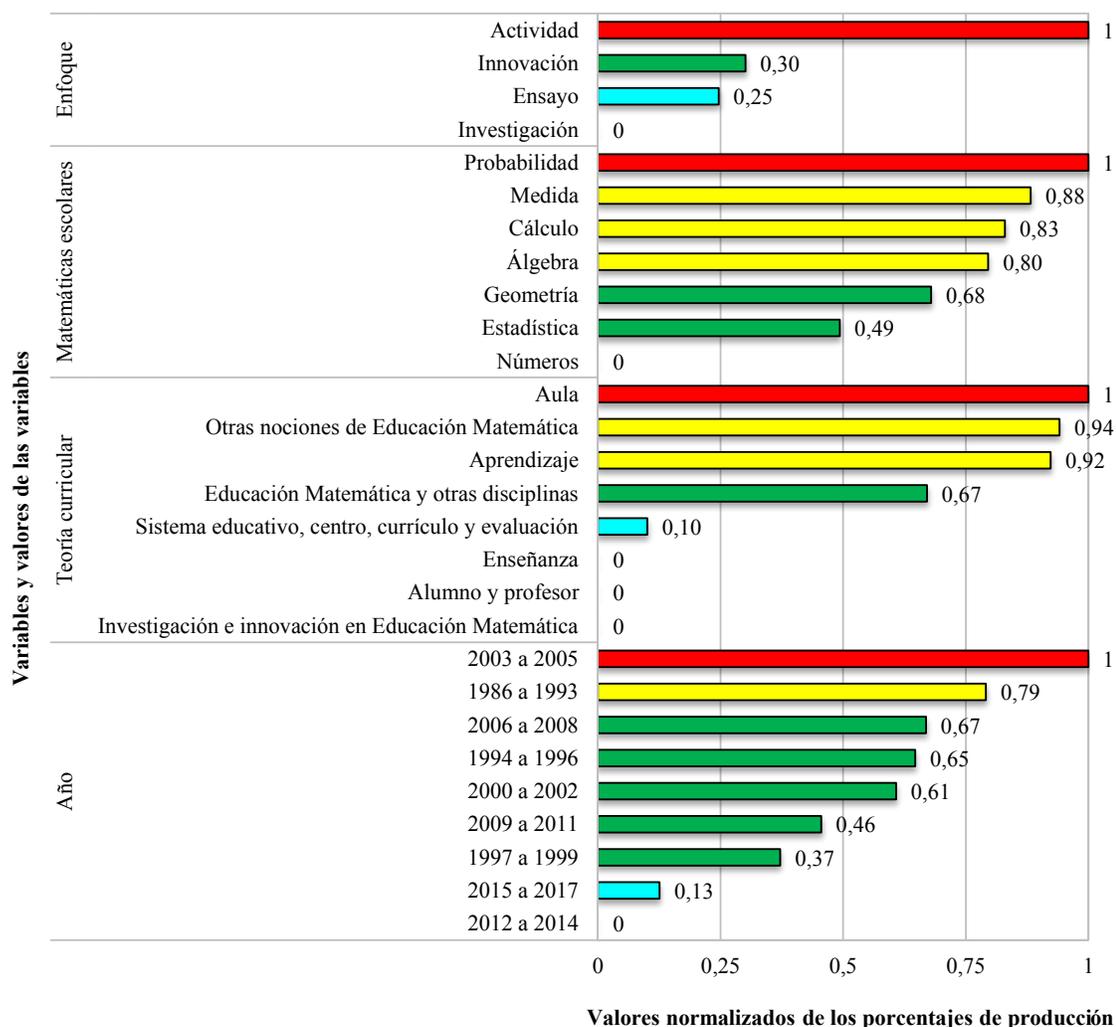


Figura 7 - Niveles de producción documental en educación media en comparación con otros niveles educativos
Fuente: elaborada por los autores.

Como resultado de la comparación de los porcentajes de producción entre los diferentes niveles educativos en la variable currículo, concluimos que la educación media se distingue de los otros niveles por tener el mayor porcentaje de documentos relacionados con aula y uno de los mayores porcentajes de producción en temas de aprendizaje y otras nociones de Educación Matemática. También, se distingue por tener el menor porcentaje en temas de enseñanza, investigación e innovación en Educación Matemática, y alumno y profesor. El valor que reúne los temas sistema educativo, centro educativo, currículo y evaluación tiene uno de los menores porcentajes.

Finalmente, identificamos que los intervalos de años en los que la producción en educación media se distingue de los otros niveles educativos son los siguientes: [2003, 2005] (mayor porcentaje), [1986, 1993] (entre los mayores porcentajes), [2012, 2014] (menor porcentaje) y [2015, 2017] (entre los menores porcentajes).



6 Conclusiones

Para analizar la producción documental asociada a educación media, realizamos un muestreo no probabilístico de documentos de acceso abierto producidos por la comunidad de habla hispana en Educación Matemática e hicimos el análisis de su contenido desde una aproximación semántica.

Encontramos que, en su mayoría, los documentos relacionados con educación media y todos los niveles educativos están asociados con investigaciones y hay un bajo porcentaje de trabajos que aborda diseños curriculares de actividades o cursos. La naturaleza de las fuentes de información puede explicar estos resultados, pues trabajamos, por ejemplo, con un número considerable de memorias eventos en Educación Matemática y de artículos publicados en revistas cuyo interés principal está en la investigación (p. ej., el simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática y la Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa – RELIME).

Los documentos que tratan cuestiones de educación media se centran en geometría y álgebra; específicamente en trigonometría y funciones. El énfasis en geometría puede estar relacionado con que hay una fuente de información que es específica a este tema: el Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones.

La categoría otras nociones de Educación Matemática, que se destaca en la variable currículo, trata con mayor énfasis sistemas de representación y resolución de problemas. Los otros temas asociados al currículo que sobresalen son aprendizaje, aula y enseñanza. Estos resultados ponen de manifiesto que el aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas, la resolución de problemas, el uso de recursos tecnológicos en las prácticas de aula y la formación de profesores son temas de atención en la comunidad de habla hispana en Educación Matemática en relación con la educación media.

Los procedimientos de normalización y cruces de variables nos permitieron establecer los valores de las variables en los que la producción documental en educación media se distingue de los otros niveles educativos por tener el mayor, uno de los mayores, uno de los menores o el menor porcentaje de publicación. Al respecto, vemos que, en este nivel educativo, se produjo la mayor cantidad de actividades de clase.

En cuanto a los temas de las matemáticas escolares, el tema más tratado fue probabilidad. Este resultado puede ser consecuencia de que el Encuentro Colombiano de Educación Estocástica es una de las fuentes de información de este estudio.

En la educación media, también constatamos el interés, por parte de investigadores y



educadores matemáticos, por abordar los temas de cálculo, medida y álgebra, todos estos asociados a trigonometría y álgebra de funciones. Las cuestiones relacionadas con aula fueron tratadas, en mayor medida, en la educación media, en comparación con los otros niveles educativos. Entre los aspectos de interés sobre cuestiones relacionadas con el aula, se destaca el uso de recursos didácticos, específicamente, de recursos informáticos.

El intervalo de tiempo en el que se han publicado más documentos de educación media que de otros niveles es [2003, 2005]. Esta situación puede estar relacionada con el hecho de que, especialmente en el año 2003, se desarrollaron varios eventos que generaron gran cantidad de publicaciones.

El estudio que presentamos se destaca de otros estudios documentales realizados en Educación Matemática porque posibilita la identificación de patrones de producción de la disciplina asociados al contenido de la documentación, más allá de indicar quiénes producen para establecer redes de colaboración. En este trabajo, profundizamos en el contenido de los documentos. Determinamos qué temas de las matemáticas escolares y del currículo se tratan en educación media de acuerdo con los fenómenos y problemas que se abordan en los documentos, y proporcionamos información relacionada con la población que se estudia y los años de publicación.

Si bien los resultados se enfocaron en los valores de las variables en los que la educación media se destaca por tener porcentajes altos de publicación en comparación con los otros niveles educativos, identificamos algunos temas de la teoría curricular que se han tratado en menor medida. Estos temas son enseñanza, alumno y profesor. Consideramos valioso que la comunidad en Educación Matemática los vea como oportunidades de trabajo.

Una de las limitaciones de este estudio es que parte de una muestra por conveniencia, por lo que no podríamos asegurar la representatividad de los resultados para la población de toda la publicación documental de la comunidad iberoamericana de Educación Matemática de habla hispana. No obstante, consideramos que los resultados son representativos de aquellos encuentros, revistas e investigadores, reconocidos y con impacto regional e internacional, que están dispuestos a dar libre acceso a sus publicaciones. Como una oportunidad para futuras investigaciones, consideramos valioso realizar el mismo estudio con una muestra que sea representativa de toda la producción de la comunidad iberoamericana.

Reconocemos la posibilidad de realizar análisis complementarios que permitan explicar algunos de los resultados obtenidos, como describimos a continuación. Proponemos un modelo sistemático para el análisis comparativo de variables categóricas que permite establecer valores de las variables en los cuales un nivel educativo se distingue de los otros. Este tipo de análisis



se puede realizar con valores más específicos de las variables de este estudio y hacer otros cruces entre ellas. Por ejemplo, en la variable currículo, es posible analizar subvalores asociados al valor aula como gestión del aula, recursos didácticos y relaciones interpersonales. A su vez, el valor otras nociones de Educación Matemática, se puede estudiar con los subvalores evolución histórica de conceptos, fenomenología didáctica, fines, resolución de problemas y sistemas de representación.

Con los procedimientos empleados en este estudio, que permitieron distinguir un nivel educativo de los otros, es viable establecer el nivel de producción en Educación Matemática de temas específicos de las matemáticas escolares o de la teoría curricular y relacionarlos con las otras variables. Por ejemplo, si es de interés analizar la producción en un tema como geometría, se puede definir una variable denominada tema cuyos valores sean formas geométricas, geometría analítica, geometría en tres dimensiones, geometría euclídea, geometría vectorial, relaciones geométricas, teoremas, topología básica, transformaciones geométricas y trigonometría. De este modo, es posible realizar cruces de variables y procedimientos de normalización para establecer el comportamiento de cada valor de la variable tema de geometría en los valores de las variables enfoque, nivel educativo y currículo (CASTRO; GÓMEZ; CAÑADAS, sometido 2017).

Las características de las fuentes de información permiten hacer otras indagaciones bibliométricas a partir de índices de citación y autoría. Adicionalmente, el análisis del contenido de la producción documental en Educación Matemática es una oportunidad para comparar diferentes fuentes de información (revistas, eventos, avances de investigación, etc.) por país o año, y profundizar en el reconocimiento de los patrones de productividad científica de esta disciplina.

Este estudio, además de proporcionar información que permite caracterizar la producción documental de acceso abierto en la comunidad de Educación Matemática de habla hispana para la educación media, hace un aporte a la comunidad de investigadores en relación con el análisis del contenido de la producción bibliográfica en Educación Matemática, en general, y su aproximación a este a partir de descriptores específicos de la disciplina: proporciona información sobre sus focos de interés en periodos de tiempo específicos.

Agradecimientos

Este estudio se realizó con el apoyo del Fondo Francisco José de Caldas (Colciencias, Colombia), en el marco del programa de investigación 54242 —convocatoria 731 de 2015—.



Referencias

- BRACHO, R. **Visualización de la investigación en Educación Matemática en España**. Análisis bibliométrico y conceptual de la producción de artículos científicos (2003-2008). Didáctica de la Matemática, Universidad de Córdoba, Córdoba, 2010.
- BRACHO, R., et al. Tendencias Temáticas de la Investigación en Educación Matemática en España. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, Brasil, v.28, p. 1077-1094, 2014.
- BRACHO-LÓPEZ, R., et al. La investigación en Educación Matemática a través de las publicaciones científicas españolas. **Revista española de Documentación Científica**, España, v.35, n.2, p. 262-280, 2012.
- CALLON, M.; COURTIAL, J. P.; PENAN, H. C. **Cienciometría**. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica. Gijón, España: Ediciones TREA, 1995
- CASTRO, P.; GÓMEZ, P.; CAÑADAS, M. C. Caracterización del Encuentro de geometría y sus aplicaciones de Colombia: un estudio bibliométrico descriptivo. **Biblios**, Estados Unidos, sometido, 2017.
- COLLE, R. ANATEX: Software de análisis de concurrencias. **Esc. de Periodismo PUC y Secico**, Santiago, Chile, 1988.
- FERNÁNDEZ-CANO, A.; BUENO-SÁNCHEZ, A. Síntesis de estudios bibliométricos españoles en educación. Una dimensión evaluativa. **Revista española de documentación científica**, España, v. 21, n. 3, p. 269 - 285, 1998.
- FIZ KALRUHE. **MathEduc Database**, Alemania, 2010. Disponible en: <<http://www.zentralblatt-math.org/matheduc/classification/>>. Acceso: 5 sep. 2016.
- GÓMEZ, P.; CAÑADAS, M. C. Development of a taxonomy for key terms in mathematics education and its use in a digital repository. **Library Philosophy and Practice (e-journal)**, Estados Unidos, 2013. Disponible en: <<http://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/903/>>. Acceso: 15 feb. 2017.
- GÓMEZ, P., et al. Análisis temático de la investigación en Educación Matemática en España a través de los simposios de la SEIEM. En: M. Marín, G. Fernández, et al (Ed.). **Investigación en Educación Matemática XV**. Ciudad Real: SEIEM, 2011. p. 371 - 382.
- GROOTENBOER, P.; ZEVENBERGEN, R.; CHINNAPPAN, M. (Ed.). Identities, cultures and learning spaces. En: ANNUAL CONFERENCE OF THE MATHEMATICS EDUCATION RESEARCH GROUP OF AUSTRALASIA, 29, 2006, Camberra, Australia. **Actas...** Adelaide SA: MERGA, v. 2, 2006. p. 612 - 615.
- JIMÉNEZ, N., et al. Producción científica internacional en Educación Matemática en SSCI y SCOPUS (1980-2009): Construcción de descriptores. In: J. L. Lupiáñez, M. C. Cañadas, et al (Ed.). **Investigaciones en Pensamiento Numérico y Algebraico e Historia de la Matemática y Educación Matemática - 2011**. Granada: Dpto. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, 2011. Producción científica internacional en Educación Matemática en SSCI y SCOPUS (1980-2009): Construcción de descriptores, p. 325-335.
- JIMÉNEZ-FANJUL, N.; MAZ-MACHADOR, A.; BRACHO-LÓPEZ, R. Quiénes son y qué citan los autores españoles de educación matemática en el Social Science Citation Index. **Epsilon**, España, v. 30, n. 3, p. 55-68, 2013.



KERLINGER, F. N.; LEE, H. B. **Investigación del comportamiento**. México: McGraw-Hill, 2002

MAYRING, P. Qualitative content analysis: theoretical background and procedures. En: A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping et al (Ed.). **Approaches to qualitative research in mathematics education. Examples of methodology and methods**. Dordrecht, Holanda: Springer, 2015. Qualitative content analysis: theoretical background and procedures, p. 365-380.

MAZ, A., et al. Los Simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática: Una revisión bibliométrica. In **Investigación en educación matemática XIII**: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM, 2009. p. 323-332.

MAZ-MACHADO, A., et al. La investigación en Educación Matemática en España: los simposios de la SEIEM. **PNA**, España, v. 5, n. 4, p. 163-185, 2011.

MAZ-MACHADO, A., et al. Redes académicas generadas por las tesis doctorales de educación matemática en España. **Revista de Investigación Educativa**, España, v. 30, n. 2, p. 271-286, 2012.

MULLIS, I. V. S., et al. **TIMSS 2007 Assessment Frameworks**. Chestnut Hill, Estados Unidos: Boston College, 2005

ORTIZ, J. J. La educación estadística en los Simposios de la SEIEM (1997-2009). In **Investigación en Educación Matemática XIV**: Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM, 2010. p. 475-486.

RICO, L., Ed. Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria. Madrid, España: Síntesis, 1997

SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. **Mathematics education as a research domain**: A search for identity. Dordrecht: Kluwer, 1998

SPARROW, L.; KISSANEC, B.; HURST, C., Ed. Shaping the future of mathematics education. Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia, 33. Adelaide SA: MERGA, 2010

TATTO, T., et al. **IEA teacher education study in mathematics (TEDS-M)**. Conceptual framework. East Lansing, Estados Unidos: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University, 2006

TORRALBO, M., *et al.* Tesis doctorales españolas en Educación Matemática. **Enseñanza de las Ciencias**, España, v. 21, n. 2, p. 295-305, 2003.

VALLEJO RUIZ, M. **Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002)**. Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada, Granada, 2005.

VERDEJO, M. J. **Análisis de los estudios métricos de la información publicados en revistas españolas de documentación (2005-2009)**. (Grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2011.

**Submetido em 25 de Junho de 2018.
Aprovado em 21 de Janeiro de 2019.**

ARTÍCULO 5

TENDENCIAS DE ESTUDIO EN GEOMETRÍA: EL CASO DEL ENCUENTRO DE GEOMETRÍA Y SUS APLICACIONES

Paola Castro, Pedro Gómez y María C. Cañadas

Artículo sometido a
Revista Educación Matemática

<https://www.revista-educacion-matematica.org.mx/>

ARTÍCULO 6

DOCUMENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN EN UNA DISCIPLINA ACADÉMICA: COMPARACIÓN DE DOS COMUNIDADES

Paola Castro, Pedro Gómez y María C. Cañadas

Artículo sometido a
Perspectivas em Ciência da Informação

<http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci>

ARTÍCULO 7

COMUNIDAD COLOMBIANA DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA: UNA CARACTERIZACIÓN DOCUMENTAL

Paola Castro, Pedro Gómez, Sileni-Marcela Carranza y María C. Cañadas

Artículo publicado en
BOLEMA – Boletín de Educación Matemática

<https://www.scielo.br/revistas/bolema/eaboutj.htm>



Comunidad Colombiana de Educación Matemática: una caracterización documental

Colombian Community of Mathematics Education: a documentary characterization

Paola Castro*

 ORCID iD 0000-0002-3333-2461

Pedro Gómez**

 ORCID iD 0000-0001-9929-4675

Sileni-Marcela Carranza***

 ORCID iD 0000-0002-5477-9078

María C. Cañadas****

 ORCID iD 0000-0001-5703-2335

Resumen

Caracterizamos la comunidad colombiana de Educación Matemática desde su documentación de acceso abierto. Analizamos del contenido de 3475 documentos publicados entre 1983 y 2017, con una aproximación semántica, desde una taxonomía específica para la Educación Matemática. Describimos el comportamiento diacrónico de la documentación y establecemos la especialidad temática, la evolución en el tiempo de los contenidos a través de los conjuntos de variables nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas, y la asociación entre estos conjuntos. Los resultados ratifican que la Educación Matemática en Colombia es un frente de estudio. Los focos de interés de la comunidad son los niveles educativos pregrado y media, las nociones pedagógicas aprendizaje, aula y enseñanza, y los temas de matemáticas geometría, álgebra y números. Este estudio deja abierta la discusión respecto al papel de la investigación y la innovación en la consolidación de la Educación Matemática como disciplina.

Palabras clave: Análisis documental. Bibliometría. Comunidad. Indexación de materias. Educación matemática.

* Candidata a Doctora en Educación, Universidad de los Andes. Gestora académica, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Dirección postal: Calle 18A #0-19 Este, 111711, Bogotá, Colombia. E-mail: dp.castro116@uniandes.edu.co.

** Doctor en Matemáticas, Universidad de Granada (UGR). Profesor visitante, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia. Dirección postal: Calle 18A #0-19 Este, 111711, Bogotá, Colombia. E-mail: argeifontes@gmail.com.

*** Licenciada en Matemáticas, Universidad Pedagógica Nacional (UPN). Docente, Gimnasio Bilingüe Obregón, Bogotá, Colombia. Dirección postal: Calle 62 A Sur No. 67-08, 111911, Bogotá, Colombia. E-mail: sileni.carranza@hotmail.com.

**** Doctora en Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada (UGR). Profesora titular, Universidad de Granada, Granada, España. Dirección postal: Campus Universitario de la Cartuja, s/n, 18071, Granada, España. E-mail: mconsu@ugr.es.



Abstract

We characterize the Colombian research and innovation community in Mathematics Education from its open access documentary production. We analyzed the content of 3475 documents published by this community between 1983 and 2017, with a semantic approach, from a taxonomy of key terms specific to Mathematics Education. We analyzed the diachronic behavior of the documentation and established the thematic specialty, the evolution of the content over time through the sets of variables such as educational level, pedagogical notions, and mathematics topics, and the association between these sets. The results confirm that Mathematics Education in Colombia is a study front. The focal points of interest for the community are the undergraduate and secondary educational levels, the pedagogical notions of learning, classroom and teaching, and the topics of geometry, algebra, and numbers. This study leaves an open discussion regarding the role of research and innovation in the consolidation of Mathematics Education as a discipline.

Keywords: Document analysis. Bibliometrics. Community. Subject index terms. Mathematics Education.

1 Introducción

Desde una aproximación social a la definición de disciplina, podemos afirmar que la Educación Matemática se ha consolidado como disciplina científica en Colombia. Una disciplina surge cuando existe una comunidad con un foco de interés, un lenguaje y un propósito común (ERNEST, 1998). En Colombia, la Educación Matemática ha llegado a ser investigada y enseñada de manera importante. Como resultado de esto, se identifican publicaciones académicas específicas y se desarrollan encuentros de carácter internacional, nacional y regional en torno a ella. Se percibe un crecimiento importante de la producción documental en esta disciplina como resultado de la consolidación de una comunidad de investigadores y educadores matemáticos, por lo que resulta relevante hacer un balance de esta producción respecto a sus focos de interés.

Hasta el momento, en Colombia se han realizado algunos estudios relacionados con eventos académicos (por ejemplo, CASTRO; GÓMEZ, 2017; BONILLA; OBANDO, 2018), pero no se identifican investigaciones que den cuenta del comportamiento de la globalidad de la producción en Educación Matemática en el país, ni de los énfasis de trabajo de la comunidad. Su documentación es diversa y se difunde en diferentes medios. Por ello, resulta relevante analizar la variedad de trabajos de acceso abierto, tanto de investigación como de innovación curricular, porque, en una disciplina educativa, el conocimiento que surge de la investigación y de la innovación debe articularse. Debe promoverse, por un lado, el uso de la investigación y, por otro, el reconocimiento del saber práctico (MUÑOZ-REPISO, 2010). Es importante hacer un análisis de qué se ha hecho y qué no en ambos ámbitos, para poder profundizar en el conocimiento existente o para iniciar nuevas líneas de estudio.



Para reafirmar el estatus científico de la Educación Matemática en una comunidad y detectar sus focos de interés, se debe partir de la diversidad de su documentación (BRACHO et al., 2014). Identificar los focos de interés de la comunidad proporciona información sobre su estado actual en relación con los fenómenos y problemas que aborda.

En Educación Matemática, se identifica una cantidad importante de estudios documentales que sus autores presentan como bibliométricos o cuantitativos. La mayoría de estos trabajos se han desarrollado en España. Su énfasis ha estado en los indicadores de productividad e impacto (por ejemplo, VALLEJO-RUIZ et al., 2006; MAZ et al., 2009). Pocos estudios abordan el análisis de la documentación a partir de un marco teórico específico de la Educación Matemática (GÓMEZ et al., 2011; BRACHO et al., 2014; MAZ-MACHADO et al., 2015).

Caracterizar la comunidad colombiana de Educación Matemática implica analizar su comportamiento diacrónico e identificar sus focos de interés. Describir la producción documental de una disciplina como esta supone estudiar la diversidad de sus documentos e identificar los fenómenos que aborda la comunidad. Es conveniente partir de categorías deductivas – establecidas desde enfoques teóricos propios de la disciplina y fundamentadas en ellos – para identificar los temas tratados en los documentos. Estas categorías, aunque se plantean antes del análisis de la información, permiten identificar los temas tratados a partir de un esquema de normalización en la asignación de los descriptores que los distinguen. Las categorías son la base para organizar la documentación que se estudia.

Caracterizamos la comunidad colombiana de Educación Matemática a partir del análisis del contenido de la documentación de acceso abierto que fue producida entre 1983 y 2017. Los documentos que conforman la muestra fueron difundidos de manera abierta o compartidos con el equipo investigador por asociaciones, revistas y autores colombianos de manera autónoma.

2 Marco conceptual

Estructuramos el marco conceptual en tres partes: (a) la relación entre comunidad y disciplina, (b) las generalidades de la cuantimetría que son relevantes en este estudio y (c) la presentación de una propuesta de taxonomía de términos específicos de la Educación Matemática de la que surgen las variables de interés.



2.1 Comunidad y disciplina

Desde el enfoque sociológico, la Educación Matemática es una disciplina que está consolidada en y por una comunidad, académica y de práctica, con espacios propios de comunicación y de difusión (ROMBERG, 1992; ERNEST, 1998). Además de contar con programas de formación específicos, en ella, se identifican agremiaciones que lideran reuniones periódicas (congresos, coloquios, jornadas, encuentros etc.) y publicaciones especializadas. En la comunidad colombiana de Educación Matemática, se emplean diversos medios de divulgación de sus resultados (WALDEGG, 1998). Así, se publican artículos y libros que resultan de investigaciones, se produce documentación que surge de encuentros periódicos de investigadores y educadores (memorias y presentaciones), documentación no publicada de grupos de investigación o autores, trabajos de grado de licenciaturas y tesis de posgrados, y actividades de enseñanza, entre otros. Por lo tanto, proporcionar información de la documentación en relación con las tendencias temáticas y su comportamiento en el tiempo permite caracterizar la comunidad a partir de los fenómenos y problemas que aborda.

2.2 Cienciometría

La cienciometría se define como la ciencia que permite cuantificar actividades científicas en una disciplina (MACÍAS-CHAPULA, 2001). Esta ciencia se interesa por el crecimiento cuantitativo de la actividad científica, la productividad de los investigadores y, en general, por su desarrollo (SPINAK, 1996). Incluye el análisis de factores que pueden ser concluyentes en el desarrollo de la actividad científica de la disciplina (PÉREZ-ANGÓN, 2006), pues proporciona información sobre la cantidad de investigadores, las fuentes de financiación, la distribución por especialidad (asociada al contenido), la distribución geográfica y su productividad diacrónica. La cienciometría emplea procedimientos matemáticos y análisis estadísticos para investigar las características de la investigación científica (ARENCEBIA; DE MOYA, 2008). Por tanto, puede verse como una posibilidad para evaluar la producción científica que ofrece una visión panorámica y cuantificada de esta producción en un contexto, un tiempo y un campo científico (MEDINA, 2005).

Las leyes cienciométricas actúan como criterios normativos que describen el comportamiento de los procesos de producción científica (MILLÁN et al., 2018). Estas leyes nos permiten identificar comportamientos estadísticamente regulares en el tiempo en relación con la producción y el consumo de la información científica (ARDANUY, 2012).



La ley de crecimiento exponencial se concibe como una regla fundamental para cualquier análisis de la ciencia (PRICE, 1973). El crecimiento de la ciencia tiene un comportamiento exponencial, de modo que la tasa de crecimiento es proporcional al tamaño de la población o magnitud total adquirida. De acuerdo con la ley de Price, la evolución de cada disciplina se da en las siguientes etapas: precursores, crecimiento exponencial y crecimiento lineal (ARDANUY, 2012). En la etapa de precursores, se dan las primeras publicaciones de la disciplina. En la etapa de crecimiento exponencial, la disciplina se convierte en un frente de estudio. En la etapa de crecimiento lineal, el crecimiento de la producción se desacelera.

La bibliometría estudia la ciencia a partir de las fuentes bibliográficas, con el propósito de identificar sus autores, sus relaciones y sus tendencias (SPINAK, 2001). Además, la bibliometría considera los elementos representativos de la documentación, tales como autores, título de la publicación, tipo de documento, idioma, resumen y palabras claves (SOLANO et al., 2009). Aunque los artículos de investigación son materia prima principal en la aproximación bibliométrica al estudio de la ciencia, esto no implica que se dejen de lado otros documentos que merecen ser analizados (CALLON et al., 1995), como comunicaciones a congresos u otras reuniones científicas, libros, monografías, tesis, memorias, curso o seminarios.

Los indicadores bibliométricos son los datos numéricos con los que se busca representar fenómenos sociales de la actividad científica a partir de la comunicación escrita de una disciplina (LÓPEZ-PIÑERO; TERRADA-FERRANDIS, 1992). Estos indicadores permiten evaluar, determinar e informar sobre los resultados del crecimiento en el proceso investigativo en cualquier campo de la ciencia (ESCORCIA, 2008). Los indicadores bibliométricos pueden ser de publicación y citación, de actividad (producción, visibilidad e impacto, y colaboración), de especialización temática y de calidad, impacto y asociaciones temáticas. En este estudio, usamos los siguientes indicadores de producción: productividad diacrónica, evolución diacrónica de los contenidos, índice de especialización temática y de asociaciones temáticas.

La productividad diacrónica evidencia el dinamismo de una disciplina en el tiempo. Su análisis permite verificar si la evolución de la disciplina responde a la ley del crecimiento de la investigación y en qué etapa se ubica (PRICE, 1973). Los indicadores que permiten ahondar en los contenidos y especialización temática de una disciplina se asocian al análisis del contenido, en especial si se hace desde una clasificación de términos específicos. El análisis de contenido es una técnica que permite formular, a partir de ciertos datos, inferencias válidas que puedan aplicarse a su contexto (KRIPPENDORFF, 1990). La lectura y la organización de los datos se puede desarrollar a partir de unas categorías que estén relacionadas con bloques temáticos o materias que se encuentran en tesauros estandarizados, o que surgen de clasificaciones del área



objeto de estudio (FERNÁNDEZ-CANO; BUENO-SÁNCHEZ, 1998). Además de establecer la especialización temática, es posible identificar si hay asociaciones entre los temas tratados en la documentación (SANCHO, 1990).

2.3 Términos específicos en Educación Matemática

Para este estudio, seleccionamos la taxonomía de términos clave, específica a la Educación Matemática, propuesta por Gómez y Cañadas (2013). Esta taxonomía está basada en un estándar para la construcción, formato y gestión de vocabularios controlados (NISO, 2005). Tras evaluar los tesauros de la UNESCO y ERIC, que resultaron limitados para la Educación Matemática, los autores construyeron su propia taxonomía de términos clave basados en *MathEduc* (FIZ KARLSRUHE, 2010), de modo que todo término clave de esa base de datos tuviera un término equivalente en su propuesta. Gómez y Cañadas (2013) definen un conjunto de categorías que reúnen los términos clave de la Educación Matemática.

La categoría asociada al nivel educativo se centra en el tipo de formación que trata el documento: educación infantil, educación primaria, educación secundaria, educación media, título de grado universitario, estudios de posgrado, formación profesional, educación de adultos, todos los niveles educativos, otro nivel educativo y ningún nivel educativo.

La taxonomía se basa en un marco conceptual específico de la Educación Matemática y en un enfoque curricular que aborda cuatro cuestiones centrales: el conocimiento a enseñar, el aprendizaje, los métodos de enseñanza y la valoración de los aprendizajes realizados. A partir de esta teoría, los autores proponen la categoría de teoría curricular que contiene términos clave asociados con sistema educativo, centro educativo, aula, alumno, profesor, aprendizaje, enseñanza, evaluación y currículo. Los autores incluyen otros términos clave en esta categoría: otras nociones en Educación Matemática, Educación Matemática y otras disciplinas, e investigación e innovación en Educación Matemática. Por la diversidad en la naturaleza de los términos de la categoría de teoría curricular, nos referimos a ellos como nociones pedagógicas.

Los autores diferencian las matemáticas escolares de las matemáticas superiores. La categoría de matemáticas escolares incluye los contenidos de cálculo, estadística, geometría, medida, números, probabilidad, álgebra y otros temas de matemáticas escolares. La categoría de matemáticas superiores incluye contenidos de álgebra, análisis, combinatoria, cálculo, ecuaciones diferenciales, estadística, geometría, lógica matemática, matemática discreta, probabilidad, teoría de conjuntos, teoría de grafos, teoría de la medida, teoría de números, topología y otros temas de matemáticas superiores.



Con base en las categorías de la taxonomía descrita previamente, realizamos el análisis del contenido de la documentación producida por la comunidad colombiana de Educación Matemática. Establecemos sus características en términos de los niveles educativos, las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas que aborda en su producción documental.

3 Objetivos

El objetivo del estudio es caracterizar la comunidad colombiana de Educación Matemática desde su documentación de acceso abierto producida entre 1983 y 2017. Para su consecución, definimos los siguientes objetivos específicos.

- Establecer el comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos.
- Determinar la medida en la que se tratan los niveles educativos, las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas.
- Describir la evolución diacrónica de los contenidos de la documentación, en términos de nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas.
- Establecer si existe asociación entre las categorías nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas.

4 Método

Este estudio es un estudio de caso, documental de tipo descriptivo y cuantitativo. Seguidamente, presentamos las fuentes de información y los procedimientos.

4.1 Fuentes de información

La población del estudio es la producción documental digital de acceso abierto de la comunidad de Educación Matemática, que es divulgada a través de diversos canales de difusión colombianos como revistas, eventos y repositorios institucionales. En este estudio, analizamos todos los documentos que pudimos obtener de las fuentes que componen la población. Por consiguiente, contamos con la documentación de la población para la que no se restringe el acceso. La muestra corresponde a 3475 documentos, publicados de manera digital entre 1983 y 2017. No encontramos documentación en formato digital que fuera publicada antes de 1983.



El proceso de búsqueda de la documentación fue sistemático, inició en 2014 y terminó en 2018. Buscamos e identificamos universidades y asociaciones de investigadores y educadores que desarrollan trabajos en Educación Matemática en Colombia. Accedimos a la documentación de Educación Matemática que es difundida de manera abierta en páginas *web* de eventos académicos y revistas, y en repositorios institucionales de universidades, grupos de investigación e instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Adicionalmente, contactamos con las personas responsables de gestionar eventos y publicaciones en el país, cuya documentación no está disponible en la *web*, con el propósito de obtener su autorización expresa para acceder a sus documentos.

Los documentos de Educación Matemática que fueron analizados corresponden a memorias de veinte eventos de docentes e investigadores liderados por agremiaciones que difundieron su documentación de manera abierta, o que manifestaron su autorización para que accediéramos a ella. Algunos de estos eventos son el Encuentro Colombiano de Matemática Educativa, el Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones de Colombia, el Encuentro Nacional de Educación Matemática y Estadística, y el Coloquio Regional de Matemáticas y Simposio de Estadística. Así mismo, tomamos artículos de 24 revistas editadas en Colombia que han publicado trabajos de investigación e innovación curricular en Educación Matemática. De estas revistas, cuatro son específicas en la disciplina (Revista EMA, Revista Ejes, Revista Latinoamericana de Etnomatemática y Revista Colombiana de Matemática Educativa).

Accedimos a trabajos de grado de licenciatura y tesis de posgrados (especialización, maestría y doctorado) en Educación Matemática difundidos en repositorios institucionales de doce universidades públicas y privadas. Otros documentos corresponden a libros, capítulos de libros y avances de trabajos o resultados de investigación compartidos por investigadores y educadores matemáticos de manera autónoma.

En la muestra, contamos con documentación producida por autores no colombianos, que fue divulgada en canales de difusión propios de la comunidad colombiana de Educación Matemática. No descartamos las publicaciones de autores colombianos en contextos internacionales; sin embargo, no las incluimos en el proceso de búsqueda. No obstante, algunos de estos autores compartieron sin restricciones con el equipo investigador las contribuciones que no fueron publicadas en revistas del país.

Aunque el muestreo no es probabilístico, respaldamos su representatividad debido al proceso de búsqueda de las fuentes de información y a la diversidad de los documentos que se encuentran en ella. Incluimos actas de eventos, comunicaciones, conferencias, talleres, artículos de revistas, libros y capítulos de libros, trabajos de grado y tesis, y recursos de enseñanza. En



la Tabla 1, mostramos la cantidad de documentos analizados de acuerdo con su tipo y la proporción a la que corresponde esta cantidad según el tamaño de la muestra.

Tabla 1 – Distribución de documentos por tipo

Tipo de documento	Cantidad	Proporción
Acta de evento	1396	40,2%
Artículo	791	22,8%
Capítulo de libro	455	13,1%
Tesis de posgrado	270	7,8%
Conferencia o comunicación	254	7,3%
Trabajo de grado de licenciatura	211	6,1%
Documento no publicado	52	1,5%
Libro	41	1,2%

Fuente: elaborada por los autores

4.2 Variables

Definimos los conjuntos de variables del estudio de acuerdo con las categorías de la taxonomía que describimos en el marco conceptual. Los conjuntos de variables son nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas.

En primer lugar, adaptamos las etiquetas de la taxonomía (GÓMEZ; CAÑADAS, 2013) que se refieren al nivel educativo de acuerdo con el contexto colombiano. Adoptamos las etiquetas del contexto colombiano como las variables del conjunto nivel educativo de este estudio (Cuadro 1).

Taxonomía (GÓMEZ; CAÑADAS, 2013)	Contexto colombiano (variables)
Educación infantil (0 a 6 años)	Preescolar
Educación primaria (7 a 12 años)	Primaria
Educación secundaria (13 a 16 años)	Secundaria
Educación media (17 y 18 años)	Educación media
Educación de adultos	Educación de adultos
Formación profesional	Formación continua/técnica
Título de grado universitario	Pregrado
Estudios de posgrado	Posgrado
Todos los niveles educativos	Todos los niveles (en general)
Otro nivel educativo	Otro nivel educativo
Ningún nivel educativo	Ningún nivel educativo

Cuadro 1 – Variables de nivel educativo

Fuente: elaborado por los autores

En cuanto a las nociones pedagógicas, agregamos los términos análisis de contenido y resolución de problemas debido a la importancia que se percibe de ellos en la documentación. Por tanto, el conjunto nociones pedagógicas está configurado por las siguientes variables: sistema educativo, centro educativo, aula, alumno, profesor, aprendizaje, enseñanza, evaluación, gestión curricular, análisis de contenido (historia de los contenidos, sistemas de representación y fenomenología), resolución de problemas, otras disciplinas, metodología de investigación y otras nociones. Pese a que la variable *metodología de investigación* no debería



ser concebida como una noción pedagógica, la incluimos en este conjunto de variables con el propósito de verificar, con los resultados del estudio, su relevancia en comparación con otras nociones.

Para aludir a los temas de matemáticas, proponemos siete variables que reúnen los términos de las matemáticas escolares y las matemáticas superiores incluidos en la taxonomía. Incluimos una octava variable denominada cualquier tema. Asociamos esta variable a los documentos que no especifican un contenido matemático, pero que abordan cuestiones que son aplicables a cualquier tema (Cuadro 2).

Variables	Matemáticas escolares	Matemáticas superiores
Álgebra	Álgebra	Álgebra, lógica matemática y teoría de grafos
Cálculo	Cálculo	Análisis, cálculo y ecuaciones diferenciales
Estadística y probabilidad	Estadística y probabilidad	Combinatoria, estadística y probabilidad
Geometría	Geometría	Geometría y topología
Medida	Medida	Teoría de la medida
Números	Números	Teoría de números
Otros temas	Otros temas	Matemática discreta, teoría de conjuntos y otros temas
Cualquier tema		

Fuente: elaborado por los autores

4.3 Procedimientos

Realizamos el análisis del contenido de la documentación con una aproximación semántica con el propósito de codificar los documentos en términos de las variables anteriores. Asignamos las variables que le corresponden a los documentos luego de su lectura, con el detalle necesario para identificar los fenómenos y problemas concretos que abordan. Organizamos los resultados de la codificación en bases de datos. Un documento podía ser codificado en una o más variables de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas. Para los tres conjuntos de variables, hay un éxito si el documento está codificado en una variable (valor 1) y un fracaso, si no lo está (valor 0).

Un equipo de codificadores, con título de grado en Educación Matemática, registró la información bibliográfica de cada documento (título, resumen, autores, año) y determinó su enfoque. Luego, identificó términos clave que describen el contenido del documento, que se corresponden con variables de los conjuntos nivel educativo, nociones curriculares y temas de matemáticas. Una vez realizada la codificación, un revisor de las codificaciones, máster en Educación Matemática, verificó la validez y precisión de la información que se registró para



cada documento. Por último, un segundo revisor, doctor en Educación Matemática, revisó aleatoriamente el trabajo realizado por el revisor de la codificación.

Presentamos, a continuación, los procedimientos que realizamos para analizar los datos de acuerdo con los objetivos de investigación.

4.3.1 Comportamiento diacrónico de la documentación

Con el propósito de establecer el comportamiento diacrónico de la producción documental, utilizamos gráficos de líneas para representar la cantidad de documentos producidos por año. Determinamos el modelo que mejor se ajusta a los datos, de acuerdo con el coeficiente de determinación. De esta forma, verificamos si los documentos de la muestra satisfacen la ley de crecimiento (PRICE, 1973).

4.3.2 Especialización temática

Determinamos la medida en la que se tratan las variables de cada conjunto. Definimos el índice de especialización de cada variable como el cociente entre la cantidad de documentos que trata la variable y el total de documentos de la muestra. Identificamos los focos de interés de la comunidad respecto al indicador bibliométrico de especialización temática en términos de cada variable de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas.

4.3.3 Comportamiento diacrónico de los contenidos

Empleamos gráficos de barras apiladas para identificar el comportamiento diacrónico de los contenidos en cada conjunto de variables. De acuerdo con las proporciones en las que se tratan las diferentes variables, identificamos si los focos de interés de la comunidad han cambiado en el tiempo o si se conservan. Para confirmar si el comportamiento de cada variable en el tiempo evidencia o no alguna tendencia, graficamos la serie temporal correspondiente. Realizamos la prueba de Phillips-Perron (PP) para rechazar o no la hipótesis nula de que cada serie no es estacionaria en media.



4.3.4 Independencia entre conjuntos de variables

Por último, utilizamos tablas de contingencia y realizamos pruebas de independencia para establecer si hay asociación entre las variables de los siguientes pares de conjuntos de variables: (a) nivel educativo y nociones pedagógicas, (b) nivel educativo y temas de matemáticas, y (c) nociones pedagógicas y temas de matemáticas.

5 Resultados

Para dar cumplimiento a los objetivos del estudio, organizamos los resultados en cinco secciones. Primero, analizamos el comportamiento diacrónico de la documentación. Luego, exponemos los índices de especialización temática de la comunidad respecto a las variables de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas. Describimos el comportamiento diacrónico de los contenidos de la documentación en términos de las mismas variables y comprobamos si existe independencia entre los cuatro conjuntos de variables. Por último, presentamos un resumen de los resultados.

5.1 Comportamiento diacrónico de la documentación

De acuerdo con la muestra, representamos en la Figura 1 la cantidad de documentos que fueron producidos entre 1983 y 2017. Buscamos el modelo que mejor relaciona la cantidad de documentos con la variable tiempo, de acuerdo con el coeficiente de determinación. Encontramos que la línea de tendencia que mejor se ajusta es la de tipo exponencial. El coeficiente de determinación de este modelo es $R^2 = 0,9145$, lo que indica que el 91% de la variación en la cantidad de publicaciones se explica por la variación en el tiempo. La cantidad de documentos tiene una tasa de crecimiento de veinte documentos por año.

De acuerdo con la ley de crecimiento (PRICE, 1973), podemos establecer que la Educación Matemática en Colombia se consolida como un frente de estudio debido al crecimiento exponencial de documentación. Entre 1983 y 1994, identificamos un comportamiento que se puede asociar con la etapa de precursores (ARDANUY, 2012). Observamos algunos descensos en la línea de producción documental en los años 2009, 2010 y 2017. En 2009 y 2010 hubo una reducción importante de contribuciones a eventos. En 2013, una revista no especializada en la disciplina produjo una edición especial exclusiva para Educación Matemática. Esto explica la reducción que se dio en 2014 en la cantidad de artículos

publicados. El descenso que se observa en 2017 se explica porque no se realizaron algunos eventos relevantes en la comunidad, como el Encuentro Colombiano de Matemática Educativa.

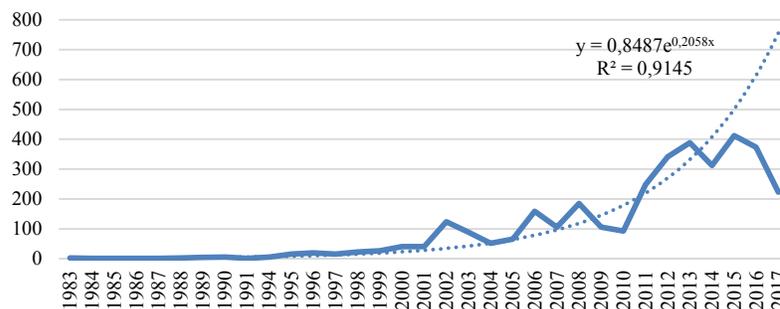


Figura 1 – Comportamiento diacrónico de la documentación
Fuente: elaborada por los autores

5.2 Índice de especialización temática

Presentamos el índice de especialización temática de acuerdo con las variables de los conjuntos de variables del estudio. Definimos el índice de especialización de cada variable como el cociente entre la cantidad de documentos que fue codificado en cada una de las variables y el total de documentos de la muestra.

En la Figura 2, presentamos la organización jerárquica de los niveles educativos de acuerdo con la medida en la que se tratan en la muestra.

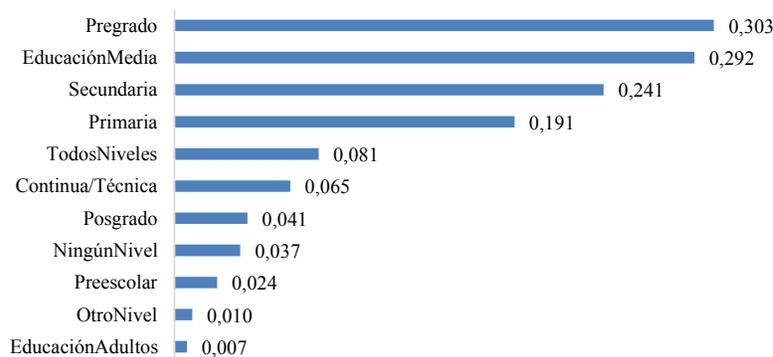


Figura 2 – Índice de especialización temática en nivel educativo
Fuente: elaborada por los autores

Los niveles educativos que más trata la comunidad son pregrado, educación media, secundaria y primaria. Sus índices superan, de manera evidente, los índices que tienen los niveles educativos de preescolar, educación de adultos, formación continua/técnica y posgrado. Resulta importante resaltar el índice tan reducido que tiene la educación inicial (preescolar) en relación con los otros niveles de la educación básica.

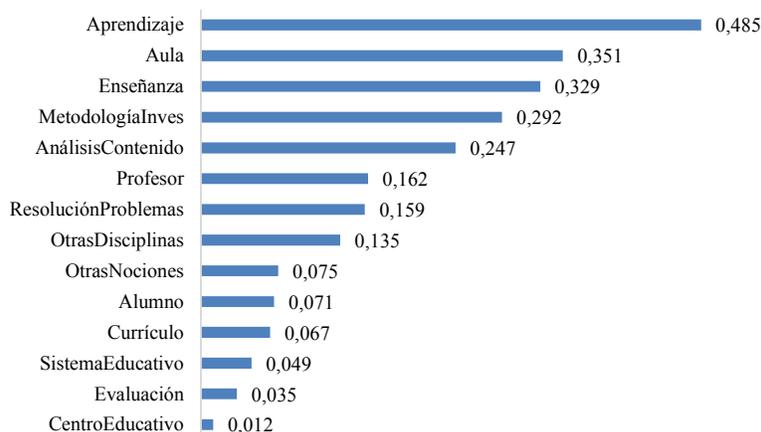


Figura 3 – Índice de especialización temática en nociones pedagógicas
Fuente: elaborada por los autores

Como se aprecia en la Figura 3, la noción pedagógica que más se trata en la comunidad es aprendizaje, seguida de las nociones aula y enseñanza. La noción asociada a metodología de investigación en Educación Matemática está por encima de nociones como alumno, currículo y evaluación. Por ejemplo, el índice de esta última noción es cercano a la octava parte del índice que tiene metodología de investigación y a la mitad del índice de la noción alumno. El análisis de contenido matemático (historia, sistemas de representación y fenomenología) tiene una importancia destacable en la comunidad. Esta noción tiene el quinto mayor índice.

En la muestra, se destaca la cantidad de documentos de la disciplina que trata cuestiones asociadas a cualquier tema de matemáticas. Es en la variable cualquier tema en la que esta comunidad tiene el mayor índice de especialización (Figura 4). El tema de matemáticas con mayor índice es geometría. Le siguen los temas álgebra y números. La medida es el tema menos tratado en la documentación analizada en este estudio.

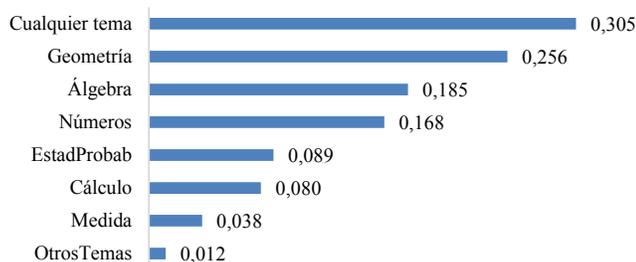


Figura 4 – Índice de especialización temática en temas de matemáticas
Fuente: elaborada por los autores

5.3 Comportamiento diacrónico de los contenidos

En relación con el comportamiento diacrónico de los contenidos, no identificamos grandes variaciones en la medida en la que se tratan las variables de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas. En los diferentes conjuntos de variables, vemos que las especializaciones temáticas que presentamos en la sección anterior se conservan en el tiempo. A partir de 1994, año en el que finaliza la etapa de precursores, se empieza a estabilizar la distribución porcentual de las variables por año. En general, las series temporales correspondientes a cada variable no evidencian una tendencia. Las proporciones de documentos por año oscilan alrededor de la media de documentos producidos entre 1983 y 2017, pero este comportamiento es más evidente desde 1994. Como ejemplo, presentamos en la Figura 5 la serie temporal de la variable aprendizaje.

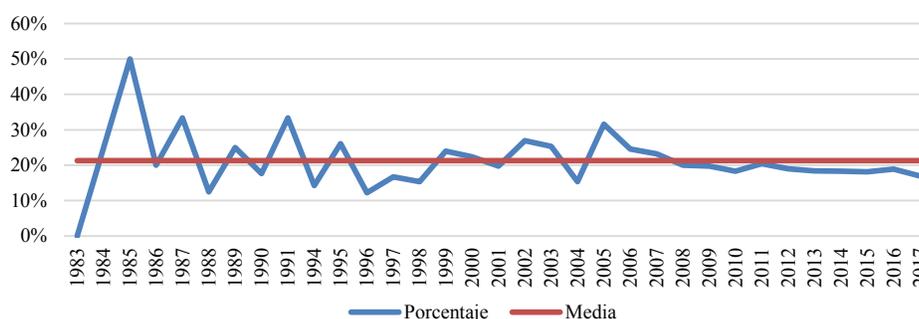


Figura 5 – Serie temporal de la variable aprendizaje
Fuente: elaborada por los autores

Aplicamos la prueba Phillips-Perron (PP) para confirmar que las series temporales correspondientes a cada variable del estudio son estacionarias entre los años 1994 y 2017. Los P-valor obtenidos en las pruebas de hipótesis nos permiten afirmar que existe suficiente evidencia muestral que indica que las series temporales diferentes a centro educativo, alumno, otras nociones pedagógicas y cualquier tema de matemáticas, son estacionarias en media. Para dichas series temporales, los estadísticos de prueba son menores que los valores críticos MacKinnon, por lo que los P-valor fueron mayores a 0,01 ($P = 0,2193, 0,6407, 0,0363$ y $0,0138$, respectivamente).

Para ampliar el análisis del comportamiento diacrónico de los contenidos, en términos de las variables del estudio, describimos algunas características de los conjuntos de variables en el tiempo. En la Figura 6, representamos el comportamiento diacrónico de las variables del conjunto nivel educativo. Los niveles educativos que más se trataron en la documentación entre 1994 y 2017 son pregrado, educación media, secundaria y primaria. Aunque los trabajos

relacionados con preescolar son bajos, este nivel educativo se aborda de manera constante en el tiempo. A partir de 2008, se percibe un incremento en la medida en la que se tratan cuestiones de formación continua/técnica y posgrado.

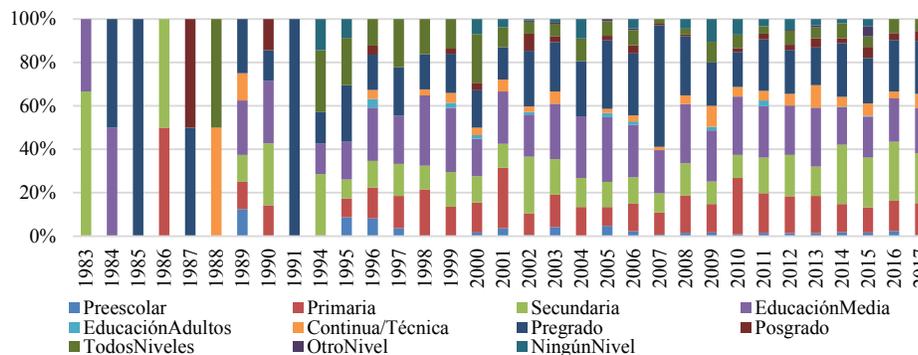


Figura 6 – Comportamiento diacrónico de los niveles educativos

Fuente: elaborada por los autores

El comportamiento diacrónico de las nociones pedagógicas ratifica el interés que la comunidad colombiana de Educación Matemática tiene por cuestiones de aprendizaje, aula, enseñanza, metodología de investigación y análisis de contenido. Entre 1994 y 2017, no se perciben grandes variaciones en el porcentaje de documentos de la muestra que trata cada una de estas nociones. Si bien se produce un porcentaje pequeño de trabajos relacionados con sistema educativo, evaluación, currículo y resolución de problemas, estas nociones se han tratado, de manera continua, desde el año 2000. Cuestiones asociadas a la noción alumno, aunque en poca medida, empiezan a tratarse, de manera ininterrumpida, a partir del año 2006.

Encontramos que, a partir del año 2000, se evidencia continuidad en la proporción de documentos que tratan temas específicos de matemáticas (álgebra, cálculo, estadística y probabilidad, geometría, medida y números). Entre los años 1994 y 2000, el mayor porcentaje de documentos trata cuestiones asociadas a cualquier tema de matemáticas. Entre 2001 y 2010, la proporción promedio de documentos en la variable denominada cualquier tema es del 24%. No obstante, a partir del año 2011, hay un aumento en la documentación asociada a esta variable. La distribución porcentual de la documentación por año confirma el interés que la comunidad colombiana de Educación Matemática tiene por los temas geometría, álgebra y números.

5.4 Asociación entre conjuntos de variables

Realizamos pruebas de independencia entre los conjuntos de variables del estudio. De acuerdo con el P-valor obtenido, afirmamos que existe suficiente evidencia muestral para



confirmar que los conjuntos de variables nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas no son independientes en la documentación de acceso abierto de la comunidad colombiana de Educación Matemática. Presentamos, en el Cuadro 3, los P-valor que resultaron de las pruebas de independencia para cada asociación de conjuntos de variables.

Asociaciones de conjuntos de variables	P-valor
Nivel educativo y nociones pedagógicas	1,89 E-115
Nivel educativo y temas de matemáticas	2,15 E-177
Nociones pedagógicas y temas de matemáticas	7,02 E-126

Cuadro 3 – P-valor en pruebas de independencia de los conjuntos de variables
Fuente: elaborado por los autores

5.5 Resumen de los resultados

En línea con los objetivos del estudio, logramos caracterizar la comunidad colombiana de Educación Matemática en términos del comportamiento diacrónico de su documentación, sus focos de interés, la evolución de estos focos en el tiempo y la asociación de los niveles educativos, las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas.

Los resultados del estudio confirman el crecimiento exponencial de la documentación de Educación Matemática en Colombia, lo que indica que esta disciplina se consolida como un frente de estudio. Los focos de interés de la comunidad están en los niveles educativos pregrado, media, secundaria y primaria. Además, se tratan en mayor medida las nociones aprendizaje, aula, enseñanza y metodología de la investigación en Educación Matemática. La mayoría de los documentos no trata temas específicos de matemáticas; no obstante, los temas geometría, álgebra y números se tratan de manera importante en la documentación analizada.

A partir de 1994, año en el que la producción documental pasa de la etapa de precursores a la de crecimiento exponencial, se estabiliza la distribución porcentual de las variables en el tiempo. En los niveles educativos, las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas se confirman los intereses de la comunidad por la educación media, el aprendizaje y la geometría, como ejemplo. La medida en la que los focos de interés son tratados por la comunidad no cambia en el tiempo: las variables se comportan como series temporales estacionarias, con excepción de centro educativo, alumno, otras nociones pedagógicas y cualquier tema de matemáticas. Por último, existe asociación entre los conjuntos de variables nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas.



6 Conclusiones

Identificamos las características de la comunidad de investigadores e innovadores en Educación Matemática de Colombia a partir de su documentación de acceso abierto. Realizamos una aproximación semántica al contenido de los documentos producidos entre 1983 y 2017. Aunque los estudios cuantitativos usualmente se centran en los artículos de investigación, tuvimos en cuenta diversas fuentes de información que merecen ser investigadas (CALLON et al., 1995). Con base en una taxonomía específica de la disciplina, establecimos los conjuntos de variables del estudio con los que codificamos los documentos.

Determinamos el comportamiento diacrónico de la producción documental de la comunidad con el propósito de verificar la ley de crecimiento exponencial. También, determinamos los índices de especialización temática de la documentación en las variables de los conjuntos nivel educativo, nociones pedagógicas y temas de matemáticas. Con ello, establecimos los focos de interés de la comunidad. Identificamos el comportamiento diacrónico de los contenidos en términos de las variables del estudio. Por último, empleamos tablas de contingencia para relacionar los conjuntos de variables y determinar si son o no independientes. De esta manera, cumplimos los objetivos específicos del estudio y proporcionamos los atributos de caracterización de la comunidad que proporcionamos en el resumen de los resultados.

Este estudio resulta novedoso en diferentes sentidos. Hasta ahora, no se identifican estudios cuantitativos sistemáticos de la Educación Matemática en Colombia y no se ha verificado que esta disciplina es un frente de estudio en el país. En relación con los estudios documentales realizados en Educación Matemática, nuestro trabajo, aunque vincula la verificación de la ley de crecimiento de la documentación, busca profundizar en el contenido de los documentos. Realizamos una aproximación semántica para determinar cuáles son los temas tratados por la comunidad, cómo es la evolución de los contenidos y establecer si hay dependencia entre, por ejemplo, los niveles educativos y las nociones pedagógicas que se abordan. La identificación y asignación de términos clave, asociados a las variables propuestas, no surge del conteo de palabras, ni se limita a la descripción de la información que se proporciona en el título o resumen de los documentos.

Por otra parte, las fuentes de información de los estudios cuantitativos en Educación Matemática han sido revistas y eventos de investigación, bases de datos como Scopus o Web of Science y tesis doctorales. Esto implica que documentación que surge de ensayos e innovaciones curriculares se ha dejado de lado en el esfuerzo por caracterizar la comunidad. En este estudio, atendemos a la diversidad de la documentación que produce la comunidad, por lo



que trabajamos con documentos de acceso abierto entre los que se incluyen artículos publicados en revistas de divulgación, contribuciones a memorias de eventos, trabajos de grado de pregrado, libros, capítulos de libro, documentos de trabajo, entre otros. No establecemos en este documento las posibles relaciones de dependencia que puedan surgir entre los tipos de trabajos que son producidos en la disciplina. No obstante, sí consideramos que al análisis de, por ejemplo, el comportamiento diacrónico de la cantidad de ensayos y la cantidad de innovaciones como una oportunidad de investigación. Este aspecto podría dar cuenta de la evolución de la formalización de las posturas generadas por la comunidad.

El trabajo que realizamos proporciona un esquema metodológico que permite caracterizar diversas comunidades de disciplinas académicas. Genera nuevas oportunidades de investigación para la comunidad de Educación Matemática. En primer lugar, se podrían definir algunas subvariables para especificar los intereses de la comunidad en lo que respecta, por ejemplo, a aprendizaje, que es la noción pedagógica con mayor índice de especialización temática. En futuros estudios, sería interesante indagar por asociaciones temáticas en la documentación; esto es, establecer en qué medida se tratan las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas en los niveles educativos, o las nociones pedagógicas en los temas de matemáticas. Consideramos que también hay posibilidad de comparar instituciones (programas académicos o grupos de investigación) en relación con los documentos que producen. Existe la posibilidad de caracterizar los aportes que se hace a la disciplina desde los programas de pregrado de formación de profesores y en las regiones.

Este estudio pone en evidencia la necesidad de caracterizar la Educación Matemática a partir de la diversidad de su documentación, no solo desde artículos de investigación. Dada la naturaleza de esta disciplina, así como es relevante la difusión de los avances de los investigadores, es importante que los profesores sean innovadores, compartan y debatan sus trabajos con colegas y expertos. Por ello, queda abierta la discusión en la comunidad de investigadores y educadores matemáticos respecto a cómo considerar que la Educación Matemática está consolidada como disciplina en términos de la relación entre la proporción de documentos de investigación y de innovación.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Facultad de Educación y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de los Andes (Colombia) —PDI-CIFE 2016–2020—, y del



Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – Colciencias – proyecto código 80740-179-2019.

Referencias

- ARDANUY, J. **Breve introducción a la bibliometría**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 2012.
- ARENCIBIA, R.; DE MOYA, F. La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. **ACIMED**, La Habana, v. 17, n. 4, p. 1-27, 2008.
- BONILLA, M.; OBANDO, G. ASOCOLME – 20 años. *En: ENCUESTRO COLOMBIANO DE MATEMÁTICA EDUCATIVA (ECME) 17*, 2018, Bogotá.
- BRACHO, R., et al. Tendencias Temáticas de la Investigación en Educación Matemática en España. **Bolema**, Rio Claro, v. 28, n. 50, p. 1077-1094, dic. 2014.
- CALLON, M., et al. **Cienciometría: El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica**. Gijón: Ediciones TREA, 1995.
- CASTRO, P.; GÓMEZ, P. Análisis bibliométrico de las memorias del Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones entre 2002 y 2015. *En: ENCUESTRO DE GEOMETRÍA Y SUS APLICACIONES*, 23., 2017, Bogotá. **Actas...** Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2017. p. 3-10.
- ERNEST, P. A postmodern perspective on research in mathematics education. *En: SIERPINSKA, A.; KILPATRICK, J. (ed.). Mathematics education as a research domain: A search for identity*. Dordrecht: Springer, 1998. p. 71-85.
- ESCORCIA, T. **El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado**. 2008. Documento de Conclusión de la Carrera (Graduación en Microbiología Industrial) – Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2008.
- FERNÁNDEZ-CANO, A.; BUENO-SÁNCHEZ, A. Síntesis de estudios bibliométricos españoles en educación. Una dimensión evaluativa. **Revista española de documentación científica**, Madrid, v. 21, n. 3, p. 269-285, 1998.
- FIZ KARLSRUHE. **MathEduc Database**. 2010. Disponible en: <http://www.zentralblatt-math.org/matheduc/classification/>. Acceso en: 10 feb. 2017.
- GÓMEZ, P.; CAÑADAS, M. C. Development of a taxonomy for key terms in mathematics education and its use in a digital repository. **Library Philosophy and Practice (e-journal)**, 2013.
- GÓMEZ, P., et al. Análisis temático de la investigación en Educación Matemática en España a través de los simposios de la SEIEM. *En: MARÍN, M., et al (ed.). Investigación en Educación Matemática XV*. Ciudad Real: SEIEM, 2011. p. 371-382.
- KRIPPENDORFF, K. **Metodología de análisis de contenido: Teoría y práctica**. España:



Paidós, 1990.

LÓPEZ-PIÑERO, J. M.; TERRADA-FERRANDIS, M. L. Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica: los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. **Medicina clínica**, Barcelona, v. 98, n. 4, p. 142-148, 1992.

MACÍAS-CHAPULA, C. A. Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. **ACIMED**, La Habana, v. 9, n. 4, p. 35-41, 2001.

MAZ, A., et al. Los Simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática: Una revisión bibliométrica. *En*: GONZÁLEZ, M. J., et al (ed.). **Investigación en Educación Matemática XIII**. Santander: SEIEM, 2009. p. 323-332.

MAZ-MACHADO, A., et al. Análisis bibliométrico de la revista RELIME (1997-2011). **Investigación Bibliotecológica**, México, v. 29, n. 66, p. 91-104, 2015.

MEDINA, J. M. **La investigación odontológica en la base Science Citation Index: un estudio cienciométrico (1974-2003)**. 2005. Tesis/Dissertación (Doctorado en Odontología). Universidad de Granada, Granada, España, 2005.

MILLÁN, J. D., et al. La cienciometría, su método y su filosofía: Reflexiones epistémicas de sus alcances en el siglo XXI. **Revista Guillermo de Ockham**, Cali, v. 15, n. 2, p. 17-27, 2018.

MUÑOZ-REPISO, M. Investigación, política y prácticas educativas. **REICE**, Madrid, v. 8, n. 2, p. 201-216, 2010.

NATIONAL INFORMATION STANDARDS ORGANIZATION. **Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies**. Bethesda: NISO Press, 2005.

PÉREZ-ANGÓN, M. Á. Usos y abusos de la cienciometría. **Cinvestav**, México, v. 25, n. 1, p. 29-33, 2006.

PRICE, D. J. **Hacia una ciencia de la ciencia**. Barcelona: Editorial Ariel, 1973

ROMBERG, T. A. Perspectives on scholarship and research methods. *En*: GROUWS, D. (ed.). **Handbook of research on the teaching and learning of mathematics**. New York: Macmillan, 1992. p. 49-64.

SANCHO, R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. **Revista española de documentación científica**, Madrid, v. 13, n. 3-4, p. 842-865, 1990.

SOLANO, E., et al. La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. **MediSur**, Cienfuegos, v. 7, n. 4, p. 59-62, 2009.

SPINAK, E. **Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática**. Caracas: UNESCO, 1996



SPINAK, E. Indicadores cientiométricos. **ACIMED**, La Habana, v. 9, n. 4, p. 16-18, 2001.

VALLEJO-RUIZ, M., et al. Patrones de citación en la investigación española en educación matemática. **Revista española de documentación científica**, Madrid, v. 29, n. 3, p. 382-397, 2006.

WALDEGG, G. La educación matemática ¿una disciplina científica? **Colección Pedagógica Universitaria**, Veracruz, v. 29, p. 13-44, 1998.

Submetido em 04 de Dezembro de 2019.
Aprovado em 16 de Maio de 2020.

ARTÍCULO 8

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA CONSOLIDACIÓN DE UNA DISCIPLINA EDUCATIVA

Paola Castro, Pedro Gómez y Sileni-Marcela Carranza

Artículo sometido a
REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación

<https://revistas.uam.es/reice>

INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA CONSOLIDACIÓN DE UNA DISCIPLINA EDUCATIVA

RESEARCH AND INNOVATION IN THE DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL DISCIPLINE

RESUMEN

La consolidación de una disciplina requiere de su análisis objetivo. En este estudio, realizamos un estudio de caso y caracterizamos una disciplina educativa en términos de tres formas de difusión de conocimiento: ensayos, investigaciones e innovaciones. Analizamos el contenido de 3214 documentos de acceso abierto, publicados por la comunidad colombiana de Educación Matemática entre 1996 y 2016. Establecemos el modelo que mejor se ajusta al comportamiento de la cantidad de documentos de investigación, ensayo e innovación publicados en el tiempo y analizamos la evolución diacrónica de la proporción de cada tipo de documento. Por último, determinamos si, desde la diversidad de su documentación, la disciplina se consolida como tal. Encontramos que esta disciplina educativa, en el caso colombiano, se ha consolidado en términos de la evolución en el tiempo de su producción documental. Las características de esta evolución para la disciplina nos permiten conjeturar que la consolidación de una disciplina educativa en general implica cuatro cuestiones: el crecimiento exponencial en el tiempo de la producción documental de investigación y de innovación; el aumento de la proporción de documentos de investigación; la disminución de la proporción de ensayos; y el comportamiento constante de la proporción de innovaciones. Estas cuestiones ponen de manifiesto que, en la consolidación de una disciplina que surge desde y para la práctica, se establece una relación permanente entre la investigación y la innovación: los investigadores estudian la práctica, mientras que los innovadores incorporan la investigación a su trabajo y lo difunden.

Palabras clave: conocimiento, disciplina, documentación, innovación, investigación

ABSTRACT

The development of a discipline requires its objective analysis. In this study, we conducted a case study and characterize an educational discipline in terms of three forms of dissemination of knowledge: essays, research and innovation. We analyzed the content of 3,214 open access documents, published by the Colombian Mathematics Education community between 1996 and 2016. We established the model that best fits the behavior of the quantity of research, essay and innovation documents published over time and we analyzed the diachronic evolution of the proportion of each type of document. Finally, we determined if, from the diversity of its documentation, the discipline has consolidated. We found that this educational discipline, in Colombia, has consolidated in terms of the evolution of its documentary production. The characteristics of this evolution allow us to conjecture that the consolidation of an educational discipline in general implies four issues: the exponential growth in time of the documentary production of research and innovation; the increase in the proportion of research documents; the decrease in the proportion of essays; and the constant performance of the proportion of innovations. These issues show that, in the consolidation of a discipline that arises from and for practice, there is a permanent relationship between research and innovation: researchers study practice, while innovators incorporate research into their work and publish it.

Keywords: knowledge, discipline, documentation, innovation, research

INTRODUCCIÓN

El estudio objetivo de las disciplinas científicas ha sido un elemento de reflexión en las comunidades que esperan identificar los patrones de productividad de su campo. La transformación en las formas en las que se produce y difunde el conocimiento científico, que se deriva de la naturaleza de la ciencia como un sistema dinámico, es evidente (Casas, 2004). En general, la generación y difusión del conocimiento tienen como meta el avance y transformación de la realidad educativa sobre la que pretende actuar una disciplina (Navarro, Jiménez, Rappoport y Thoilliez, 2017). La educación no es estática y la producción permanente de distintos tipos de trabajos, como ensayos, investigaciones e innovaciones, contribuyen a ese movimiento continuo. Esto evidencia la necesidad de caracterizar la evolución de una disciplina de acuerdo con la diversidad de los trabajos que se producen en torno a ella.

En el ámbito educativo, se destaca la necesidad de vincular la práctica educativa y la generación de conocimiento (Muñoz-Repiso, 2010). En ese sentido, la investigación y la innovación están claramente unidas (Morales, 2010). Por tanto, es relevante analizar el comportamiento de estas formas de difusión de conocimiento. En el caso de la innovación, resulta importante conocer lo que se está produciendo desde la práctica y establecer un diálogo permanente entre ella y la investigación. Es preciso el traspaso de los productos de la investigación a las prácticas educativas y viceversa (Moreira, 2005).

Con el propósito de establecer la evolución de una disciplina, es posible emplear diferentes métodos de recolección y análisis de información. De hecho, en algunos estudios, se ha analizado el estado de un campo de estudio respecto al surgimiento de agremiaciones de profesionales y de grupos de investigación, de la producción de publicaciones específicas o de la creación de programas académicos específicos (Cantoral y Farfán, 2003; Casas, 2004; Fiorentini, 1996; Mínguez-Álvarez, 2004; Villareal y Esteley, 2002). En otros trabajos, se

identifica el interés por desarrollar análisis cuantitativos para determinar qué está produciendo una disciplina en términos de sus tendencias temáticas, de los tipos de documentos o de los tipos de actividades de los que surge la documentación (por ejemplo, Medina-Arboleda y Páramo, 2014; Romanos, 2009).

Para desarrollar este trabajo, consideramos que la bibliometría es una herramienta útil para estudiar, de manera objetiva, el desarrollo de una disciplina educativa, pues posibilita la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos en el análisis de su literatura. La bibliometría estudia la ciencia a partir de las fuentes bibliográficas, con el propósito de identificar sus autores, sus relaciones y sus tendencias (Spinak, 2001). El estudio de las tendencias de producción de documentos en el tiempo, de acuerdo con leyes bibliométricas, evidencia si una disciplina está en proceso de surgimiento o si ya se consolida como frente de estudio (Price, 1973). Aunque los artículos de investigación son la materia prima principal en la aproximación bibliométrica al estudio de la ciencia, no se deben dejar de lado otros documentos que merecen ser estudiados (Callon, Courtial y Penan, 1995). Si bien el conocimiento científico, que se manifiesta tradicionalmente en la investigación, es uno de los modos posibles del conocimiento, no es el único, pues la ciencia es una actividad social y no solamente individual (Sabino, 1996). En las disciplinas educativas, por ejemplo, se difunden resultados de innovaciones e investigaciones en documentos como comunicaciones de congresos u otras reuniones científicas, libros, monografías, tesis, cursos o seminarios, por lo que resultan fuentes de información valiosas.

En algunas disciplinas, se ha considerado que las investigaciones no siempre han incidido en la práctica educativa (Souto-González, 2013); sin embargo, en Educación Matemática, como en otras disciplinas educativas, se ha reconocido la importancia de estas dos formas de conocimiento. Los resultados de la investigación producen transformaciones en la práctica y la misma práctica influye y realimenta la agenda de la investigación en la disciplina (Santos-Trigo, 2009). Por tal motivo, en este estudio, tomamos como caso particular la difusión del conocimiento en la comunidad colombiana de Educación Matemática. Esta comunidad educativa ha venido desarrollándose de manera importante entre los países de habla hispana.

En Colombia, la Educación Matemática es investigada y enseñada, tiene publicaciones académicas específicas y se desarrollan encuentros de carácter internacional, nacional y regional en torno a ella (Gómez-Mulett, 2018). Se percibe un crecimiento importante de la producción documental en esta disciplina como resultado de la consolidación de una comunidad en la que convergen tanto investigadores como educadores matemáticos, por lo que resulta relevante hacer un balance de la diversidad de su producción y estudiar su evolución. Para reafirmar su estatus científico y detectar sus focos de interés, se debe partir de la diversidad de su documentación (Bracho, Torralbo, Maz-Machado y Adamuz, 2014; Fernández, Torralbo, Rico, Gutiérrez y Maz, 2003).

Presentamos a continuación la caracterización de la Educación Matemática a partir de la diversidad de su documentación de acceso abierto que fue producida entre 1996 y 2016. A partir de un análisis diacrónico de tres formas de difusión del conocimiento —ensayos, investigaciones e innovaciones—, verificamos que esta disciplina es un frente de estudio a partir de la diversidad de la documentación producida por la comunidad que converge en torno a ella. Como resultado de este trabajo, nos interesa exponer la necesidad de caracterizar las disciplinas educativas desde la variedad de sus trabajos, sin restringirse al estudio de la investigación, como sucede en otras disciplinas (Morales, 2010).

MARCO CONCEPTUAL

El conocimiento en una disciplina es lo que la comunidad conoce y acepta: lo que resulta relevante. Los sistemas de conocimiento evolucionan de acuerdo con las prácticas de la comunidad (Ernest, 1998). Las comunidades académicas operan dentro de un contexto cultural y tienen formas compartidas de ver el mundo, que provienen de fenómenos y problemas concretos, y se materializan en métodos y procedimientos particulares (Romberg, 1992).

Diferentes sectores del sistema educativo tienen diferentes formas de conocimiento, diferentes formas de formular problemas y diferentes interpretaciones de cuáles respuestas son aceptables. Investigadores y profesionales de la práctica operan en un área común. La investigación es en sí misma una forma de práctica (Hammersley y Gomm, 2002). En una disciplina educativa, se deben vincular la innovación y la investigación —vistas como la práctica pedagógica y la generación de conocimiento, respectivamente—. Además, es indispensable la colaboración entre la investigación y la enseñanza. Los profesores son profesionales que generan un saber desde la acción y la reflexión. Los investigadores producen conocimiento mediante la realización de estudios en los que incorporan saberes y cuestionamientos provenientes de la práctica. El conocimiento que proviene de la investigación y el que se deriva de la práctica no tienen por qué relegarse, sino articularse, dialogar entre sí y apoyarse recíprocamente (Muñoz, Arnal-Bailera, Beltrán-Pellicer, Callejo y Carrillo, 2017). Los investigadores y profesores necesitan un mayor reconocimiento mutuo de su estatus profesional en la comunidad.

Desde un enfoque sociológico, la Educación Matemática, el caso elegido en este estudio, es una disciplina que está consolidada en una comunidad académica, con espacios propios de comunicación interna y de difusión (Ernest, 1998). Además de contar con programas de formación específicos, se identifican reuniones periódicas regulares (congresos, coloquios, jornadas, encuentros, etc.) y publicaciones especializadas. En la comunidad de Educación Matemática de habla hispana, se emplean diversos medios de divulgación de sus hallazgos (Waldegg, 1998). Así como se publican artículos y libros que resultan de investigaciones, también se producen innovaciones curriculares y documentación en Educación Matemática que surge de opiniones o posturas de académicos. Estos trabajos son difundidos usualmente en encuentros periódicos de investigadores y educadores matemáticos, y publicaciones especializadas en la disciplina.

Estudio de la ciencia

La ciencia que permite cuantificar actividades científicas en una disciplina es conocida como *cienciometría* (Macías-Chapula, 2001). Esta ciencia se interesa por el crecimiento cuantitativo de la actividad científica, la productividad de los investigadores y, en general, por su desarrollo (Spinak, 1996). La *cienciometría* incorpora el estudio de factores que pueden ser concluyentes en el análisis del desarrollo de la actividad científica de una disciplina (Pérez-Angón, 2006), pues proporciona información, por ejemplo, sobre la cantidad de investigadores, la distribución por especialidad, la distribución geográfica y su productividad diacrónica. La *cienciometría* emplea procedimientos matemáticos y análisis estadísticos para investigar las características de la investigación científica (Arencibia y De Moya, 2008). Por tanto, es una posibilidad para evaluar la producción científica, que ofrece una visión panorámica y objetiva de un campo científico (Medina, 2005).

La cienciometría está asociada al estudio de diferentes unidades de análisis en una disciplina. En ella, el estudio de las publicaciones mediante técnicas bibliométricas resulta relevante. La bibliometría estudia la ciencia a partir de la documentación y considera sus elementos representativos, tales como autores, título de la publicación, tipo de documento, idioma, resumen y palabras claves o descriptores (Solano, Castellanos, López y Hernández, 2009). Podemos identificar tres tipos de bibliometría: la descriptiva, la de relación y la evaluativa (Borgman y Furner, 2002). La bibliometría descriptiva se enfoca en las características de los documentos y permite desarrollar estudios del comportamiento. Como caso particular, incluye el estudio de la cantidad de publicaciones en una disciplina con el fin de establecer su comportamiento en diferentes periodos de tiempo.

Las leyes bibliométricas son utilizadas como criterios normativos que describen el comportamiento de los procesos de producción científica (Millán, Polanco, Ossa, Béria y Cudina, 2018). Estas leyes nos permiten identificar comportamientos estadísticamente regulares en el tiempo en relación con la producción y el consumo de la información científica. La ley de crecimiento exponencial, por ejemplo, se concibe como una regla fundamental para cualquier análisis de la ciencia (Price, 1973). De acuerdo con la ley de Price, la evolución de cada disciplina se da en tres etapas: precursores, crecimiento exponencial y crecimiento lineal. En la etapa de precursores, se dan las primeras publicaciones de la disciplina. En la etapa de crecimiento exponencial, se puede afirmar que la disciplina se convierte en un frente de estudio. En la etapa de crecimiento lineal, el crecimiento de la producción se desacelera. Podemos concluir entonces que el estudio de la productividad diacrónica permite conocer el dinamismo de una disciplina en el tiempo.

Tipos de documentos como formas de difusión del conocimiento

Para clasificar los documentos en los que se difunde el conocimiento en una disciplina educativa, utilizamos tres categorías que hacen referencia a su propósito (Autores, 2013): investigación, ensayo e innovación. A continuación, definimos estas categorías.

Ensayo

El ensayo es una forma de difusión de conocimiento que puede ser libre en su estructura. En él, el autor expone ideas y opiniones sin que se utilice necesariamente una metodología científica (Sabino, 1994). En este estudio, definimos como ensayo el trabajo que presenta una opinión o postura, que no requiere procesos sistemáticos de justificación.

Investigación

Adoptamos la definición de investigación en educación como el proceso de sistemático de resolución de interrogantes y de reflexión que, como proceso sistemático, trata de actividades que llevan al descubrimiento del conocimiento (Navarro et al., 2017; Souto-González, 2013). Podemos identificar características que resultan específicas de la investigación, que permiten distinguirla de otras formas de conocimiento, como objetividad, racionalidad, sistematicidad, generalidad y fiabilidad. De este modo, la investigación científica permite obtener conocimientos científicos que son objetivos, sistemáticos, claros, organizados y verificables (Sabino, 1996). En este estudio, determinamos como investigación aquel trabajo que surge de un proceso sistemático de indagación, cuya metodología es clara y da cuenta de coherencia. Una investigación puede ser una contribución empírica o teórica al conocimiento.

Innovación

Utilizamos el término innovación para referirnos a cambios o acercamientos novedosos en el sistema educativo (Santos-Trigo, 2009). Los resultados de la innovación educativa aportan de manera al desarrollo de las prácticas educativas (Souto-González, 2013). La innovación es una acción planificada que se fundamenta en la práctica educativa y resulta de un proceso social. Puede ocurrir a nivel de aula, de institución educativa y de sistema escolar (Navarro et al., 2017; UNESCO Oficina de Lima, 2016). Para el presente estudio, asociamos el término innovación a todo trabajo que corresponda al diseño curricular de una actividad o curso, que da cuenta del uso del conocimiento disciplinar (pedagógico, didáctico, contenido).

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es caracterizar una disciplina educativa en términos de sus formas de difusión del conocimiento —documentación de investigación, ensayo e innovación—. Tomamos como caso a la Educación Matemática en el contexto colombiano. Para la consecución del objetivo general, definimos los siguientes objetivos específicos.

- ◆ Establecer el modelo al que mejor se ajusta la cantidad de documentos producidos por la comunidad en cada forma de difusión de conocimiento.
- ◆ Identificar la evolución diacrónica de la proporción de documentos de ensayo, investigación e innovación producidos en la disciplina.
- ◆ Comprobar que la disciplina educativa es un frente de estudio desde la diversidad de la documentación producida por la comunidad que converge en torno a ella.

MÉTODO

El estudio es documental *expostfacto* (Navarro et al., 2017) y *cienciométrico*, ya que realizamos el análisis cuantitativo de una disciplina a partir de su documentación (Spinak, 1996). Realizamos un estudio instrumental de caso (Stake, 1998). Utilizamos el estudio de la Educación Matemática en Colombia como un instrumento para indagar aspectos que resultan comunes en la difusión del conocimiento de las disciplinas educativas.

El centro del estudio es la comunidad colombiana de Educación Matemática, en la que se percibe un incremento importante en sus canales de difusión del conocimiento en comparación con otros países de habla hispana. Realizamos el análisis de la documentación producida entre los años 1996 y 2016. Apoyamos esta decisión en estudios previos sobre la evolución de la Educación Matemática en Colombia que sugieren que, a partir de la segunda mitad de la década de los años noventa, se produce la consolidación de la disciplina (Gómez-Mulett, 2018). En lo que sigue, presentamos las fuentes de información, las variables y los procedimientos.

Fuentes de información

La población del estudio es la producción documental de acceso abierto de la comunidad colombiana de Educación Matemática. En este estudio, analizamos 3252 documentos de acceso abierto, publicados entre 1996 y 2016, que corresponden a memorias de eventos, artículos publicados en revistas, libros y capítulos de libros, trabajos de grado de pregrado y tesis de especialización y maestría, además de documentos de trabajo de investigadores y educadores matemáticos de Colombia. Nos enfocamos en la documentación de acceso abierto,

puesto que se configura como una posibilidad de crecimiento de las comunidades educativas, así como una oportunidad para mejorar la transferencia del conocimiento (Ramírez-Montoya, 2015). En la figura 1, exponemos el proceso de búsqueda de las fuentes.

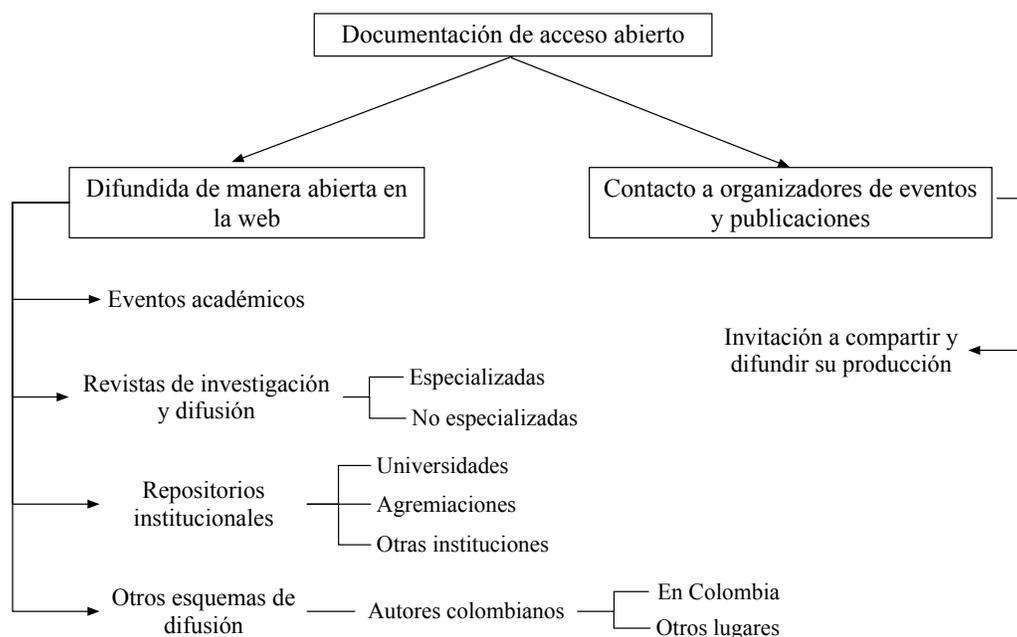


Figura 1. Proceso de búsqueda de fuentes de información

El proceso de búsqueda de la documentación fue sistemático, inició en 2014 y terminó en 2018. Buscamos e identificamos universidades y asociaciones de investigadores y educadores que desarrollan trabajos en Educación Matemática en Colombia. Accedimos a la documentación de Educación Matemática que es difundida de manera abierta en páginas web de eventos académicos y revistas, y en repositorios institucionales de universidades, grupos de investigación e instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Adicionalmente, contactamos a las personas responsables de gestionar eventos y publicaciones en el país, cuya documentación no está disponible en la web, con el propósito de obtener su autorización expresa para acceder a sus documentos. Otros documentos incluidos en el estudio son libros, capítulos de libros y avances de trabajos o resultados de investigación compartidos por investigadores y educadores matemáticos de manera autónoma. Algunos de estos autores colombianos también compartieron sus contribuciones a eventos y artículos publicados en revistas de otros países.

Aunque el muestreo no es probabilístico, respaldamos la representatividad de la muestra debido al proceso de búsqueda de las fuentes de información y a la diversidad de los documentos que se encuentran en ella. De las 20 fuentes identificadas, que difunden documentación exclusiva de Educación Matemática en la web, no contamos con las actas de 3 congresos. En la muestra, incluimos artículos de revistas no especializadas que han publicado trabajos de la disciplina. En el cuadro 1, mostramos la cantidad de documentos analizados de

acuerdo con su tipo y la proporción a la que corresponde esta cantidad según el tamaño de la muestra.

Cuadro 1

Distribución de documentos por fuente

Tipo de fuente	Cantidad	Proporción
Contribución a acta de evento	1343	41,8%
Artículo	706	22%
Capítulo de libro	441	13,7%
Tesis de posgrado	220	6,8%
Conferencia o comunicación	214	6,6%
Trabajo de grado de licenciatura	202	6,3%
Documento no publicado	45	1,4%
Libro	38	1,2%
Recurso de enseñanza	5	0,2%

Variables

Además de emplear el año de publicación de los documentos como variable del estudio, definimos un conjunto de variables dicotómicas de acuerdo con los tipos de documentos que definimos en el marco conceptual: ensayo, investigación e innovación.

Procedimientos

En lo que sigue, presentamos los procedimientos de codificación y de análisis de información que realizamos para desarrollar los objetivos del estudio.

Procedimientos de codificación

Realizamos una aproximación semántica al contenido de la documentación con el propósito de codificar los documentos en términos de las variables dicotómicas investigación, ensayo e innovación. Organizamos los resultados de la codificación en bases de datos. Establecimos que hay un éxito si el documento está codificado en una variable (p. ej., investigación, valor 1) y un fracaso, si no lo está (valor 0).

Un equipo de codificadores, con estudios en Educación Matemática, realizó la lectura de cada documento y registró su información bibliográfica (título, resumen, autores, año). Luego, determinó el tipo de documento de acuerdo con su enfoque (investigación, ensayo e innovación). Una vez realizada la codificación, un revisor de las codificaciones, magister en Educación Matemática, verificó la validez y precisión de la información que se registró para cada documento. Este revisor verificó que el enfoque asignado a cada documento fuera adecuado. El revisor de la codificación comprobó la calidad de este proceso. Por último, un segundo revisor, doctor en Educación Matemática, revisó aleatoriamente el trabajo realizado por el revisor de la codificación. Presentamos en la figura 2 el proceso de codificación y revisión de la codificación.

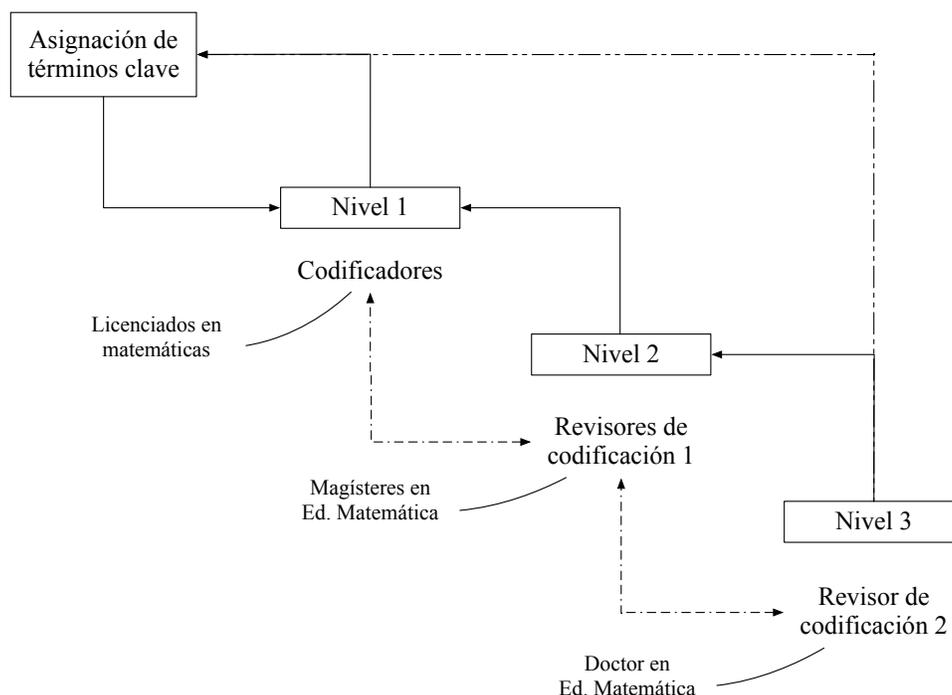


Figura 2. Proceso de codificación

Procedimientos para el análisis de datos

En primer lugar, determinamos la cantidad de documentos de investigación, ensayo e innovación producida entre 1996 y 2016 por la comunidad. Realizamos una prueba de bondad de ajuste para identificar si la producción de los tres tipos de trabajos distribuye de manera uniforme. Con el propósito de establecer el comportamiento diacrónico de la producción documental de acuerdo con el enfoque de la documentación (investigación, ensayo o innovación), utilizamos gráficos de líneas para representar la cantidad de documentos producidos por año. Para cada tipo de documento, identificamos el modelo que mejor se ajusta a los datos, de acuerdo con el coeficiente de determinación. De esta forma, verificamos si la documentación de la comunidad colombiana de Educación Matemática, por ejemplo en lo que respecta a investigación, satisface la ley de crecimiento propuesta por Price (1973). A partir de los parámetros del modelo que mejor representa la evolución en cada tipo de trabajos, establecemos su tasa de crecimiento o decrecimiento en el tiempo.

Luego, empleamos gráficos de barras apiladas para identificar el comportamiento diacrónico de la proporción de los trabajos de investigación, ensayo e innovación. Para confirmar si el comportamiento en el tiempo de la proporción de cada tipo de documento evidencia o no alguna tendencia, graficamos la serie temporal correspondiente. También, realizamos la prueba de Phillips-Perron (PP) para rechazar o no la hipótesis nula de que cada serie no es estacionaria en media. Finalmente, determinamos el coeficiente de correlación Spearman para establecer si existe correlación entre la proporción de documentos de investigación y ensayo, investigación e innovación, y ensayo e innovación en el tiempo.

Por último, con el propósito de comprobar que la Educación Matemática en Colombia es un frente de estudio desde la diversidad de la documentación producida por la comunidad, realizamos una representación unificada de la cantidad de documentos publicados en el tiempo en un gráfico de líneas. De esta forma, establecemos el modelo que mejor se ajusta a los datos a partir del coeficiente de determinación. Con este coeficiente, corroboramos si la documentación de la comunidad colombiana de Educación Matemática, desde los diferentes tipos de documentos, satisface la ley de crecimiento propuesta por Price (1973).

RESULTADOS

Para dar cumplimiento a los objetivos del estudio, organizamos los resultados en tres secciones. Primero, presentamos la distribución de documentos respecto a su enfoque (ensayo, investigación e innovación) y establecemos el modelo al que mejor se ajusta el comportamiento diacrónico de la cantidad de cada tipo de trabajo. Luego, describimos la evolución diacrónica de la proporción de cada tipo de documentos que es producida por año. Finalmente, describimos el comportamiento diacrónico de la totalidad de la documentación analizada para comprobar que la Educación Matemática en Colombia es un frente de estudio.

Comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos por tipo

En primer lugar, encontramos que los 3214 documentos no están distribuidos de manera equitativa en términos de su tipo. Hay un total de 569 ensayos (17,7%), 1662 investigaciones (51,7%) y 983 innovaciones (30,6%). Existe suficiente evidencia muestral para aseverar que la distribución de documentos de investigación, ensayo e innovación no es uniforme (P-valor = 3,60 E-124).

Presentamos en la figura 3 el comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos de ensayo, investigación e innovación que fueron producidos en Colombia entre 1996 y 2016. La disminución en los tres tipos de trabajos que observamos entre 2009 y 2010 se explica por la reducción de contribuciones a eventos en esos años.

El modelo que mejor se ajusta al comportamiento en cada caso es el exponencial; sin embargo, los coeficientes de determinación varían de un tipo a otro. En ensayo, el $R^2 = 0,4143$ indica que el 41% de la variación en la cantidad de trabajos de este tipo se explica por la variación en el tiempo. Para investigación e innovación, la variación en la cantidad de los trabajos se explica por la variación en el tiempo en un 87% y 78%, respectivamente. De acuerdo con la ley de Price (1973), podemos confirmar que la Educación Matemática en Colombia se consolida como un frente de estudio desde la documentación de investigación.

La tasa de crecimiento de ensayos, en comparación con los otros tipos de trabajos, es la más baja —9 documentos por año—. En promedio, la tasa de crecimiento de investigación es de 19 documentos y la de innovación es 16 documentos.

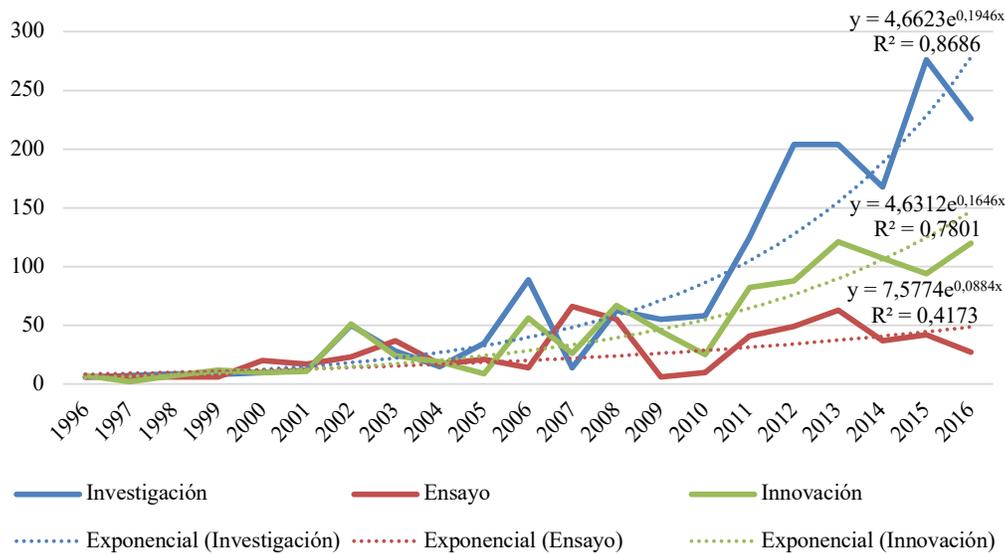


Figura 3. Comportamiento diacrónico de los tres tipos de documentos

Evolución diacrónica de la proporción de la documentación

Para la disciplina estudiada como caso, la evolución diacrónica del conjunto de la documentación nos muestra que la producción de innovaciones se mantiene, en promedio, constante a partir de 1996. El porcentaje de trabajos de ensayo producido por año tiende a disminuir. Este comportamiento se hace evidente a partir de 2007. Sin embargo, en ese año, identificamos un aumento considerable del porcentaje de ese tipo de trabajos. Este aspecto se podría explicar porque el 90% de los documentos producidos en ese año corresponden a memorias de eventos. A partir de 2008, el porcentaje de investigaciones aumenta, lo que sugiere un comportamiento inversamente proporcional entre el porcentaje de ensayos y el porcentaje de investigaciones (figura 4).

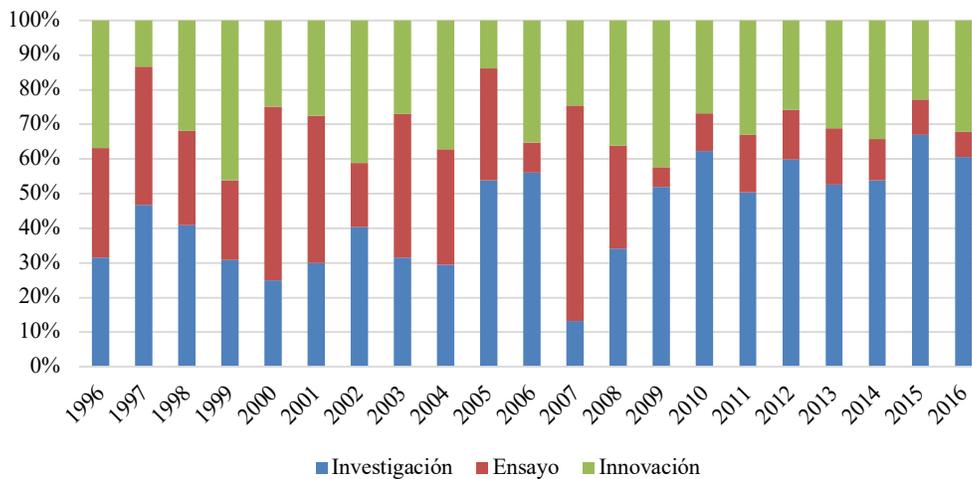


Figura 4. Evolución diacrónica de los tres tipos de documentos

Con el propósito de verificar si la proporción de documentos de cada tipo por año oscila alrededor del promedio, representamos las series temporales respectivas (figura 5). También, empleamos la prueba Phillips-Perron (PP) para confirmar si las series temporales correspondientes a cada tipo de documento, entre 1996 y 2006, son estacionarias en media.

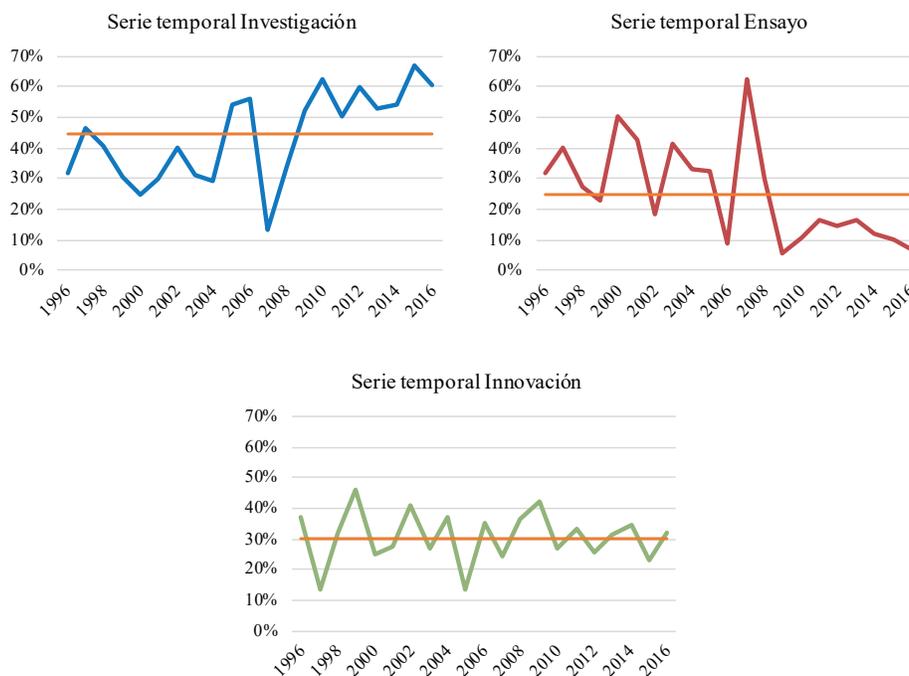


Figura 5. Series temporales de los tres tipos de documentos

Con un nivel de significatividad de 0,01, podemos rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad para la serie temporal de innovación ($P = 0,0000$). Adicionalmente, encontramos que existe suficiente evidencia muestral para afirmar que las series temporales de ensayo e investigación no son estacionarias en media ($P = 0,0171$ y $P = 0,1839$, respectivamente). Los resultados confirman que el porcentaje de ensayos disminuye a medida que aumenta el porcentaje de investigaciones. Esto indica que, con el tiempo, la comunidad colombiana de Educación Matemática tiende a formalizar y justificar de manera sistemática sus posturas. En el caso de la innovación, el porcentaje de trabajos oscila alrededor de un 30% por año.

Calculamos el coeficiente de correlación Spearman (r) para identificar si existe correlación entre la cantidad de documentos de cada tipo que se produce en el periodo de tiempo [1996, 2016]. Concluimos que hay correlación negativa fuerte entre la cantidad de documentos de ensayo e investigación ($r = -0,83$). Esto confirma que la disminución en la producción de ensayos está relacionada con el aumento en la producción de documentos de investigación. El coeficiente de correlación también ratifica que no hay correlación entre los documentos de innovación y ensayo ($r = -0,32$), ni entre innovación e investigación ($r = -0,18$).

Educación Matemática en Colombia desde la diversidad de la documentación

La naturaleza de la Educación Matemática como una disciplina educativa (Muñoz et al., 2017) requiere que se indague su naturaleza desde la diversidad de su documentación. Esto implica

no sesgarse al estudio de la documentación de investigación (Callon et al., 1995). Por ello, analizamos el comportamiento diacrónico conjunto de la producción documental de la comunidad colombiana de Educación Matemática. Graficamos el total de documentos publicados por año. Al representar la cantidad total de documentos producidos por la comunidad entre 1996 y 2016 (figura 6), encontramos que la línea de tendencia a la que mejor se ajusta el comportamiento de la producción en el tiempo es la de tipo exponencial. El 88% de la variación de la cantidad de documentos por año se explica por la variación en el tiempo. La tasa de crecimiento del conjunto de la documentación, de acuerdo con la función que representa la cantidad de documentos, es de 16 documentos por año.

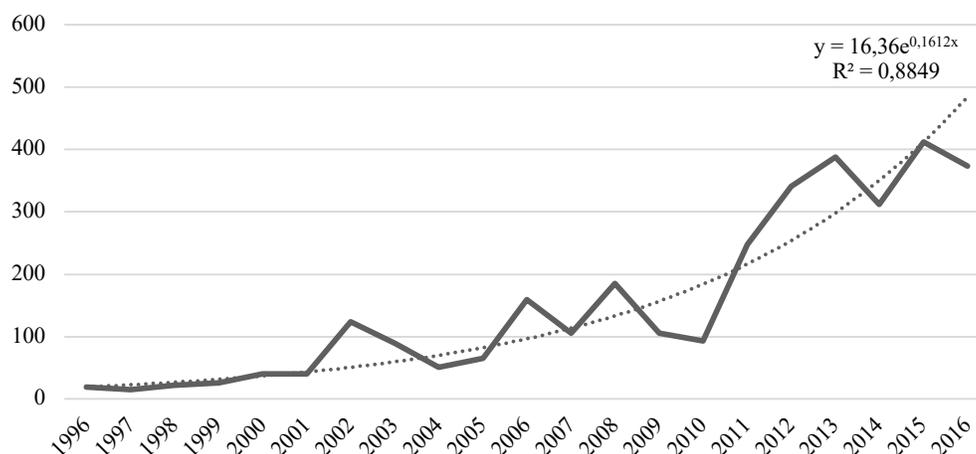


Figura 6. Comportamiento diacrónico del conjunto de la documentación

Si realizamos una extensión de la ley de Price (1973), podemos afirmar que el comportamiento exponencial del conjunto de la documentación ratifica la consolidación de la Educación Matemática como disciplina de estudio a partir de 1996. Este aspecto apoya nuestra postura de no restringir el estudio de las disciplinas educativas al análisis exclusivo de la documentación de investigación.

DISCUSIÓN

A partir de los resultados que resultan de este estudio de caso, generamos algunas conjeturas relacionadas con las características propias de las disciplinas educativas, pero que también podrían extenderse a disciplinas en las que hay comunidades que tienen prácticas y desarrollan innovaciones. Inicialmente, vemos que, con el paso del tiempo, las comunidades que configuran a estas disciplinas tienden a formalizar sus conocimientos. En ese sentido, la generación de ensayos disminuye a medida que la producción de investigaciones aumenta proporcionalmente. La correlación negativa entre ensayos e investigaciones es verificable. Por otra parte, podemos afirmar que, en estas disciplinas, el porcentaje de innovaciones resulta importante y se mantiene constante.

En las disciplinas educativas, la cantidad de documentos tanto de investigación como de innovación aumentan en el tiempo de manera exponencial. En el caso de la investigación, la ley de Price (1973) establece que este comportamiento ratifica la consolidación de la disciplina como frente de estudio. Constatamos que el comportamiento diacrónico de la cantidad de

documentos de innovación también se modela con la función exponencial. Por tanto, conjeturamos que la ley de Price se puede extender a este tipo de forma de difusión de conocimiento.

Una posible explicación del modelo creciente de los trabajos de investigación y de innovación es la consolidación de las comunidades académicas —que producen investigación— y de práctica —que producen innovación—. Al parecer, se establece una relación simbiótica en virtud de la cual, el desarrollo de la comunidad académica impulsa el desarrollo de la comunidad de práctica y viceversa: la comunidad académica promueve la generación y divulgación de experiencias por parte de la comunidad de práctica (Romberg, 1992) y la comunidad de práctica se convierte en objeto de investigación de la comunidad académica (Muñoz-Repiso, 2010). El crecimiento de la comunidad académica (en cantidad de documentos de investigación) puede explicarse, al menos parcialmente, por una mayor cantidad de profesionales con títulos de doctor. Estos profesores universitarios crean e impulsan el desarrollo de programas de formación de profesores en los que se promueve la reflexión sobre la práctica en el aula y la publicación de estas experiencias. Las conjeturas anteriores pueden explicar el comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos de investigación e innovación que se observa en la figura 4. Estos resultados también ponen de manifiesto que la tasa de crecimiento de la cantidad de documentos de investigación es mayor que de la de documentos de innovación.

Los resultados de este estudio muestran que una disciplina que surge desde y para la práctica no limita la difusión de su conocimiento a la investigación. Hemos puesto de manifiesto la necesidad de conceder relevancia a la innovación (Moreira, 2005): los investigadores reconocen el saber generado desde la práctica y la estudian, mientras que los innovadores valoran e incorporan la investigación en su práctica profesional y difunden sus indagaciones (Muñoz-Repiso, 2010). En resumen, consideramos que las disciplinas educativas se deben caracterizar más allá de la investigación. El análisis del comportamiento del conjunto de documentos de investigación e innovación permite caracterizar con mayor claridad la consolidación y los intereses de las disciplinas educativas.

CONCLUSIONES

En este estudio, caracterizamos una disciplina educativa en términos de tres formas de difusión de conocimiento. Para ello, analizamos el comportamiento diacrónico de la cantidad de ensayos, investigaciones e innovaciones que fueron producidas en la disciplina entre 1996 y 2016. Realizamos un estudio de caso en el que la Educación Matemática en Colombia fue el instrumento para indagar por elementos que son característicos de las disciplinas educativas.

Identificamos en primer lugar que el modelo exponencial es el que mejor se ajusta al comportamiento diacrónico de la cantidad de investigaciones e innovaciones, con coeficientes de determinación superiores a 75%. En el caso del análisis de la documentación de investigación, su comportamiento exponencial ratifica el cumplimiento de ley de Price (1973). Adicionalmente, verificamos que la proporción de innovaciones difundidas en la disciplina se mantiene en el tiempo. Resulta significativa la relación que se observa entre la proporción de ensayos e investigaciones. El porcentaje de ensayos tiende a disminuir mientras que el porcentaje de investigaciones aumenta. Estos resultados dan cuenta de dos aspectos clave que nos interesa destacar: (a) la relevancia que tiene la innovación en una disciplina educativa y (b) el proceso de formalización que se genera en las comunidades educativas, en las que se reduce

la difusión de opiniones y posturas (ensayos) y se incrementa la difusión de trabajos que surgen de procesos sistemáticos de indagación (investigaciones).

Hemos identificado trabajos que destacan la importancia de la investigación y la innovación en las disciplinas educativas (por ejemplo, Morales, 2010; Muñoz-Repiso, 2010). Algunos estudios presentan resultados cuantitativos de la caracterización de disciplinas educativas, pero se restringen al análisis de la documentación de investigación (Bracho-López et al., 2012; Medina-Arboleda y Páramo, 2014). Este trabajo pretende extender la mirada a otras formas de difusión de conocimiento que resultan naturales en educación: ensayos e innovaciones.

Somos conscientes de algunas limitaciones que tiene nuestro estudio. Primero, tomamos como caso una disciplina en un ámbito local. No obstante, este trabajo se convierte en una oportunidad para contrastar las conjeturas que hemos presentado, en la misma disciplina en otros países o en otras disciplinas educativas. Segundo, nos restringimos a la documentación que se encuentra de acceso abierto en la web, lo que nos llevó a dejar de lado artículos publicados por investigadores de élite en revistas con restricciones de acceso. Al respecto, consideramos que la cantidad de documentación que queda excluida es reducida, mientras que sí estamos incluyendo documentación que usualmente no es considerada en otros estudios de tipo cuantitativo (por ejemplo, artículos de revistas de divulgación y documentos de trabajo).

A partir de la caracterización que realizamos, invitamos a profesionales de las disciplinas educativas a analizar su evolución a partir del conocimiento que se hace tangible en la documentación, sin restringirse a las publicaciones de investigación. También, sugerimos emplear procedimientos que generen conclusiones objetivas y generalizables. Los resultados de los estudios de las disciplinas educativas deben llevar a identificar y establecer sus atributos representativos, que hacen que se distingan de otras disciplinas.

NOTAS

Este trabajo se realizó con el apoyo de la Facultad de Educación y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad de los Andes (Colombia) —PDI-CIFE 2016–2020—, y del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias —proyecto código 80740-179-2019—.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arencibia, R. y De Moya, F. (2008). La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cuantimetría. *Acimed*, 17(4).
- Borgman, C. y Furner, J. (2002). Scholarly communication and bibliometrics. *Annual review of information science and technology*, 36(1), 2-72. <https://doi.org/10.1002/aris.1440360102>
- Bracho, R., Torralbo, M., Maz-Machado, A. y Adamuz, N. (2014). Tendencias Temáticas de la Investigación en Educación Matemática en España. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(50), 1077-1094.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Gutiérrez-Arenas, P., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, N. N. y Adamuz-Povedano, N. (2012). La investigación en Educación

- Matemática a través de las publicaciones científicas españolas. *Revista española de Documentación Científica*, 35(2), 262-280. <https://doi.org/10.3989/redc.2012.2.870>
- Callon, M., Courtial, J.-P. y Penan, H. (1995). *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón, España: Ediciones TREA.
- Cantoral, R. y Farfán, R. M. (2003). Matemática Educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, RELIME*, 6(1), 27-40.
- Casas, R. (2004). Las nuevas formas de producción de conocimiento: reflexiones en torno a la interdisciplina en las ciencias sociales. *Omnia*, 20, 263-274.
- Ernest, P. (1998). A postmodern perspective on research in mathematics education. En A. Sierpiska y J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 71-85). Dordrecht, Holanda: Springer.
- Fernández, A., Torralbo, M., Rico, L., Gutiérrez, P. y Maz, A. (2003). Análisis cuantitativo de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998). *Revista española de Documentación Científica*, 26(2), 162-176.
- Fiorentini, D. (1996). Um estudo histórico da Educação Matemática Brasileira enquanto campo de investigação. *Atas de História e Educação Matemática*, 24-30.
- Autores (2013). Referencia omitida para copia ciega.
- Gómez-Mulett, A.-S. (2018). La educación matemática en Colombia: origen, avance y despegue. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 16(16), 123-146.
- Hammersley, M. y Gomm, R. (2002). Research and practice, two worlds for ever at odds? En M. Hammersley (Ed.), *Educational research, policymaking and practice* (pp. 59-83). London, Inglaterra: Paul Chapman Publishing.
- Macías-Chapula, C. A. (2001). Papel de la informetría y de la cuantificación y su perspectiva nacional e internacional. *Acimed*, 9(4), 35-41.
- Medina, J. M. (2005). *La investigación odontológica en la base science citation index: un estudio cuantitativo 1974-2003*. (Tesis doctoral), Universidad de Granada, Granada, España.
- Medina-Arboleda, I. F. y Páramo, P. (2014). La investigación en educación ambiental en América Latina: un análisis bibliométrico. *Revista Colombiana de Educación*(66), 55-72.
- Millán, J. D., Polanco, F., Ossa, J. C., Béria, J. S. y Cudina, J. N. (2018). La cuantificación, su método y su filosofía: Reflexiones epistémicas de sus alcances en el siglo XXI. *Revista Guillermo de Ockham*, 15(2), 17-27. <https://doi.org/10.21500/22563202.3492>
- Mínguez-Álvarez, C. (2004). Evolución de la Pedagogía Social para consolidarse como disciplina científica. *Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria*(11), 25-54.
- Morales, P. (2010). Investigación e innovación educativa. *REICE: Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2), 47-73.
- Moreira, M. A. (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Ciência & Educação (Bauru)*, 11(2).
- Muñoz, J. M., Arnal-Bailera, A., Beltrán-Pellicer, P., Callejo, M. L. y Carrillo, J. (Eds.). (2017). *Investigación en Educación Matemática XXI* (Vol. XXI). Zaragoza: SEIEM.
- Muñoz-Repiso, M. (2010). Investigación, política y prácticas educativas. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2), 201-216.

- Navarro, E., Jiménez, E., Rappoport, S. y Thoilliez, B. (2017). *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa*: Universidad Internacional de La Rioja.
- Pérez-Angón, M. Á. (2006). Usos y abusos de la cienciometría. *Cinvestav*, 25(1), 29-33.
- Price, D. J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona, España: Editorial Ariel.
- Ramírez-Montoya, M. S. (2015). Acceso abierto y su repercusión en la Sociedad del Conocimiento: Reflexiones de casos prácticos en Latinoamérica. *Education in the Knowledge Society*, 16(1), 103-118.
- Romanos, S. (2009). Estrategias de difusión del conocimiento en ciencias del hombre: el caso de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Proyecto UBACYT F157 (programación científica 2008-2010). *Información, cultura y sociedad*(20), 91-110.
- Romberg, T. A. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. En D. Growus (Ed.), *Handbook of research on the teaching and learning of mathematics*. New York: Macmillan.
- Sabino, C. (1994). *Cómo hacer una tesis* (Segunda ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Panapo.
- Sabino, C. (1996). *El proceso de investigación*. Buenos Aires, Argentina: LUMEN - HVMANITAS.
- Santos-Trigo, M. (2009). Innovación e investigación en educación matemática. *Innovación Educativa*, 9(46).
- Solano, E., Castellanos, S., López, M. M. y Hernández, J. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *MediSur. Revista electrónica*, 7(4), 59-62.
- Souto-González, X. M. (2013). Investigación e innovación educativa: el caso de la Geografía escolar. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XVII(459).
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática*. Caracas, Venezuela: UNESCO.
- Spinak, E. (2001). Indicadores cienciométricos. *Acimed*, 9(4), 16-18.
- Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Ediciones Morata.
- UNESCO Oficina de Lima. (2016). *Innovación educativa, texto I*. Lima, Perú: Representación de la UNESCO en Perú.
- Villareal, M. E. y Esteley, C. B. (2002). Una caracterización de la Educación Matemática en Argentina. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(2), 23-36.
- Waldegg, G. (1998). La educación matemática ¿una disciplina científica? *Colección Pedagógica Universitaria*, 29, 13-44.

RESULTADOS

A continuación, expongo un resumen de los resultados de la investigación. Compilo los hallazgos que surgen de los subestudios que dieron lugar a los artículos que presenté previamente.

La Educación Matemática se consolida como disciplina en la comunidad hispanohablante tanto por la cantidad de agremiaciones, eventos académicos, programas de formación y publicaciones, como por el crecimiento exponencial de la producción documental en el tiempo. La comunidad hispanohablante se encuentra organizada actualmente en un total de 57 agremiaciones, de las cuales 49 son nacionales y 8 corresponden a las sociedades regionales. España cuenta con 23 agremiaciones de investigadores y de profesores de matemáticas, por lo que se destaca entre los otros países. No se encuentran agremiaciones en El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá.

Se identifican 11 eventos de carácter regional, que son liderados por organizaciones internacionales. Otros 79 eventos de carácter local son gestionados por instituciones nacionales (agremiaciones o universidades), en su mayoría, con periodicidad definida. De los 90 eventos que se gestionan en Hispanoamérica, 42 difunden los trabajos que son socializados en ellos en libros editados o publicaciones seriadas. Se encuentran 37 revistas especializadas, de investigación y divulgación, que son gestionadas por grupos de investigación, agremiaciones o programas de formación de Educación Matemática. De estas, 33 son editadas por instituciones nacionales. Presento en la tabla 2 la cantidad de agremiaciones, eventos, documentos extensos de eventos, revistas y boletines por país.

Tabla 2
Distribución de fuentes documentales por país

País	Agremiaciones	Eventos	Doc. eventos	Revistas	Boletines
Argentina	3	7	2	4	
Bolivia	2	1			
Chile	1	5	1	1	
Colombia	3	26	16	5	
Costa Rica	1	8	4	3	
Cuba	1	1		1	
Ecuador	1	1			
El Salvador					
España	23	6	4	12	3
Guatemala	1	2	1		

Tabla 2
Distribución de fuentes documentales por país

País	Agremiaciones	Eventos	Doc. eventos	Revistas	Boletines
Honduras		1			
México	3	8	3	6	
Nicaragua					
Panamá		1			
Paraguay	2	1			
Perú	2	3	1		
Puerto Rico	1				
República Dominicana	1	2			
Uruguay	2	2	1		
Venezuela	2	4	1	2	1

El crecimiento de la comunidad hispanohablante, en lo que atañe a la difusión de su conocimiento, evidencia la necesidad de caracterizarla a nivel global y la importancia de estudiar la especificidad de los fenómenos y problemas que trata y que propaga en eventos y revistas tanto de divulgación como de investigación. En atención a ello, para caracterizar el conocimiento de la comunidad de acuerdo con la documentación, se produjo una taxonomía de términos clave que emerge del conocimiento de la comunidad de Educación Matemática a nivel internacional. Se conjugó el uso que se hace de la taxonomía propuesta por Gómez y Cañadas (2013) en la codificación de documentos en un repositorio digital de documentos de acceso abierto y las palabras clave más usadas en las revistas de Educación Matemática que están indexadas en Scopus y Web of Science. La nueva taxonomía resultó de un proceso sistemático y fue avalada por expertos de la disciplina (Castro y Gómez, Sometido-b).

A partir del análisis de contenido de los 18226 documentos que configuran el objeto de estudio, se encuentra que la mitad de los documentos son investigaciones y la tercera parte son innovaciones. Los niveles educativos que más se abordan en la documentación son, en su orden, pregrado, educación media y secundaria. El 40% de los documentos no especifican un contenido matemático, sino que trata cuestiones que aplican a todos los contenidos. Las nociones pedagógicas con mayor importancia relativa son aprendizaje, enseñanza y aula. Al interior de ellas, se destaca la atención que reciben cuestiones como procesos cognitivos, planificación de la enseñanza y recursos didácticos. Los focos de interés que se ponen de manifiesto en la documentación no cambian de manera significativa en el tiempo. Solamente se verifica el crecimiento en la proporción de documentos relacionados con el nivel educativo pregrado y las nociones enseñanza, aula y profesor, y el decrecimiento en educación media y el contenido cambio y relaciones.

Resultados de la caracterización de la educación media, como uno de los niveles educativos que más se abordan en los países hispanohablantes, ponen de manifiesto que la documentación se destaca por tener el menor porcentaje de publicación de investigaciones, un porcentaje de publicación de ensayos que está entre los menores y el mayor nivel de producción de actividades. La educación media se distingue de los otros niveles por tratar contenidos de probabilidad, cálculo, medida y álgebra en mayor medida, y números en menor medida. Se observa que se tratan en mayor proporción cuestiones de aula y aprendizaje, y en menor proporción enseñanza, inclusión y profesor.

Un porcentaje reducido de eventos (inferior al 15%) especifica la temática que aborda, por ejemplo, el Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones. El estudio de las memorias de este evento evidencia un enfoque en resultados de investigaciones y ensayos y, en menor medida, en innovaciones curriculares. El nivel educativo título de grado ha tenido el mayor porcentaje de trabajos en las diferentes versiones del evento, seguido de la educación media. El énfasis de los trabajos está en cuestiones relacionadas con aprendizaje, aula y otras nociones como la resolución de problemas y los sistemas de representación. No se observan trabajos que traten las nociones sistema educativo, centro educativo y evaluación. La mayoría de los trabajos están asociados a cuestiones generales de geometría escolar y otros temas (no geometría).

Al comparar la documentación que surge de la Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa – RELME y del simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, eventos de relevancia en la disciplina, se encuentra que la RELME se distingue porque trata con mayor énfasis cuestiones relacionadas con título de grado universitario y posgrado en su producción documental. Tiene una mayor proporción de documentos que abordan cuestiones de cálculo. Las actas de la RELME, en comparación con las actas del simposio de la SEIEM, se destacan por el interés que se manifiesta en aspectos relacionados con la enseñanza, el currículo y el análisis de contenido. La comunidad que converge en la SEIEM, a diferencia de la RELME, se enfoca en los niveles educativos primaria y secundaria. Su documentación trata especialmente los contenidos números y probabilidad. En la RELME, se destaca la investigación en la educación superior (título de grado universitario y posgrado), mientras que en el simposio de la SEIEM el interés principal está en la formación inicial de profesores, así como en su práctica en los niveles educativos primaria y secundaria básica.

Por último, el estudio de la comunidad colombiana de Educación Matemática, país que se destaca en la región por la gestión de eventos y la difusión abierta de su documentación, confirma el crecimiento exponencial de su producción documental. Esto indica que la disciplina se consolida como un frente de estudio en este país. Los focos de interés de la comunidad están en los niveles educativos pregrado, media, secundaria y primaria. Se tratan en mayor medida las nociones aprendizaje, aula, enseñanza y metodología de la investigación en Educación Matemática. La mayoría de los documentos no especifican contenidos de matemáticas; no obstante, los temas geometría, álgebra y números se tratan de manera importante en la comunidad.

El comportamiento de la documentación en Colombia permite conjeturar que, en las disciplinas educativas, con el paso del tiempo, las comunidades tienden a formalizar sus conocimientos. Esto se justifica en que la generación de ensayos disminuye a medida que la producción de investigaciones aumenta proporcionalmente. Hay una correlación negativa entre ensayos e investigaciones que es verificable. Además, el porcentaje de innovaciones es destacable y se mantiene constante. Se constata que el comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos de innovación se modela con la función exponencial, por lo que la ley de Price se puede extender a esta forma de difusión del conocimiento.

CONCLUSIONES

En esta investigación, caractericé la evolución y estado actual de la Educación Matemática, como disciplina científica, en los países de habla hispana. Tomé como base el conocimiento que se concreta en la producción documental que es difundida de manera abierta con esta comunidad. Inicialmente, construí el panorama actual de la disciplina en la comunidad hispanohablante con base en sus agremiaciones, eventos y canales de difusión de conocimiento. Realicé el análisis relacionado con las tendencias temáticas a partir de contribuciones a eventos nacionales y regionales, artículos de revistas de divulgación y de investigación, tesis y documentos no publicados. El reconocimiento de los fenómenos y problemas abordados en cada documento está anclado a una taxonomía de términos clave específica de la Educación Matemática, que fue producida con un enfoque práctico. El proceso seguido para su elaboración sirve como guía para la construcción de vocabularios controlados en otras disciplinas.

Los resultados ponen de manifiesto el auge que la Educación Matemática está teniendo en los países de habla hispana. Se evidencia el papel relevante de algunos países en el desarrollo de la disciplina en la región —España, en lo que refiere a agremiaciones, y Colombia, respecto a la gestión de eventos—. Los eventos que más han contribuido a la difusión del conocimiento son de carácter regional: Reunión Latinoamericana de Matemática Educativa – RELME y Congreso Iberoamericano de Educación Matemática – CIBEM. En relación con las revistas, se destaca la gestión editorial que viene desarrollándose en España, México y Colombia (Castro y Gómez, Sometido-a). Sin embargo, pese a la cantidad sobresalientes de publicaciones serias que se gestionan en los países de habla hispana solo cuatro publicaciones están indexadas en la base de datos Scopus²: Revista Latinoamericana de Matemática Educativa – RELIME (Regional), PNA - Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática (España), Revista Educación Matemática (México) y Avances de Investigación en Educación Matemática (España). De ahí que los estudios relacionados con publicaciones indexadas en Scopus o Web of Science no necesariamente caracterizan el conocimiento producido en Hispanoamérica (Cruz-Ramírez y Rodríguez-Devesa, 2019).

Los resultados del análisis del contenido realizado a 18226 documentos publicados en los países de habla hispana entre 1958 y 2018, con base en las categorías de la nueva taxonomía, ratifican que la Educación Matemática en Hispanoamérica es un frente de estudio debido al crecimiento exponencial de su producción documental. Si bien se identificó que la mitad de los documentos son de investigación, la tercera parte de los documentos corresponden a innovaciones curriculares. Los resultados muestran que una disciplina que surge desde y para la práctica no limita la difusión de su conocimiento a la investigación, por lo que hay una necesidad de conceder relevancia a la innovación (Moreira, 2005; Muñoz-Repiso, 2010). Los hallazgos muestran que los focos temáticos de la comunidad hispanohablante están relacionados principalmente con el nivel educativo pregrado y las nociones pedagógicas aprendizaje, enseñanza y aula. En general, la proporción con la que se tratan los niveles educativos, los contenidos matemáticos y las nociones pedagógicas en la globalidad de la documentación no varían en el tiempo. Al respecto, es importante puntualizar que analizar todo el conjunto de la

² El listado de las revistas especializadas en Educación Matemática que cuentan con factores de impacto JCR y/o SJR está disponible en <https://bit.ly/32IE308>

documentación no permite identificar los matices característicos de los países, de los eventos o de las revistas; de ahí la relevancia de realizar aproximaciones más específicas.

En esta investigación, se identificaron subcomunidades que surgen en torno a temas, ubicaciones o eventos concretos. A partir de la documentación, caracterizamos (a) el conocimiento que es producido en países de habla hispana en torno a la educación media, (b) la consolidación de la comunidad colombiana de Educación Matemática, (c) las tendencias de estudio de un evento que aborda un contenido específico y (d) la producción de investigación que se registra en las memorias de dos eventos de reconocimiento en Hispanoamérica. Estos estudios aportan aproximaciones metodológicas que permiten analizar el contenido de la producción bibliográfica en Educación Matemática a partir de descriptores específicos de la disciplina. Los trabajos pueden tomarse como punto de partida en próximas investigaciones en las que se profundice por la evolución de contenidos específicos de las matemáticas o nociones pedagógicas en la disciplina. Los procedimientos empleados en estos estudios pueden ser replicados y ajustados en estudios comparativos de comunidades de investigadores y educadores matemáticos, en estudios documentales de categorías temáticas y en la distinción de variables categóricas. El estudio del contenido de la documentación permite establecer los focos de estudio y las tendencias temáticas de comunidades locales.

Algunas limitaciones que se reconocen en esta investigación están relacionadas con las fuentes de información. El foco fue la documentación de acceso abierto en la web, lo que deja de lado artículos publicados en revistas de élite, con restricciones de acceso. No obstante, esta selección de información proporcionó un acercamiento al conocimiento que está en circulación y que no llega a publicarse en revistas de investigación. Para estudiar la actividad científica en una disciplina, en particular en una disciplina educativa, es relevante recurrir a diversos recursos como artículos publicados en revistas de divulgación, contribuciones a memorias de eventos académicos y de investigación, tesis, libros, capítulos de libro, documentos de trabajo, entre otros. Dejar de lado la producción que se difunde en Brasil y Portugal, más que una deficiencia, resulta una oportunidad para caracterizar a Iberoamérica en estudios venideros.

Para futuras investigaciones, si bien es relevante establecer patrones de productividad e identificar redes de colaboración y autoría, es importante estudiar la especificidad de los fenómenos y problemas que trata la comunidad y que difunde en eventos y revistas de divulgación e investigación. Sería interesante indagar por asociaciones temáticas en la documentación, de modo que se establezca, por ejemplo, en qué medida se tratan las nociones pedagógicas y los temas de matemáticas en los niveles educativos, o las nociones pedagógicas en los temas de matemáticas. También, existe la posibilidad de comparar instituciones académicas, en las que se gestionan programas de formación o se lideran grupos de investigación, en relación con los documentos que producen. Existe la posibilidad de caracterizar los aportes que se hace a la disciplina desde los programas de pregrado de formación de profesores y en las regiones. Si bien, el interés por el estudio de la Educación Matemática desde el análisis del contenido de su documentación es el eje de esta investigación, reconozco la necesidad de establecer indicadores de autoría, citación y colaboración en la disciplina a nivel regional. Esta información sería la base para identificar o generar redes de colaboración eficientes en la comunidad internacional de investigadores y educadores matemáticos.

La presente investigación se pone a disposición de profesionales de las disciplinas educativas como invitación para analizar el desarrollo del conocimiento que se hace tangible en la documentación, sin restringirse a las publicaciones de investigación. También, sugiere emplear procedimientos que permitan generar conclusiones objetivas. Los resultados de los estudios de las disciplinas educativas deben llevar a identificar y establecer sus atributos representativos.

REFERENCIAS

- Abela, J. A. (2002). Las técnicas de análisis de contenido: una revisión actualizada.
- Ardanuy, J. (2012). Breve introducción a la bibliometría. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
- Avila, A. (2016). La investigación en educación matemática en México: una mirada a 40 años de trabajo. *Educación Matemática*, 28(3), 31-60.
- Blanco, L. J. (2011). La investigación en educación matemática. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 109-128.
- Bracho, R., Torralbo, M., Maz-Machado, A. y Adamuz, N. (2014). Tendencias Temáticas de la Investigación en Educación Matemática en España. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 28(50), 1077-1094.
- Castro, P. y Gómez, P. (Sometido-a). Educación Matemática en Hispanoamérica: agremiaciones, eventos y publicaciones. *UNIÓN, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*.
- Castro, P. y Gómez, P. (Sometido-b). A taxonomy of key terms for Mathematics Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*.
- Colle, R. (1988). ANATEX: Software de análisis de concurrencias: Escuela de Periodismo PUC y Secico.
- Cruz-Ramirez, M. y Rodriguez-Devesa, R. (2019). A scientometric look at mathematics education from Scopus database. *The Mathematics Enthusiast*, 16(1), 37-46.
- Dutheil, C. (1992). Bibliométrie et scientométrie en France: état de l'art. *Documentaliste*, 29(6), 251-261.
- Ernest, P. (1998). A postmodern perspective on research in mathematics education. En A. Sierpiska y J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 71-85). Dordrecht: Springer.
- Escorcía, T. (2008). *El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado*. Tesis de Pregrado no publicada, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Fernández, A., Torralbo, M., Rico, L., Gutiérrez, P. y Maz, A. (2003). Análisis cuantitativo de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998). *Revista española de Documentación Científica*, 26(2), 162-176.
- Fernández-Cano, A. y Bueno-Sánchez, Á. (1998). Síntesis de estudios bibliométricos españoles en educación. Una dimensión evaluativa. *Revista española de documentación científica*, 21(3), 269-285.
- FIZ Karlsruhe. (2010). MathEduc Database. Descargado el 10/2/2010, de <http://www.zentralblatt-math.org/matheduc/classification/>
- Gómez, P. (2007). *Desarrollo del conocimiento didáctico en un plan de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Granada, España: Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Gómez, P. y Cañadas, M. C. (2013). Development of a taxonomy for key terms in mathematics education and its use in a digital repository, *Library Philosophy and Practice (e-journal)*.

- Gómez, P., Cañadas, M. C., Bracho, R., Restrepo, Á. M. y Aristizábal, G. (2011). Análisis temático de la investigación en Educación Matemática en España a través de los simposios de la SEIEM. En M. Marín, G. Fernández, L. J. Blanco y M. M. Palarea (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XV* (pp. 371-382). Ciudad Real: SEIEM.
- Gómez-Mulett, A.-S. (2018). La educación matemática en Colombia: origen, avance y despegue. *Fides et Ratio-Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 16(16), 123-146.
- González, F. (2011). Inventario de Historia de la Educación Matemática en Venezuela. En *XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática*. Recife, Brasil.
- Irfan, R., Khan, S., Abbas, M. A. y Shah, A. A. (2019). Determining Influential Factors and Challenges in Automatic Taxonomy Generation: A Systematic Literature Review of Techniques 1999-2016. *Information Research: An International Electronic Journal*, 24(2), 25.
- Kilpatrick, J. (2008). The development of mathematics education as an academic field. En M. Menghini, F. Furinghetti, L. Giacardi y F. Arzarello (Eds.), *The first century of the International Commission of Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of mathematics education* (pp. 25-39). Roma: Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Treccani.
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. España: Paidós.
- Long, C. y Dunne, T. (2014). Mathematics, curriculum and assessment: The role of taxonomies in the quest for coherence. *pythagoras*, 35(2), 1-14.
- López-Piñero, J. M. y Terrada-Ferrandis, M. L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica: los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. *Medicina clínica*, 98(4), 142-148.
- Macías-Chapula, C. A. (2001). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *ACIMED*, 9(4), 35-41.
- Millán, J. D., Polanco, F., Ossa, J. C., Béria, J. S. y Cudina, J. N. (2018). La cienciometría, su método y su filosofía: Reflexiones epistémicas de sus alcances en el siglo XXI. *Revista Guillermo de Ockham*, 15(2), 17-27.
- Moreira, M. A. (2005). Una visión toulminiana respecto a la disciplina investigación básica en educación en ciencias: el rol del foro institucional. *Ciência & Educação (Bauru)*, 11(2).
- Muñoz-Repiso, M. (2010). Investigación, política y prácticas educativas. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2), 201-216.
- Pérez-Angón, M. Á. (2006). Usos y abusos de la cienciometría. *Cinvestav*, 25(1), 29-33.
- Price, D. J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348-349.
- Rico, L. (1997). *Bases teóricas del currículo de matemáticas en educación secundaria*. Madrid: Síntesis.
- Romberg, T. A. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on the teaching and learning of mathematics*. New York: Macmillan.
- Sierpinska, A. y Kilpatrick, J. (1998). *Mathematics education as a research domain: A search for identity*. Dordrecht: Kluwer.

- Solano, E., Castellanos, S., López, M. M. y Hernández, J. (2009). La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada. *MediSur. Revista electrónica*, 7(4), 59-62.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informática*. Caracas: UNESCO.
- Spinak, E. (2001). Indicadores cienciométricos. *ACIMED*, 9(4), 16-18.
- Tatto, T., Schwille, J., Schmidt, W., Ingvarson, L. y Beavis, A. (2006). *IEA teacher education study in mathematics (TEDS-M). Conceptual framework*. East Lansing, Estados Unidos: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University.
- Usiskin, Z. (2012). What does it mean to understand school mathematics. En *12th International Congress on Mathematical Education, COEX, Seoul, Korea*.
- Villareal, M. y Esteley, C. (2002). Una caracterización de la Educación Matemática en Argentina. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(2), 23-36.
- Waldegg, G. (1998). La educación matemática ¿una disciplina científica? *Colección Pedagógica Universitaria*, 29, 13-44.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, and identity*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.