

Investigación e Innovación en la Consolidación de una Disciplina Educativa

Research and Innovation in the Development of an Educational Discipline

Paola Castro *, Pedro Gómez, Sileni-Marcela Carranza

Universidad de los Andes, Colombia

DESCRIPTORES:

Conocimiento
Disciplina
Documentación
Innovación
Investigación

RESUMEN:

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. Determinamos si, desde la diversidad de su documentación, la disciplina se consolida como tal. Encontramos que esta disciplina, en el caso colombiano, se ha consolidado en términos de la evolución en el tiempo de su producción documental. Las características de esta evolución nos permiten conjeturar que la consolidación de una disciplina educativa 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.

KEYWORDS:

Knowledge
Discipline
Documentation
Innovation
Research

ABSTRACT:

We 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. We determined if, from the diversity of its documentation, the discipline has consolidated. We found that this 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 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.

CÓMO CITAR:

Castro, P., Gómez, P. y Carranza, S. M. (2022). Investigación e innovación en la consolidación de una disciplina educativa. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 20(1), 5-19.
<https://doi.org/10.15366/reice2022.20.1.001>

1. 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-Asencio et al., 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; Murillo y Martínez-Garrido, 2020). 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; 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 (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 et al., 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 et al., 2014; Fernández et al., 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).

2. 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 et al., 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.

1.1. 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 López et al., 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 es-

tudios 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 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. 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.

1.2. 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 (Gómez y Cañadas, 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 u 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-Asencio 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-Asencio et al., 2017; UNESCO, 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).

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.

3. Método

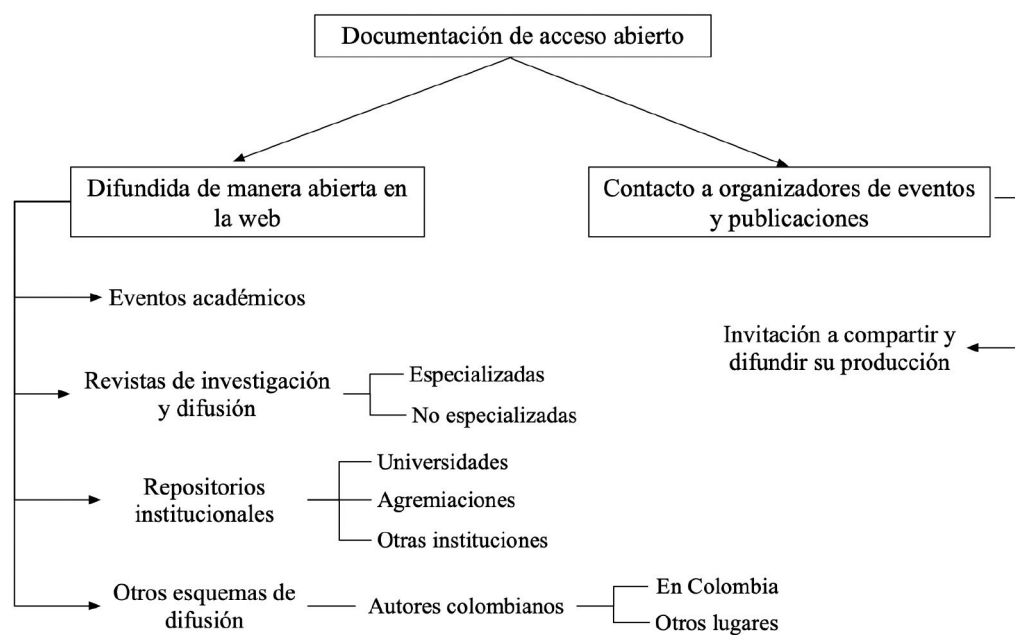
El estudio es documental ex post facto (Navarro-Asencio et al., 2017) y cuantitativo, ya que realizamos el análisis cuantitativo de una disciplina a partir de su documentación (Spinak, 1996). Utilizamos el estudio de la Educación Matemática en Colombia como un instrumento para indagar aspectos que resultan comunes en la difusión del conocimiento de las disciplinas educativas en diferentes países. En este sentido, realizamos un estudio de caso en el que tomamos la documentación de una disciplina como objeto de estudio para caracterizarla en términos de sus formas de difusión del conocimiento (Caramon y Martínez, 2004).

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 la decisión de analizar documentos publicados desde 1996 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 (Castro et al., 2020; Gómez Mulett, 2018). Establecimos 2016 como límite del periodo de análisis, pues garantizamos la recolección completa de documentos publicados por las fuentes de información hasta ese año. En lo que sigue, presentamos estas fuentes, 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 3214 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



Nota. Elaboración propia.

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, la proporción a la que corresponde esta cantidad según el tamaño de la muestra y el porcentaje de documentos de ensayo, investigación e innovación en cada tipo. Como se aprecia allí, el 98,4% de los documentos vienen de fuentes que establecen procedimientos de evaluación por pares para asegurar la calidad de los trabajos.

Cuadro 1
Distribución de documentos por fuente

Tipo de fuente	Cantidad	Proporción de la muestra	Porcentaje de cada tipo		
			Ensayo	Investigación	Innovación
Contribución a acta de evento	1.343	41,8%	16%	44%	40%
Artículo	706	22%	17%	63%	20%
Capítulo de libro	441	13,7%	38%	38%	24%
Conferencia o comunicación	220	6,8%	11%	53%	36%
Tesis de posgrado	214	6,6%	0%	84%	16%
Trabajo de grado de licenciatura	202	6,3%	5%	71%	24%
Documento no publicado	45	1,4%	62%	24%	13%
Libro	38	1,2%	13%	47%	39%
Recurso de enseñanza	5	0,2%	0%	0%	100%

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 establecimos en el marco conceptual: ensayo, investigación e innovación.

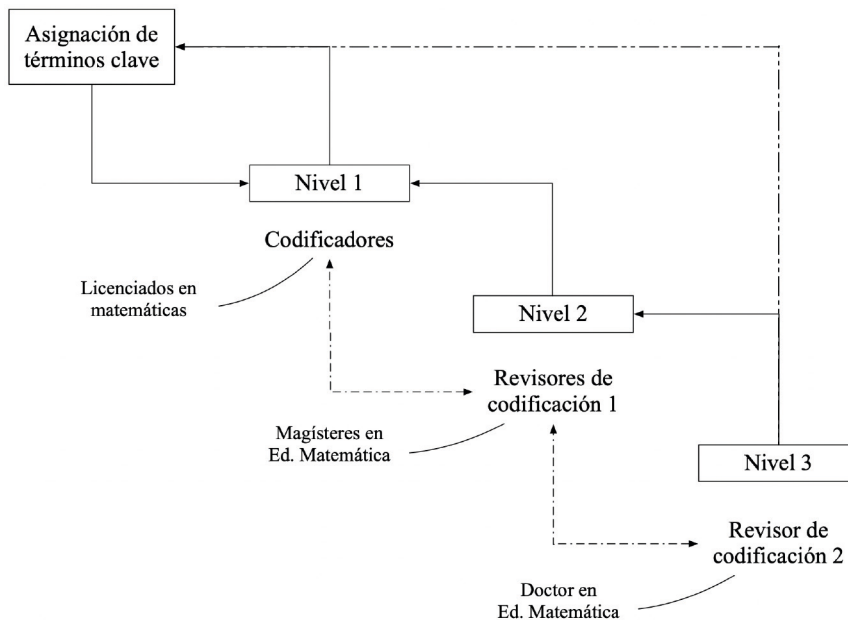
Procedimientos

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, máster 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, establece-

mos 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).

4. 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.

4.1. Comportamiento diacrónico de la cantidad de documentos por tipo

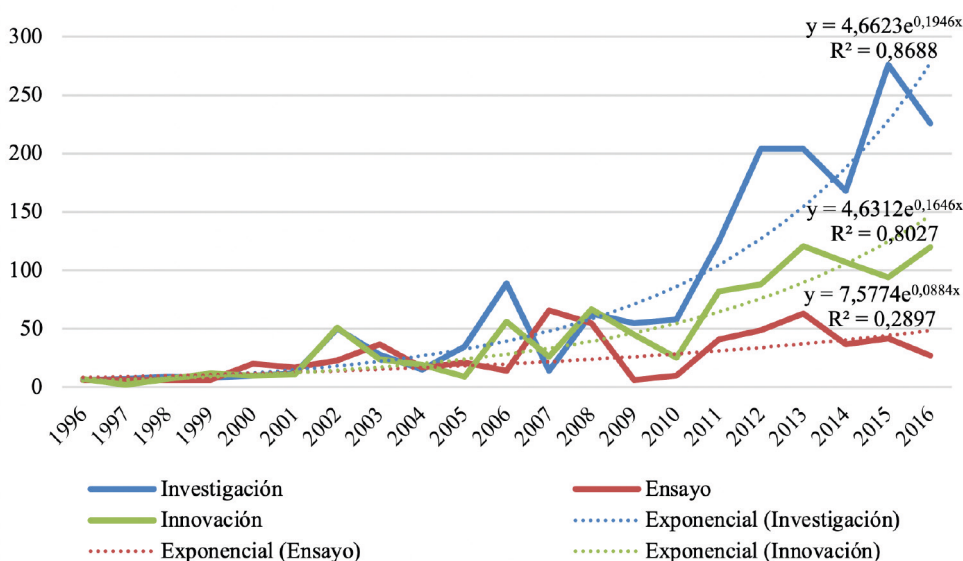
Encontramos que los 3.214 documentos no están distribuidos de manera equitativa en términos de su tipo. Hay un total de 569 ensayos (17,7%), 1662 investigaciones (51,7%) y 983 innovaciones (30,6%). Existe suficiente evidencia muestral para aseverar que la distribución de documentos de investigación, 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.

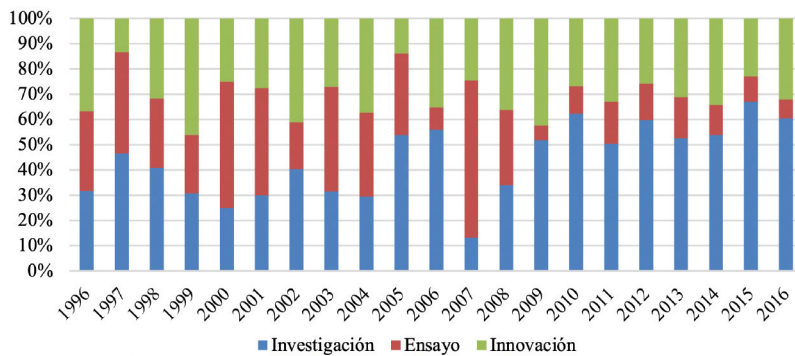
Figura 3
Comportamiento diacrónico de los tres tipos de documentos



4.2. Evolución diacrónica de la proporción de la documentación

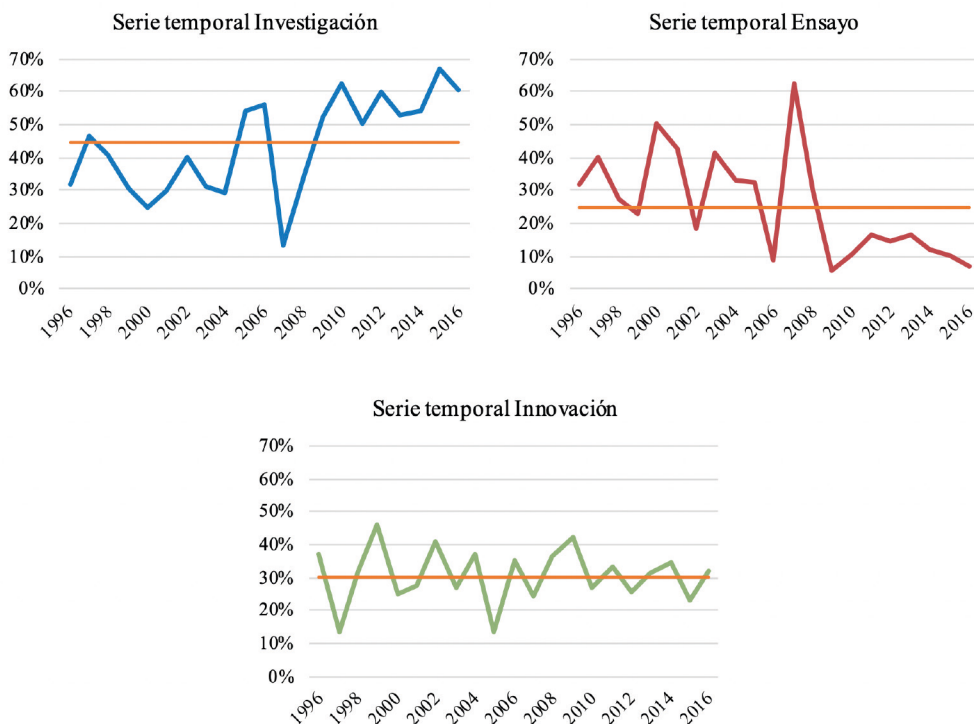
Para la disciplina estudiada como caso, la evolución diacrónica del conjunto de la documentación nos muestra que la producción de innovaciones se mantiene, en promedio, constante a partir de 1996. El porcentaje de trabajos de ensayo producido por año tiende a disminuir. Este comportamiento se hace evidente 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



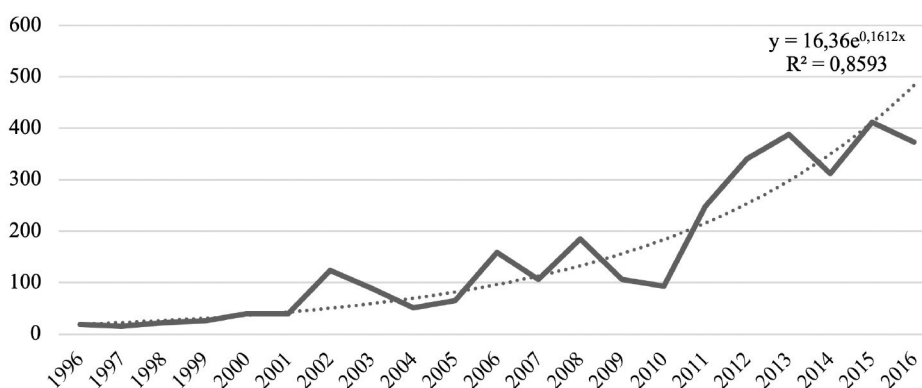
Con un nivel de significatividad de 0,01, podemos rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad para la serie temporal de innovación ($P = 0,0000$). Adicionalmente, encontramos que existe suficiente evidencia muestral para afirmar que las series temporales de ensayo e investigación no son estacionarias 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 comprendido entre 1996 y 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 ($r = -0,18$).

4.3. 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.

5. 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. Si bien se reconoce la importancia de la investigación educativa (Murillo y Martínez-Garrido, 2019), 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. Se hace necesario promover una relación efectiva entre la investigación y la innovación, que responda a las demandas de las prácticas educativas y contribuya a su mejora (Esquivel-Martín et al., 2019; Murillo y Martínez-Garrido, 2020).

5. 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 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. Existen oportunidades para estudiar de manera más amplia el comportamiento de la investigación y la innovación en un campo del conocimiento a nivel internacional. En el caso de la Educación Matemática, identificamos oportunidades para caracterizar este comportamiento en los países de habla hispana de acuerdo con el crecimiento de su producción documental (Castro y Gómez, 2021).

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, Minciencias, Proyecto código 80740-179-2019.

Referencias

- Arencibia, J. R. y De Moya, F. (2008). La evaluación de la investigación científica: Una aproximación teórica desde la cuantimetría. *Acimed*, 17(4), 1-27.
- Borgman, C. y Furner, J. (2002). Scholarly communication and bibliometrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 36(1), 3-72. <https://doi.org/10.1002/aris.1440360102>
- Bracho, 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>
- 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. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v28n50a04>

- Callon, M., Courtial, J.-P. y Penan, H. (1995). *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Ediciones TREA.
- Cantoral, R. y Farfán, R. M. (2003). Matemática educativa: Una visión de su evolución. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 6(1), 27-40.
- Caramon, M. C. y Martínez, J. A. (2004). La investigación de la enseñanza a partir del estudio de caso y el trabajo de caso. En M. E. Murueta (Ed.), *Alternativas metodológicas para la investigación educativa* (pp. 37-46). Amapsí Editorial.
- Casas, R. (2004). Las nuevas formas de producción de conocimiento: Reflexiones en torno a la interdisciplina en las ciencias sociales. *Omnia*, 20, 263-274.
- Castro, P. y Gómez, P. (2020). Educación matemática en los países de habla hispana: Agremiaciones, eventos y publicaciones. *UNIÓN, Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 60, 245-259.
- Castro, P. y Gómez, P. (2021). Educación matemática en países hispanohablantes: Evolución de su documentación de acceso abierto. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 15(2), 69-92.
<https://doi.org/10.30827/pna.v15i2.16155>
- Castro, P., Gómez, P., Carranza, S.-M. y Cañadas, M. C. (2020). Comunidad colombiana de educación matemática: Una caracterización documental. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34(68), 1221-1242.
<https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n68a18>
- Ernest, P. (1998). A postmodern perspective on research in mathematics education. En A. Sierpinski y J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 71-85). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-5190-0_4
- Esquivel-Martín, T., Bravo-Torija, B. y Pérez Martín, J. M. (2019). Brecha entre investigación y praxis educativas en la enseñanza de biología. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(4), 75-91.
<https://doi.org/10.15366/reice2019.17.4.004>
- 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.
<https://doi.org/10.3989/redc.2003.v26.i2.135>
- 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*, 903, art 3.
- 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, 123-146.
- Hammersley, M. y Gomm, R. (2002). Research and practice, two worlds forever at odds? En M. Hammersley (Ed.), *Educational research, policymaking and practice* (pp. 59-83). Paul Chapman Publishing.
<https://doi.org/10.4135/9781849209083.n3>
- Macías-Chapula, C. A. (2001). Papel de la informetría y de la cuantimetría 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]. Archivo de la Universidad de Granada.
- 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. <https://doi.org/10.17227/01203916.66rce55.72>
- Millán, J. D., Polanco, F., Ossa, J. C., Béria, J. S. y Cudina, J. N. (2018). La cuantimetría, 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 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*, 11(2). <https://doi.org/10.1590/S1516-73132005000200003>
- Muñoz, J. M., Arnal-Bailera, A., Beltrán-Pellicer, P., Callejo, M. L. y Carrillo, J. (2017). *Investigación en educación matemática XXI*. SEIEM.
- Muñoz-Repiso, M. (2010). Investigación, política y prácticas educativas. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(2), 201-216.
- Murillo, F. J. y Garrido-Martínez, C. (2019). Una mirada a la investigación educativa en América Latina a partir de sus artículos. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 17(2), 5-25. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.2.001>
- Murillo, F. J. y Martínez-Garrido, C. (2020, 26 de junio). ¿Para qué sirven las revistas de investigación educativa? *Aula Magna 2.0*. [Blog]. <https://cuedespyd.hypotheses.org/8298>
- Navarro-Asencio, E., Jiménez-García, E., Rappoport-Redondo, S. y Thoilliez-Ruano, B. (2017). *Fundamentos de la investigación y la innovación educativa*. Universidad Internacional de La Rioja.
- Pérez Angón, M. A. (2006). Usos y abusos de la ciencimetría. *Cinvestav*, 25(1), 29-33.
- Price, D. J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. 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. <https://doi.org/10.14201/eks2015161103118>
- 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. *Información, Cultura y Sociedad*, 20, 91-110.
- Romberg, T. (1992). Perspectives on scholarship and research methods. En D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on the teaching and learning of mathematics* (pp. 49-64). Macmillan.
- Sabino, C. (1994). *Cómo hacer una tesis*. Editorial Panapo.
- Sabino, C. (1996). *El proceso de investigación*. Hvmnitas.
- Santos-Trigo, M. (2009). Innovación e investigación en educación matemática. *Innovación Educativa*, 9(46).
- Solano López, E., Castellanos Quintero, S. J., López Rodríguez, M. M. y Hernández Fernández, J. I. (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). <https://doi.org/10.1344/sn2013.17.14960>
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, ciencimetría e informática*. UNESCO.
- Spinak, E. (2001). Indicadores ciencimétricos. *Acimed*, 9(4), 16-18.
- UNESCO. (2016). *Innovación educativa, texto 1*. UNESCO.
- 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.

Breve CV de los/as autores/as

Paola Castro

Licenciada en Matemáticas de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Magister en Educación concentración en Educación Matemática y Doctora en Educación de la Universidad de los Andes (Colom-

bia). Fue docente de educación básica y media durante 10 años. Gestiona el área de recursos y comunidad en UED, centro de investigación y formación en Educación Matemática. Forma parte del equipo académico de la Maestría en Educación Matemática y coordina la especialización en Educación Matemática para profesores de secundaria y media de la Facultad de Educación de la Universidad de los Andes. Es coautora de libros de texto en matemáticas y ha publicado artículos y capítulos de libros en investigación e innovación en Educación Matemática. Email: dp.castro116@uniandes.edu.co

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3333-2461>

Pedro Gómez

Matemático e Ingeniero Industrial de la Universidad de los Andes, Colombia. Master of Arts en Economía por The University of Kent at Canterbury, Inglaterra; Master of Science en Lógica y Método Científico por The London School of Economics, Londres; y Diplome d'Etudes Approfondies en Sociología por la Universidad París III, París. Doctor en Matemáticas (especialidad Didáctica de la Matemática) de la Universidad de Granada, España. Director de UED, centro de investigación y formación en Educación Matemática, director de la Maestría en Educación Matemática y de las especializaciones virtuales en Educación Matemática para profesores de primaria, y secundaria y media, en la Universidad de los Andes, y colabora como profesor e investigador en la Universidad de Granada. Email: argeifontes@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9929-4675>

Sileni-Marcela Carranza

Licenciada en Matemáticas de la Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Fue auxiliar de investigaciones en UED, el centro de investigación y formación en Educación Matemática de la Facultad de Educación de la Universidad de los Andes. Se desempeña como docente de matemáticas en el Gimnasio Bilingüe Obregón de Bogotá. Email: sileni.carranza@hotmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5477-9078>