

¿Quién hace investigación en educación matemática en Colombia?

Who does research in mathematics education in Colombia?

<http://doi.org/10.17981/cultedusoc.14.2.2023.06>

Recibido: 15 de febrero de 2022. Aceptado: 12 de junio de 2022. Publicado: 5 de julio de 2023.

José Hernando Ávila-Toscano 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
joseavila@mail.uniatlantico.edu.co

Leonardo José Vargas-Delgado 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
ljvargas@mail.uniatlantico.edu.co

Jeffrey Anderson Castro-Rocha 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
jandersoncastro@mail.uniatlantico.edu.co

Jazleydy Chávez-García 

Universidad del Atlántico. Barranquilla (Colombia)
jychavez@est.uniatlantico.edu.co

Laura Isabel Rambal-Rivaldo 

Corporación Universitaria Reformada. Barranquilla (Colombia)
lrambal@unireformadae.cu.co

Para citar este artículo:

Ávila-Toscano, J., Vargas-Delgado, L., Castro-Rocha, J., Chávez-García, J. y Rambal-Rivaldo, L. (2023). ¿Quién hace investigación en educación matemática en Colombia? *Cultura, Educación y Sociedad*, 14(2), 115–136. DOI: <http://dx.doi.org/10.17981/cultedusoc.14.1.2023.06>

Resumen

Introducción: El Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia (SNCTI) clasifica los investigadores como Junior, Asociado y Senior según su productividad. Actualmente no resulta fácil ubicar fuentes que exploren el trabajo de investigadores en educación matemática dentro de este sistema. **Objetivo:** Analizar el perfil científico de investigadores en educación matemática a partir de su producción y redes de cooperación académica con el propósito de caracterizar el corpus científico de la disciplina y sus dinámicas productivas. **Metodología:** Estudio cuantitativo, retrospectivo y correlacional, se analizó la producción intelectual y las propiedades de las redes de coautoría de 281 investigadores durante el periodo 2016-2020. **Resultados y discusión:** Se identifica baja productividad, la mayoría no está clasificado como investigador y 44.1% no ha generado ningún producto en los últimos cinco años. El perfil profesional y de producción no muestra diferencias entre hombres y mujeres, en cambio, la estructura de las redes de coautoría se relaciona directamente con indicadores de producción y cooperación. **Conclusiones:** Generar nuevo conocimiento en matemática educativa es una tarea vigente para los estudiosos de la disciplina, con frecuencia muchos se autodenominan investigadores, pero sus prácticas productivas les contradicen. Estos profesionales están llamados a la profesionalización científica y a incluirse en redes académicas que coadyuven en esa meta.

Palabras clave: Investigador; educación matemática; ciencia y tecnología; análisis de redes; información científica

Abstract

Introduction: In the Colombian science and technology system (SNCTI), researchers are classified as Junior, Associate and Senior according to their productivity. In the current literature there are no studies that explore the work of researchers in mathematics education within these systems. **Objective:** to analyze the scientific profile of researchers in mathematics education based on their production and academic cooperation networks in order to characterize the scientific corpus of the discipline and its productive dynamics. **Methodology:** Quantitative, retrospective, and correlational study, the intellectual production, and the properties of the co-authorship networks of 281 researchers were analyzed during the period 2016-2020. **Results and Discussion:** The data show low productivity, most of those evaluated are not classified as researchers and 44.1% have not generated any product in the last five years. The professional and production profiles do not show differences between men and women, on the other hand, the structure of co-authorship networks is directly related to production and cooperation indicators. **Conclusions:** Generating new knowledge in educational mathematics is an ongoing task for academics in the discipline, many of whom often call themselves researchers, but their productive practices contradict them. These professionals are called to scientific professionalization and to be included in academic networks that contribute to this goal.

Keywords: Researcher; mathematical education; sciences and technology; network analysis; scientific information



INTRODUCCIÓN

El fomento de la Ciencia, Tecnología e Innovación-CTI en Colombia es responsabilidad del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación-Minciencias, que asume la misión de identificar cuáles instituciones y personas participan en actividades de investigación y desarrollo para así establecer su productividad, recursos, productos derivados, a quiénes van dirigidos, relaciones entre los productos y sus autores, y en general, cuál es el método para alcanzar la productividad (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias, 2018).

Cada década la producción científica se cuadruplica, esto se debe principalmente a la expansión y avance de la tecnología y la comunicación, por lo cual se considera que la ciencia evoluciona y cambia haciendo de la investigación científica su instrumento básico. De esta misma forma, la producción científica comporta los aportes a la ciencia generados a través de la investigación y se basa en la búsqueda sistemática, crítica y controlada de un mayor conocimiento, esta producción incluye trabajos con rigor en la forma de los temas, entre ellos monografías, disertaciones, tesis y artículos (Cyrino et al., 2020).

En Latinoamérica, los gobiernos regulan la actividad científica por medio de mecanismos de evaluación a los investigadores, desde la década de 1980 se tiene en cuenta principalmente su productividad como el elemento concluyente para el avance científico y para el sostenimiento de programas de investigación que promueven las diferentes agencias, pues la productividad de los autores puede generar recursos de financiamiento (Vessuri & Sonsiré, 2010).

En los últimos años, Minciencias ha evaluado los Grupos de Investigación-GI e investigadores para determinar su productividad y niveles de excelencia, sin embargo, este proceso privilegia el papel de productos de nuevo conocimiento (artículos) publicados en revistas incluidas en las bases de los sistemas más prestigiosos de indexación como Web of Science-WoS y Scopus, pues permiten conocer el impacto y visualización de la producción científica de los GI (Colciencias, 2014). Minciencias emplea un modelo de medición basado en un algoritmo capaz de ponderar la producción con el fin de visibilizar las formas, métodos y dinámica de los grupos y sus investigadores, de manera que los resultados impacten en la fortaleza de gestión, toma de decisión en las políticas de estímulo y priorización de recursos, financiación y sostenibilidad de los proyectos de CTI (Colciencias, 2017).

En la actualidad, investigar sobre producción científica se ha convertido en un tema relevante, gracias al auge de estudios de tipo bibliométrico y cienciométrico los cuales permiten la clasificación de contenido científico, esto se hace por medio del análisis de las fuentes bibliográficas, también se aplican diversas estrategias que permiten definir el tipo de autor, redes, temas de investigación, así como la desfragmentación de la producción en disciplinas y subdivisiones de estas, además, el análisis permite conocer el nivel de interdisciplinariedad del conocimiento (Spinak, 2001; Porter & Rafols, 2009; Silva et al., 2011; Sudakova et al., 2022).

Puntualmente, este artículo se ha enfocado en analizar los elementos descritos dentro de un campo específico de las ciencias de la educación, como lo es la matemática educativa, apuntando a evaluar el corpus de investigadores en la disciplina registrados en grupos

de investigación dentro del sistema científico colombiano. El origen de esta idea se deriva del proyecto de investigación denominado “*Cienciometría de la producción de nuevo conocimiento en educación matemática*”, adscrito al grupo de investigación de Estudios Interdisciplinarios en Matemática, Educación y Desarrollo-GIMED de la Universidad del Atlántico (Colombia), a través de la línea de investigación en Cienciometría de las ciencias sociales, educación y matemáticas.

Esta tarea ha conducido a trabajar en dos frentes, por un lado, analizar la productividad científica con base en los diferentes tipos de productos que reconoce el modelo de medición científica de Colombia, a partir de los cuales se ha incluido el cálculo de diversos indicadores bibliométricos que evalúan la productividad de investigadores más allá de la cuantificación de los productos que ha logrado en su carrera, aportando así un análisis más objetivo e integral. El segundo frente de análisis se ha centrado en la exploración de las redes de cooperación en educación matemática, procurando reconocer la dinámica de interacción entre quienes conforman la diáspora científica del área en Colombia.

Con este proceso se aporta el perfil científico de investigadores e investigadoras en educación matemática y se responde a la necesidad de caracterizar una comunidad académica que ha asumido la responsabilidad social de abordar los problemas fundamentales de la enseñanza y el aprendizaje de una de las áreas más relevantes y problemáticas de la educación (Alova, 2019; Fritz et al., 2019). Los resultados obtenidos de este análisis contribuyen a reconocer fortalezas y debilidades asociadas con el perfil de los investigadores de la disciplina, además de apoyar con orientaciones acerca de las rutas de profesionalización y perfeccionamiento en su proceso formativo y productivo, en el marco de una comunidad internacional que demanda a mayor escala una educación sustentada en la investigación (Bergmark, 2023).

REVISIÓN DE LA LITERATURA

La producción de investigadores informa bastante bien sobre los intereses científicos en determinados campos del conocimiento, asimismo, conocer el perfil de quienes investigan conlleva un análisis de su historial académico, productos, formas de difusión, redes cooperativas y dinámicas de trabajo. En Colombia se había mantenido una producción baja en estudios de esta naturaleza, pero en la última década han tenido auge los trabajos enfocados en la producción de GI y centros de educación superior, los cuales ponderan la relación entre investigadores e instituciones nacionales e internacionales, tales estudios contribuyen con el análisis del impacto de la ciencia (Maz-Machado et al., 2016; Brew et al., 2016), la interdisciplinaridad en la producción y el perfil general de cada investigador en plataformas digitales (Corchuelo, 2018; Corchuelo-Rodríguez et al., 2019).

El perfil del investigador está basado en el reconocimiento público de información clave como el nombre usado en citaciones (nombre de pluma), afiliación a una institución, país, correo electrónico, área, línea de investigación (Trillos, 2014), y evidencias de su trayectoria, como las publicaciones en revistas de alto nivel (Rodríguez-Morales et al., 2016). Los investigadores colombianos cuentan con un currículum virtual público, denominado Currículum Vitae Latinoamericano y del Caribe-CvLAC, donde registran

información profesional (Colciencias, 2017). Estos investigadores son clasificados en las categorías Sénior, Asociado y Junior, de acuerdo con su formación y nivel productivo; también se otorga el carácter de Emérito como reconocimiento a toda una vida científica (Colciencias, 2017).

Para el año 2019, Minciencias (s.f.) reportaba 16 796 investigadores reconocidos, de los cuales, 9 921 eran clasificados Junior, 4 349 Asociados y 2 473 Sénior, mientras que se identificaron 53 Eméritos. De estos investigadores, 9 465 eran doctores, 6 175 magísteres, 416 especialistas, 385 tenía especialidad médica, 348 pregrado y 7 con otra formación; este es un dato relevante, pues la literatura reporta que la formación de alto nivel incide en la mayor productividad de los investigadores (D'Amico et al., 2011). En este reporte, Minciencias (s.f.) también señala que el 54% de la productividad se enfoca en generar nuevo conocimiento, 23% en apropiación social, 20% en productos de formación y solo el 4% corresponde a desarrollo tecnológico e innovación.

Por su parte, en campos puntuales como la educación matemática, los trabajos científicos han ganado visibilidad gracias a la producción de tesis doctorales, ponencias en congresos y publicación en revistas científicas, permitiendo que progresivamente se vaya consolidando el campo de investigación (Bracho-López et al., 2012). El enfoque tradicional de análisis de la producción científica evalúa la cantidad de contribuciones generadas por un investigador dentro de un área específica, sin embargo, no se ha podido establecer un estándar internacional para medir la producción (Abramo & D'Angelo, 2014).

Medir la productividad de los investigadores basándose únicamente en el número de publicaciones por autor puede implicar sesgos, porque los productos también pueden tener una valoración diferente en función de su relevancia, y en este sentido, publicar más no necesariamente implica mayor impacto (Abramo & D'Angelo, 2014). Para conseguir una medición acertada de la producción se debe considerar su calidad, esto implica conocer el desempeño del número de publicaciones y su impacto nacional o internacional para obtener un promedio normalizado que informe sobre la relevancia de las contribuciones, la detección de investigadores poco productivos o la dispersión del desempeño dentro de unidades de investigación (Abramo & D'Angelo, 2014; Abramo et al., 2019).

Un indicador relevante sobre la productividad de los autores consiste en sus redes de cooperación, entendiéndolas como los lazos entre investigadores conducentes al acceso a contactos y recursos que redundan en el aumento de la cantidad y calidad de la producción (Low et al., 2014; Qi Dong et al., 2017). La colaboración entre investigadores permite abordar problemáticas en el área de la educación desde diferentes perspectivas y enfoques aumentando el espíritu crítico y la interacción entre la comunidad científica, lo cual promueve el desarrollo de investigaciones con alta calidad y relevancia internacional (Lancho-Barrantes et al., 2013; Lancho-Barrantes & Cantu-Ortiz, 2021; Low et al., 2014).

Algunos trabajos cualitativos también han mostrado cómo los investigadores señalan que gran parte del enriquecimiento de su perfil se asocia con la posibilidad de colaborar con figuras relevantes dentro de un área de conocimiento (Currin, 2022). Sin embargo, evidencia reciente señala que, las redes entre autores e instituciones en Colombia tienen un nivel bajo dentro de las ciencias sociales incluyendo en ellas la educación (Ávila-Toscano et al., 2019); también se muestran redes de autores con pocas variaciones en su

estructura en función del sexo, lo cual sugiere, además, un cierre paulatino de las brechas de género en este campo del conocimiento tanto por el protagonismo de la mujer como por su productividad.

En ciencias educativas se reconoce que la producción científica ha crecido en los últimos quince años en Colombia, sin embargo, esta producción sigue siendo baja si se hace la comparativa con otros países, en especial en lo que respecta a publicaciones en revistas incluidas en bases de datos como Scopus (Jiménez, 2016). La producción educativa en el país no responde a redes de cooperación altamente estructuradas, además, los articulistas tienden a escribir en idioma español y publican localmente limitando la difusión internacional de sus contribuciones (Urbizagástegui y Restrepo 2013; Muñoz-Ñungo et al., 2020).

En educación matemática, aunque existen estudios sobre la producción en la disciplina (Maz et al., 2015), la caracterización de investigadores es escasa. Algunos trabajos señalan que la mayoría de los investigadores en matemática educativa cuentan con un bajo índice de colaboración comparativamente con otras disciplinas, y en sus redes de colaboración se aprecian múltiples nodos aislados dada la preferencia por publicaciones individuales, donde también es habitual encontrar pequeñas redes (clúster) conformadas por dos o tres autores, la mayoría de estas recaen sobre los autores más productivos (Bracho-López et al., 2012; Castro et al., 2019).

Recientemente se analizó la producción colombiana de educación matemática indexada en el *Emerging Sources Citation Index*, observando que, a pesar del aumento en materia de colaboración entre autores, la producción es eminentemente local y las redes son poco densas (Muñoz-Ñungo et al., 2020), sugiriendo una necesaria mayor participación de los investigadores de la disciplina en medios de divulgación que empleen el formato de artículo indexado.

Este estudio enfoca su interés en analizar la actividad científica de investigadores en educación matemática registrados en GI colombianos cuyo enfoque radique en esta área educativa. El análisis evalúa a cada autor/a con base en sus indicadores productivos, los cuales además de incluir el número de artículos publicados considera la importancia relativa de las contribuciones (Abramo & D'Angelo, 2014), y otros indicadores relevantes, como participar en redes de coautoría. Asimismo, en este estudio se indagan los elementos relacionados con el perfil profesional, ampliando el conjunto de la producción a libros, capítulos y trabajos de culminación de pre y postgrado. En consecuencia, el objetivo de este estudio es identificar el perfil científico de investigadores en educación matemática dentro del modelo científico colombiano definiendo sus redes de cooperación científica con el propósito caracterizar el corpus científico de la disciplina y sus dinámicas productivas.

METODOLOGÍA

Esta investigación se basó en un estudio de enfoque cuantitativo, con corte retrospectivo y diseño correlacional. Responde al análisis de información preexistente contenida en bases de datos, cuyo tratamiento se focalizó en análisis estadísticos los cuales permitieron describir los datos hallados y el posterior cálculo de relaciones entre variables. Para su ejecución, el estudio se cumplió en tres fases correspondientes a la selección, organización y análisis de la información.

Fase 1. Selección de la información

La primera fase consistió en identificar las unidades muestrales definiendo los criterios para su escogimiento; tales unidades correspondieron a los perfiles de investigadores e investigadoras registrados en el sistema científico colombiano. Este proceso se cumplió en dos momentos, el primero enfocado en reconocer los GI que concentraban a los investigadores, y el segundo, en la identificación propiamente dicha de estos últimos.

Para el primer caso se definieron los siguientes criterios: a) Seleccionar GI en Ciencias Sociales, Humanidades y Educación que declaraban explícitamente contar con líneas de investigación en educación matemática; b) descartar grupos enfocados en matemática pura y similares; c) todos los grupos debían estar clasificados o reconocidos por Minciencias. Esto condujo a identificar un total de 30 grupos de los cuales se excluyeron tres por no reunir los criterios descritos.

Luego se accedió a la plataforma digital de cada grupo (Grupo Latinoamérica y del Caribe-GrupLAC), para identificar los investigadores activos que desarrollaban actividades científicas en educación matemática. Esto permitió obtener el listado de investigadores y posteriormente acceder a su respectivo currículum virtual (CvLAC), para la recolección de sus datos. Se definieron como criterios de selección: a) estar activos dentro de los grupos; b) tener autorizado el acceso abierto a los perfiles; c) contar con CvLAC debidamente diligenciado de forma que no se incluyeron perfiles creados con datos personales o laborales, pero sin información sobre la producción científica.

Se identificaron 281 currículos para un promedio de 10.4 investigadores por grupo, de ellos, el 60.1% fueron hombres ($n = 169$), y el 39.9% mujeres ($n = 112$), en su gran mayoría colombianos ($n = 275$, 97.9%). Dadas las características descritas para el proceso de selección de los participantes, se trató de una muestra accidental (o consecutiva), aquella donde se selecciona de forma no probabilística todos los elementos disponibles que cumplen con los criterios fijados dentro de un periodo de tiempo puntual (Robledo, 2005).

Fase 2. Organización de la información

Cumplida la selección de las unidades muestrales se procedió a organizar la información, lo cual requirió de dos bases de datos, la primera consistió en un archivo creado en un libro de Excel®, en el cual se registró la información relacionada con los productos reportados en los CvLAC de cada investigador, además de ayudar a calcular indicadores bibliométricos. Para completar la base fue necesario descargar los CvLAC de cada investigador, de donde se extrajo la información personal, laboral y los diferentes productos obtenidos, esto se cumplió entre junio y julio de 2020, por lo cual se reconoció toda la producción generada entre el 1 enero de 2016 y el 19 de julio de 2020. En consideración a que, la visualización del contenido de los CvLAC es obligatoria para ser clasificado como investigador, su visualización es autorizada por cada profesional y, por ende, el acceso a esta es público y libre. Se asume que la información registrada es fidedigna.

La segunda base consistió en una matriz cuadrada de datos binarios (1, 0) usada para definir la existencia (1) o no (0) de cooperación entre autores. Se denomina cuadrada porque el reporte de autores de las columnas coincide con el de las filas y su utilidad radica en

la aplicación posterior de algoritmos para conocer la estructura sociométrica de la red de autores. Para identificar esta red y analizar sus indicadores estructurales, fue necesario descargar la producción reportada en los CvLAC, esto se cumplió exclusivamente con los artículos científicos a los cuales se accedió desde las revistas en las que estaban publicados; a partir de la información de cada artículo se agregó a la red de los 281 investigadores sus respectivos coautores para un total de 790 articulistas. La información se registró manualmente.

El proceso metodológico para el análisis de los tipos de productos y la aplicación de los indicadores bibliométricos puntuales se cumplió siguiendo la metodología propuesta en trabajos previos (Ávila-Toscano y Rambal-Rivaldo, 2020), resumida a continuación:

- a. *Perfil profesional de investigadores*: Se incluyó información como su clasificación, sexo, nivel formativo, años de experiencia, sectores de desempeño, actividades desempeñadas (gerenciales, técnico-científicas, docencia), docencia en pre y postgrado, filiación, etc.
- b. *Indicadores relacionados con la producción de los investigadores*: En este caso se diferencian dos tipos de datos, la Producción científica (número y tipo de productos) y los Indicadores bibliométricos de producción científica (medidas derivadas de los artículos publicados). Para el primer tipo de datos, se detallan las características en la **Tabla 1**.

TABLA 1. Producción Científica.

Tipo de producto	Descripción	Tipo de producto	Criterio tipología
Productos de formación de Recursos Humanos	Trabajos de culminación de grado académico.	Trabajos pregrado. Tesis maestría. Tesis doctoral.	
	Libros de investigación.	Libros. Capítulos de libro.	
Productos de Nuevo Conocimiento	Artículos.	Tipo A1.	Q1 ^{abcd} .
		Tipo A2.	Q2 ^{abcd} .
		Tipo B.	Q3 ^{abcd} .
		Tipo C.	Q4 ^{abcde} .
Productos de divulgación	Libros.	Libros. Capítulos de libro.	2 o más BBCC ^f .
	Artículos.	Artículo no indexado.	

Q = Cuartil, ^a Journal Citation Reports, ^b Science Citation Index, ^c Social Science Citation Index, ^d Scimago Journal Rank, ^e Index Medicus, PsycINFO y Arts & Humanities Citation Index, ^f Bases Bibliográficas con Comité Científico (p. e.: RedaLyC, Scielo, LILACS). Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, los Indicadores bibliométricos de producción científica se calculan de acuerdo con el reporte de artículos publicados; tales medidas incluyen los índices descritos por el modelo de medición de Minciencias (Ávila-Toscano y Rambal-Rivaldo, 2020), y los indicadores de producción, intensidad y colaboración descritos por Abramo et al. (2009) y Ajiferuke et al. (1988). A continuación, se relaciona cada uno de ellos:

Índice general de producción de artículos WoS/Scopus (IART_R). Pondera la producción del total de artículos publicados en revistas incluidas en WoS y Scopus. Se calcula según el proceso logarítmico definido en el modelo de medición de Colciencias (2017), el cual contempla un peso relativo diferencial por cada tipo de artículo, como se ve a continuación en (1):

$$IART_R = 10 \cdot \lambda ART_{A1} + 6 \cdot \lambda ART_{A2} + 3.5 \cdot \lambda ART_B + 2 \cdot \lambda ART_C \quad (1)$$

El valor λ_{subtipo} se obtiene tras aplicar el logaritmo neperiano al total de artículos de cada categoría entre el periodo de observación más la constante 1.

Índice general de producción de artículos Tipo D. Se cumple la misma lógica del indicador previo, pero solo con artículos publicados en revistas incluidas en Bases Bibliográficas con Comité Científico.

Producción fraccional (Pf): Contribución de un autor en las publicaciones que ha desarrollado; se basa en la inversa del número de coautores (Abramo et al., 2009).

Intensidad de la contribución (IC): Proporción de Pf a la producción. Valores cercanos a cero indican tendencia a publicar en coautoría, valores cercanos a uno indican tendencia a publicar en solitario (Abramo et al., 2009).

Coeficiente de colaboración (CC): Mide la colaboración basándose en la idea de la atribución fraccional de la productividad. Asume valores entre 0 y 1, los más cercanos a 1 indican mayor nivel colaborativo (Ajiferuke et al., 1988).

Fase 3. Análisis de la información

La tercera fase metodológica consistió en definir los procedimientos de análisis de información de acuerdo con cada conjunto de datos diferenciando los que corresponden al perfil de los investigadores, las redes de cooperación y la relación entre estas y los indicadores de producción.

La caracterización del perfil de los investigadores se cumplió mediante análisis descriptivo para reportar las características sociolaborales y el perfil profesional, además, este análisis incluyó los resultados correspondientes a los indicadores de productividad de cada investigador.

En segundo lugar, se evaluó la estructura de redes de coautoría mediante el Análisis de Redes Sociales, método de análisis reticular por el cual se identifican indicadores estructurales de la red de coautoría. Se calcularon indicadores de centralidad que evalúan la importancia relativa de los autores, puntualmente se calculó Grado nodal (número de autores con quienes se coopera), Cercanía (capacidad de integrarse con otros autores), Intermediación (propiedad de un investigador para facilitar la relación entre otros autores). También se calcularon los Clúster (subagrupaciones en las que se vincula un investigador) y las medidas de Densidad y Distancias geodésicas con el fin de conocer la facilidad o no de las conexiones entre autores. Estos cálculos se cumplieron con el programa Ucinet (v. 6.205) y posteriormente se empleó Netdraw (v. 2.082) para generar un grafo de la red que permitiera su visualización.

Finalmente, se realizó un análisis no paramétrico de datos considerando los indicadores de producción y de estructura de redes, a partir de los cuales se calcularon diferencias significativas en función del sexo y de la clasificación de los investigadores, esto como una forma de contribuir a la diferenciación de los perfiles de producción. También se calculó el coeficiente de correlación de Spearman entre los indicadores de las redes, los relativos a la producción de artículos y los respectivos datos bibliométricos, en estas correlaciones el tamaño del efecto fue calculado con el estadístico ρ . Este análisis se cumplió con el programa **SPSS (v. 23)** y el tamaño de efecto se calculó con **G*Power (v. 3.1.9.2)**.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de identificación, de experiencia profesional y los productos desarrollados permitieron construir un perfil profesional de los investigadores en educación matemática. Tras revisar los currículos se identificó que la mayoría de los investigadores no están clasificados ($n = 220$, 78.3%), entre tanto, un 10% ($n = 28$) tiene categoría *Junior*, el 8.2% ($n = 23$) son *Asociados*, el 3.2% ($n = 9$) tienen clasificación *Senior*, y un investigador (0.3%) es *Emérito*. De los 281 investigadores de la muestra, 208 (74%, 122 hombres y 86 mujeres) tienen formación específica en matemáticas contando sus respectivas variaciones (matemática y física, educación básica con énfasis en matemáticas, matemáticas y química, etc.). Los restantes 73 investigadores tienen formación diversa, principalmente en ingeniería u otras licenciaturas. Un resultado llamativo es el reporte de 8 investigadores con profesiones no ligadas a la matemática educativa contando entre ellos 3 administradores de empresas, 1 biólogo, 1 psicólogo, 1 filósofo, 1 profesional en artes plásticas y 1 comunicador social.

Para una caracterización diferencial de los investigadores evaluados, la **Tabla 2** presenta los datos a partir de los cuales se realiza la descripción del perfil profesional de hombres y mujeres, y por cada tipo de investigador. Dichos perfiles se resumen a continuación:

Los investigadores (hombres) tienen formación de maestría o doctorado, y dentro de su historia laboral destacan cargos del nivel técnico-científico relacionados con el ejercicio de la docencia; un pequeño número cuenta con experiencia en cargos administrativos medios. Poseen amplia experiencia docente (cerca de 20 años de ejercicio), aunque el nivel de docencia en el que se desempeñan es en pregrado en una institución acreditada. Es bajo el índice de experiencia docente en programas posgraduales (maestría y doctorado).

Las investigadoras (mujeres) tienen alrededor de 17 años de experiencia académica y su actividad docente en instituciones de educación superior se ha enfocado en el pregrado, aquellas docentes que sí tienen experiencia en postgrados se han desempeñado a nivel de maestría. En su mayoría el máximo nivel formativo es de maestría mientras que el número de doctoras es inferior al de los hombres. Son pocas las que cuentan con experiencia en cargos de nivel medio y la mayor parte de su experiencia se enfoca en actividades técnico-científicas dentro de una institución acreditada.

Estos datos también fueron considerados para perfilar descriptivamente a los investigadores según su clasificación. El investigador *Junior* es un profesional doctorado con una experiencia laboral superior a 20 años dedicados casi totalmente a la docencia en pregrado. El investigador *Asociado* es un doctor con experiencia media de 28 años en el sector académico, desempeñando actividades técnico-científicas y docentes a nivel de pregrado. En este

conjunto se encuentra la mayoría de los sujetos que ha tenido la oportunidad de desempeñar cargos de nivel medio, esto equivale a 13 investigadores, pero 44% de ellos no son licenciados en matemáticas.

Los investigadores *Senior-Emérito* superan a sus colegas en años de experiencia al tener un promedio de 33 años de ejercicio profesional dedicado en su totalidad a la docencia. Son doctores, la mayoría con experiencia profesional en cargos gerenciales de nivel medio, pero el grueso de su experiencia profesional se enfoca en actividades técnico-científicas y en docencia a nivel de pregrado. Finalmente, en los investigadores no clasificados (*Otro integrante vinculado*) se identifica formación máxima de maestría, con desempeño en actividades técnico-científicas y docentes en pregrado, así como un promedio de experiencia de 17 años. Respecto a esta evidencia en la literatura se ha enfatizado (Brew et al., 2015; Chalela-Naffah y Rodríguez-Gómez, 2020), cómo muchos de los profesionales de diversas áreas, se definen a sí mismos como investigadores pese a que su producción científica no es notable o incluso es considerablemente inferior a la de sus colegas con reconocimiento en la comunidad científica.

TABLA 2. Descripción del perfil profesional por cada tipo de investigador.

Variables cualitativas		Sexo				Clasificación del investigador							
		Hombre		Mujer		Otro		Junior		Asociado		Senior-Emérito	
Variable	Categorías	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Nivel de formación ^a	Posdoctorado	2	0.7	2	0.7	2	0.7	1	0.4	—	—	1	0.4
	Doctorado	74	26.3	33	11.7	62	22.1	21	7.5	15	5.3	9	3.2
	Maestría	76	27	62	22.1	124	44.1	6	2.1	8	2.8	—	—
	Pregrado	17	6	15	5.3	32	11.4	—	—	—	—	—	—
Cargos gerenciales ^b	Alto	3	1.1	2	0.7	4	0.6	1	.2	—	—	—	—
	Medio	57	20.3	27	9.6	56	8.6	8	1.2	13	2	7	1.1
	Bajo	1	0.4	2	0.7	2	0.3	—	—	1	0.2	—	—
Acreditación	Técnico-Científico	169	60.1	112	39.9	220	33.6	28	4.3	23	3.5	10	1.5
	Docencia	158	56.2	104	37	220	33.6	28	4.3	23	3.5	10	1.5
Nivel docencia ^c	Institución acreditada	147	86.9	112	100	182	64.8	28	10	23	8.2	10	3.6
	Pregrado	146	86.4	88	73.9	174	79.1	27	96.4	23	100	10	100
Años de experiencia	Maestría	21	12.4	19	17	20	9.1	8	28.6	8	34.8	4	40
	Doctorado	4	2.4	5	4.5	2	0.9	2	7.1	2	8.7	3	30
	Universidad extranjera	9	5.3	7	6.3	6	2.7	3	10.7	3	13	4	40
Variables numéricas		M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE	M	DE
Años de experiencia	Experiencia total	20.8	11.8	17.7	10.2	17.3	10.5	23.9	9.1	28.4	11.4	33.5	10.1
	Experiencia Académica	20.5	11.3	17.6	10.3	17.2	10.1	22.4	9.2	28.2	11.6	33.5	10.1
	Experiencia sector público	18.3	12.1	15.8	9.2	15.4	10.4	20.4	9.5	24	13	29.9	9.2

^a Los porcentajes por sexo se calcularon sobre el total de hombres y mujeres. ^b Como un docente puede responder a varias categorías, los porcentajes se calcularon sobre el total de casos posibles. ^c Como un docente puede responder a varias categorías, los porcentajes se calcularon en cada sexo y clasificación por separado. Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación de investigadores realizada por Minciencias en 2019, la mayoría de los investigadores contaban con formación como doctores, seguidos de quienes tenían maestría y pregrado, en cambio, lo obtenido en esta investigación muestra discrepancia al identificar a la mayoría de los investigadores en educación matemática con nivel de formación máximo en maestría, seguido del doctorado y el pregrado, lo cual sugiere la importancia de que los autores en la disciplina continúen esforzándose en sus procesos curriculares para alcanzar niveles más altos de competencias académicas y científicas cuyo efecto incide en la producción (D'Amico et al., 2011; Mayer & Rathmann, 2018).

La formación profesionalizante favorece el acceso a experiencias de intercambio y participación en círculos profesionales que enriquecen el perfil de los investigadores (Currin, 2022), cuando estos cumplen trayectorias educativas y profesionales donde asumen diferentes roles y actividades, se favorece el desarrollo de diálogos académicos donde la reflexividad y el análisis de la diversidad social y cultural enriquecen el perfil, quienes investigan y tienen estas oportunidades también muestran mayor reflexividad sobre sus limitaciones y gozan de mayores ideas emancipadoras (Nam et al., 2023). En este sentido, la mayor preparación y formación continua de los docentes investigadores, así como la colaboración con otros colegas que investigan, son factores esenciales para garantizar el éxito en el ejercicio de su práctica científica (Aspden et al., 2022).

En relación con la evaluación de la producción científica, en un principio se presentan los datos descriptivos de cada uno de los indicadores analizados los cuales han sido descritos en la Tabla 3 manteniendo la diferenciación por sexo y categoría de los investigadores. Los registros señalan que, en relación con los proyectos, se identificó un total de 248 proyectos de Investigación y Desarrollo, 51 proyectos tecnológicos y 35 de creación y cultura. Los datos del primer indicador son llamativos, pues esto indica un promedio de 0.8 proyectos investigativos por participante. Entre los productos de formación de talento humano en investigación, sobresale la asesoría o dirección de trabajos de pregrado, aunque el número de tesis de maestría también es importante, en cambio, las tesis doctorales tienen un menor muy inferior.

Los productos de nuevo conocimiento son los más comunes, por un lado, libros resultado de investigación fueron 98 y capítulos unos 50, mientras que el total de artículos en revistas indexadas fue de 679 (lo que equivale a 135.8 artículos anuales), divididos en 254 publicados en revistas incluidas en WoS/Scopus y 425 en otras revistas indexadas. Estos datos revelan resultados aparentemente razonables, en cuanto la productividad por investigador obtuvo una media de 2.4 artículos en el lustro analizado, sin embargo, una revisión más analítica revela alta desviación (5.4), esto debido a que los valores extremos oscilan entre 0 y 61, denotando nula productividad en algunos y muy alta en otros.

La distribución por tipo de artículo indica que 28 son categoría A1, 45 A2, 104B, 78C, y por su parte, los artículos tipo D fueron 425. Es importante mencionar un registro de 144 investigadores (51.2%) sin artículos publicados en el periodo de análisis, y de ellos, 124 no tienen producción de libros o capítulos resultado de investigación. En otras palabras, 44.1% de los investigadores en educación matemática registrados en grupos de investigación colombianos no han publicado ningún producto de nuevo conocimiento en cinco años. Entre los 157 investigadores con producción de nuevo conocimiento la media es de 5.7 ($DE = 6.1$) artículos por docente, reduciendo la tasa de publicación anual de artículos a 31.4.

Tabla 3. Evaluación de la producción científica.

Producto	Categorías	Sexo						Clasificación del investigador					
		Hombre		Mujer		Otro		Junior		Asociado		Senior-Emérito	
		M	de	M	de	M	de	M	De	M	de	M	de
Proyectos	I+D	0.81	1.34	0.99	1.70	0.61	1.06	1.39	2.13	2.13	1.76	2.78	3.45
	Tecnológicos	0.17	0.67	0.20	0.62	0.13	0.56	0.32	0.86	0.17	0.49	1.11	1.36
	Creación/cultura	0.11	0.82	0.14	0.64	0.05	0.32	0.18	0.54	0.61	2.10	0.56	1.66
Tesis	Pregrado	1.83	4.54	1.30	3.84	1.14	3.30	3.61	6.79	4.22	7.27	0.89	1.36
	Maestría	1.35	3.12	1.61	4.01	0.88	2.77	2.00	2.52	4.26	4.43	6.67	8.83
	Doctorado	0.17	0.72	0.21	0.64	0.05	0.29	0.57	1.13	0.65	1.43	1.00	1.41
Divulgación	Libros	0.34	1.26	0.30	1.88	0.33	1.68	0.39	1.10	0.26	.689	0.33	0.70
	Capítulos	0.17	0.59	0.20	0.59	0.07	0.32	0.57	1.03	0.57	1.08	0.56	1.13
Libros de investigación	Artículos	1.15	3.18	0.86	2.40	0.51	1.13	2.68	6.25	2.17	3.31	5.78	6.99
	Libros	0.36	1.03	0.34	1.18	0.17	0.48	0.50	0.96	1.26	1.95	2.00	3.90
	Capítulos	0.51	1.70	0.70	2.04	0.18	0.55	1.54	2.50	1.52	2.67	5.22	5.97
	A1	0.07	0.28	0.14	0.50	0.04	0.18	0.25	0.79	0.30	0.47	0.67	0.86
Artículos	A2	0.15	0.55	0.18	0.60	0.05	0.21	0.54	1.07	0.30	0.76	1.33	1.50
	B	0.43	1.36	0.29	0.78	0.10	0.40	0.57	0.87	1.09	1.20	4.44	3.81
	C	0.26	0.92	0.31	1.37	0.09	0.37	0.50	0.92	1.13	2.09	2.11	4.31
	D	1.52	3.34	1.49	5.63	0.61	1.49	2.18	2.56	5.48	6.51	11.56	16.59
	<i>IART_R (WoS/Scopus)</i>	0.43	0.98	0.50	1.15	0.15	0.42	1.06	1.56	1.35	1.23	3.76	1.79
Índices producción científica	<i>IART_R (D)</i>	1.64	2.70	1.52	3.16	0.79	1.49	2.53	2.18	5.27	3.98	9.17	6.84
	P_f	0.09	1.76	0.92	2.50	0.35	0.75	1.63	1.25	3.42	3.20	6.21	6.48
	<i>IC</i>	0.08	0.13	0.07	0.12	0.61	0.13	0.16	0.18	0.13	0.05	0.09	0.03
	<i>CC</i>	0.30	0.32	0.28	0.32	0.22	0.31	0.48	0.26	0.60	0.10	0.65	0.03

Fuente: Elaboración propia.

Se realizaron comparaciones no paramétricas de la productividad de los investigadores según el sexo, sin embargo, en ningún caso se identificaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Este procedimiento se dificultó entre los investigadores según su categoría en función de la notable diferencia en el tamaño de los grupos, lo cual sesgaría los resultados. Pese a esto, los datos descriptivos reportados en la **Tabla 3** permiten identificar cómo entre los investigadores clasificados las medias de los diversos indicadores son más altas frente al conjunto de investigadores categorizados como Otro integrante vinculado a pesar de que el número de sujetos en este grupo es notoriamente mayor (220 frente a 61).

Entre investigadores clasificados se registra un aumento de la media de productividad de la mayoría de los indicadores lo cual coincide con una mayor clasificación, de este modo, investigadores Asociados tienen mejor desempeño que los Junior, mientras los investigadores Senior superan a ambos grupos exceptuando el indicador de Tesis de pregrado, cuya media es mayor en investigadores Asociados, sin embargo, en seguida se aprecia a los investigadores Senior superando ampliamente a los demás en el indicar de Tesis de doctorado y junto con los Asociados comparten medias similares en la dirección de Tesis de maestría.

En los perfiles identificados en este estudio se evidencia cómo justamente los integrantes de los grupos de investigación que no poseen categoría —pese a ser mayoría— tienen indicadores de producción notoriamente inferiores al resto de investigadores. Dentro de los clasificados la productividad es mayor entre los Senior, lo cual es un dato esperable, pero adicionalmente, tal y como ha sido reportado en otros estudios, la principal producción de artículos se da en índices regionales (Urbizagástegui y Restrepo 2013; Muñoz-Ñungo et al., 2020), mientras que los productos importantes en relación con la categorización son los artículos tipo B (Q3) (Ávila-Toscano et al., 2019, Ávila-Toscano y Rambal-Rivaldo, 2020), los más comunes en la muestra en relación con publicaciones en WoS y Scopus.

Por otro lado, para el análisis de las propiedades estructurales de las redes de coautoría se consideró el registro de todas las firmas contenidas en los 679 artículos publicados, de esta forma la red pasó de 281 a 790 autores producto del registro de 509 colaboradores. En la Tabla 4 se presentan indicadores estructurales de centralidad de estas redes los cuales muestran niveles bajos de grado nodal con una amplia dispersión en la media de la red, debido a las diferencias generadas por la publicación en solitario frente a investigadores con una red amplia que llega a 59 coautores.

TABLA 4. *Indicadores estructurales de centralidad.*

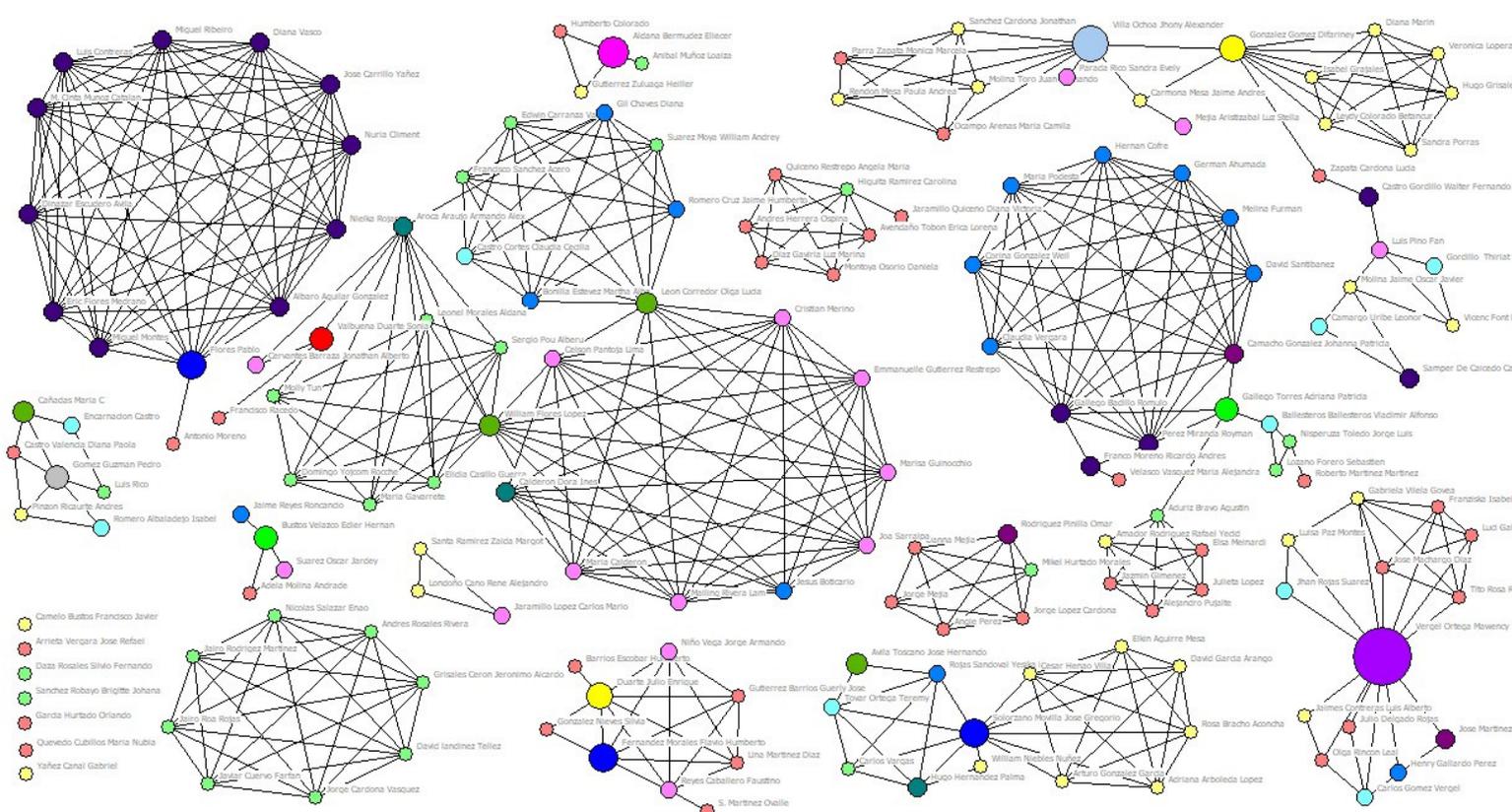
Indicador de red	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Grado nodal	0.00	59.0	3.52	6.15
Cercanía	0.12	0.14	0.13	0.00
Intermediación	0.00	1.40	0.04	0.16
Clúster	0.00	1711.0	23.31	114.04

Fuente: Elaboración propia.

Al tratarse de una red con pocas conexiones los indicadores de cercanía e intermediación son muy reducidos, este último indicador tiene una media muy baja de 0.04 (sobre 1), reflejo de la falta de interacción entre autores y del desaprovechamiento de aquellos que pueden tejer puentes entre diversos investigadores. En cambio, el indicador de Clúster muestra un número elevado de subredes cuya media está alrededor de 23, signo de alta fragmentación.

La **Figura 1** presenta la visualización de la red general de coautorías, en ella es notoria la baja densidad relacional al igual que la conformación de numerosas subagrupaciones, algunas de ellas con un tamaño máximo de 3 investigadores. La distancia para el establecimiento de contactos es relativamente amplia con un promedio de 3.61 distancias geodésicas, en este sentido, solo 7% de los contactos se dan a una distancia geodésica, 30% se da a dos distancias, mientras que 63% de los contactos se da entre 3 y hasta 11 distancias geodésicas.

FIGURA 1. Grafo de la red de coautorías construido a partir de un grado nodal de mínimo 5 enlaces.



Fuente: Elaboración propia.

En sentido general, las redes de los investigadores son pequeñas lo cual se refleja en indicadores de centralidad bajos. Pese a la importancia de las redes de cooperación descrita en la literatura (González-Alcaide y Gómez, 2014; Gómez-Ferri et al., 2019; Puuska et al., 2014), en este estudio se identifica un margen de relación reducido. En las redes también se refleja una baja densidad, indicativo de pocas relaciones entre los autores, en cambio, estas estructuras están fragmentadas gracias a la multiplicidad de clústeres (subredes) que contienen. En este tipo de redes es común identificar autores aislados en cuanto la preferencia en la producción de artículos es individual, o se tiende a conformar pequeños grupos con prácticas particulares de producción (Bracho-López et al., 2012; Maz et al., 2015), caracterizados por ser grupos cerrados que dificultan una ampliación en las redes de cooperación.

Estos indicadores de red no mostraron diferencias según el sexo ($p > 0.05$), por ende, las propiedades estructurales son similares para hombres y mujeres. Se probó su relación con los indicadores de producción relativos a artículos científicos empleando correlaciones no paramétricas, los resultados se encuentran en la **Tabla 5** donde se observan correlaciones positivas con intensidad entre moderada y alta entre dichos indicadores, el Grado nodal y el coeficiente de Clúster, la tabla también reporta el tamaño de efecto (coeficiente).

TABLA 5. *Relación con los indicadores de producción relativos a artículos científicos.*

	Grado nodal	p	Clúster	p
Artículos WoS/Scopus	0.70**	0.70	0.68**	0.67
Artículos tipo D	0.81**	0.80	0.80**	0.80
Producción	0.88**	0.87	0.86**	0.85
Producción fraccional	0.84**	0.83	0.81**	0.80
Intensidad de la contribución	0.69**	0.68	0.62**	0.61
Coeficiente de Cooperación	0.83**	0.82	0.80**	0.80

** $p < 0.01$, p = efecto grande para todas las correlaciones.
 Fuente: Elaboración propia.

Acorde con los datos, los indicadores bibliométricos son mayores en investigadores con mejores propiedades estructurales como grado nodal y coeficiente de clúster, es decir, la vinculación cooperativa favorece el desempeño productivo. Este beneficio también ha sido referenciado por la literatura para el crecimiento profesional del investigador (Currin, 2022), incluso para el ejercicio mismo de la docencia, es decir, la conformación de redes cooperativas impacta positivamente en la profesionalización del docente y en la calidad de su desempeño, máxime cuando los entornos virtuales de la era moderna favorecen la posibilidad de formar vinculaciones colaborativas de forma rápida y sencilla a nivel intra e interinstitucional (García-Martínez et al., 2022).

Para Bergmark (2023), la colaboración puede considerarse como la fuerza impulsora del desarrollo profesional, incluso a través de ella se promueve el aprendizaje de la investigación, pero también de la docencia. Según la autora, los docentes investigadores participantes en trabajos colaborativos sufren cambios positivos en la forma de pensar, actuar y relacionarse, reconociendo el valor de cooperar con colegas investigadores, otros docentes y con los mismos estudiantes.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio muestran cómo a pesar de que los evaluados están adscritos a grupos de investigación registrados en Minciencias, un amplio número de investigadores no se encuentra categorizados, de hecho, muchos de estos profesionales no han generado ningún producto de nuevo conocimiento en el periodo analizado en este estudio.

El rol de investigador va más allá de la adscripción a grupos científicos, implica generar producción de forma permanente y continua, esta es una actividad esencial en la ciencia cualquiera sea la disciplina en consideración, pues los productos de nuevo conocimiento pasan por filtros de calidad como revisiones iniciales de los comités científicos de las revistas (o editorial para el caso de los libros) y la posterior evaluación por pares ciegos, proceso que no se cumple en la generación de otros productos como los relativos a procesos de apropiación.

Los organismos reguladores de los procesos de CTI tanto en Colombia como en el exterior, están llamados a la normalización del censo de profesionales que se presentan como investigadores, las mismas instituciones de educación superior deben definir filtros, por ejemplo, establecer requisitos mínimos de producción anual, áreas de conocimiento definidas en coherencia con títulos profesionales, experiencia y producción reportada, uso y actualización constante de plataformas científicas, entre otras acciones y tareas constitutivas del quehacer del investigador. Lo anterior generaría un reporte de investigadores ajustado a dinámicas reales y eficientes de productividad, esto reduciría la proclamación personal como investigadores pasando a tratarse de un proceso con mayor rigor, tales prácticas también podrían garantizar una mayor aproximación a las capacidades y el progreso científico de los países en desarrollo. Vale decir que esta ha sido (en el trasfondo) una de las finalidades de la entonces Colciencias (ahora Minciencias) con la aplicación del modelo de medición de grupos desde 2014, el cual incluyó por primera vez una medición y categorización de los investigadores para definir quiénes son reconocidos dentro de la diáspora científica y quienes verdaderamente presentan notorio desarrollo de contribuciones al conocimiento.

Sin embargo, todavía se requiere revisar con mayor rigurosidad los criterios y condiciones para definir estas categorías de clasificación para los investigadores, especialmente la denominada como Investigador Junior, en cuanto posee criterios de fácil accesibilidad que conducen a apiñar muchos investigadores con un bajo nivel productivo, pero al mismo tiempo en ella se encuentran otros profesionales con elevada producción pero sin posibilidad de ascender de categoría (Investigador Asociado o Senior) dada la menor accesibilidad a estas en función de los criterios fijados (como el número de tesis dirigidas a nivel de maestría y doctorado, por ejemplo).

Un dato relevante consiste en la falta de evidencia que sustente diferencias en la productividad de investigadores hombres y mujeres, pues dentro de los últimos cinco años ambos grupos han tenido indicadores científicos similares. Este hallazgo refuerza la idea de que en investigadores de ciencias sociales en Colombia incluida la educación, no se registra brecha de género. Incluso, el perfil profesional descriptivo generado en este estudio, aunque presenta pequeñas diferencias en aspectos como años de experiencia, número de personas con doctorado o experiencia en cargos gerenciales, estas no logran ser lo suficientemente significativas como para marcar perfiles claramente diferenciados, por lo cual el perfil de investigadores de ambos sexos en educación matemática es bastante similar.

Por su parte, las propiedades positivas de las redes se evidencian en el cálculo de correlaciones importantes entre propiedades estructurales e indicadores bibliométricos como producción fraccional, coeficiente de cooperación o intensidad de la contribución, sugiriendo un aumento de tales indicadores cuando el investigador está inserto en redes

con dinámicas relacionales que propician la conexión entre autores, en otras palabras, el investigador en educación matemática vería favorecido el aumento de sus indicadores científicos si estableciera vínculos productivos amplios donde se facilite el acceso a nuevos contactos del contexto nacional e internacional.

Este estudio presenta algunas limitaciones, inicialmente la posibilidad de realizar análisis comparativo entre las categorías de los investigadores se limitó por el número de individuos perteneciente a cada categoría, pues no se encuentran distribuidos de manera homogénea al haber categorías con pocos autores y otras con muchos, lo cual dificulta un análisis comparativo que pueda ser fiable. Una limitación comúnmente reconocida en el análisis de redes consiste en que las mediciones transversales o retrospectivas (como en este caso) limitan el análisis a un momento puntual, cuando en la práctica las redes tienden al cambio producto de la dinámica normal de la integración o desagregación de autores.

Ahora bien, este estudio ofrece aportes valiosos para comprender la dinámica de producción en educación matemática, partimos de recalcar que no se identificó en la literatura un estudio antecedente en este campo disciplinar de las ciencias de la educación, esto es de por sí, un aporte esencial al constituir la puerta a estudios enfocados en la productividad y los patrones de generación de conocimiento en educación matemática.

Los hallazgos resaltan la importancia de fomentar el espíritu investigativo desde la generación de productos relevantes para los grupos de investigación y las instituciones que los respaldan, en reconocimiento de la expansión y desarrollo los campos de conocimiento a partir de la difusión de la producción científica, lo cual facilita controvertir, criticar, refutar y construir discusiones derivadas de los aportes científicos resultantes de proyectos de investigación.

Puede afirmarse que la producción científica en educación matemática en el país aún está en niveles iniciales muy a pesar de la larga historia de programas académicos dirigidos a formar docentes de matemáticas, afirmación ajustada al bajo promedio de publicación de artículos anuales por investigador y grupos de CTI, así mismo, los escenarios de conexión cooperativa con autores nacionales y extranjeros es también limitada, situaciones que comprueban la importancia de aplicar estrategias dirigidas a construir un sistema científico productivo capaz de aportar a la formación de un campo de conocimiento desde la evidencia científica.

REFERENCIAS

- Abramo, G. & D'Angelo, C. (2014). How do you define and measure research productivity? *Scientometrics*, 101(2), 1129–1144. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1269-8>
- Abramo, G., D'Angelo, C. & Di Costa, F. (2019). A gender analysis of top scientists' collaboration behavior: evidence from Italy. *Scientometrics*, 120(2), 405–418. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03136-6>
- Abramo, G., D'Angelo, C., y Caprasecca, A. (2009). Gender differences in research productivity: A bibliometric analysis of the Italian academic system. *Scientometrics*, 79(3), 517–539. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-2046-8>

- Aspden, K., Hunt, L., McLaughlin, T. & Cherrington, S. (2022). Developing teacher-researchers capacity to support the use of new data systems. In C., McLachlan, T., McLaughlin, S., Cherrington & K., Aspden (Eds.), *Assessment and Data Systems in early childhood settings* (vol. 5, pp. 309–330). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5959-2_14
- Ajiferuke, I., Burrell, Q. & Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: a single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14(5/6), 421–433. <https://doi.org/10.1007/BF02017100>
- Alova, C. (2019). Attitude Towards Mathematics in Relation to Academic Performance of Grade 11 Students. *Journal of Higher Education Research*, 7, 1–27. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7236086>
- Ávila-Toscano, J. y Rambal-Rivaldo, L. (2020). Producción científica de investigadores de psicología del sistema científico colombiano según su clasificación y sexo. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 38(3), 1–14. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/apl/a.8133>
- Ávila-Toscano, J., Marengo-Escuderos, A. y Romero-Pérez, I. (2019). Redes de cooperación entre autores e instituciones en Ciencias Sociales dentro del modelo científico colombiano: comparación por género y área del conocimiento. *Revista General de Información y Documentación*, 29(1), 209–227. <https://doi.org/10.5209/rgid.64545>
- Bergmark, U. (2023). Teachers’ professional learning when building a research-based education: context-specific, collaborative and teacher-driven professional development. *Professional Development in Education*, 49(2), 210–224. <https://doi.org/10.1080/19415257.2020.1827011>
- Borgatti, S. P. (2002). NetDraw (v. 2.082) [*Graph visualization software*]. Analytic Technologies.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G. & Freeman, L. C. (2002). Ucinet para Windows (v. 6.205) [*Software para Análisis de Redes Sociales*]. Tecnologías analíticas.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N. y Gutiérrez-Arenas, P. (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>
- Brew, A., Boud, D., Namgung, S., Lucas, L. & Crawford, K. (2015). Research productivity and academics’ conceptions of research. *Higher Education*, 71(5), 681–697. <https://doi.org/10.1007/s10734-015-9930-6>
- Castro, P., Gómez, P. y Cañadas, M. (2019). Producción documental de acceso abierto de la comunidad de habla hispana en Educación Matemática para la educación media. *Bolema*, 33(64), 707–727. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n64a13>
- Chalela-Naffah, S., y Rodríguez-Gómez, D. (2020). Caracterización del profesorado con perfil investigador en universidades colombianas. *Revista Electrónica Educare*, 24(3), 1–20. <https://dx.doi.org/10.15359/ree.24-3.17>

- Corchuelo, C. (2018). Visibilidad científica y académica en la web 2.0. Análisis de grupos de investigación de la Universidad de La Sabana. *Información, Cultura y Sociedad*, 38, 77–88. <https://bit.ly/2rtYPwT>
- Corchuelo-Rodríguez, C., Patacón-Ruiz, I. y Piza-Amado, K. (2019). Revistas de Ciencias Sociales en el modelo de clasificación de Publindex: perspectiva de la convocatoria no. 830 del 2018 en la fase III. Impacto de la revista científica. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 13(1), 137–155. <https://doi.org/10.15332/25005421/5464>
- Currin, E. (2022). Going Deep, Wide, and Long: The Professional Endurance of Teacher Researcher. In B. Zugelder & M. L'Esperance (Eds.), *Handbook of Research on The Educator Continuum and Development of Teachers* (pp. 17–36). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3848-0.ch002>
- Cyrino, A., Langbecker, A., Petracci, M., Cardoso, J. & Teixeira, R. (2020). The scientific production about communication in the Brazilian journal Interface. *Revista Española de Comunicación en Salud*, 11(2), 226–243. <https://doi.org/10.20318/recs.2020/5414>
- D'Amico, R., Vermigli, P. & Canetto, S. (2011). Publication productivity and career advancement by female and male psychology faculty: the case of Italy. *Journal of Diversity in Higher Education*, 4(3), 175–184. <https://doi.org/10.1037/a0022570>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G. y Buchner, A. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175–191. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
- Fritz, A., Haase, V. & Rasanen, P. (Eds.). (2019). *International handbook of mathematical learning difficulties*. Springer.
- García-Martínez, I., Tadeu, P., Montenegro-Rueda, M. & Fernández-Batanero, J. (2022). Networking for online teacher collaboration. *Interactive Learning Environments*, 30(9), 1736–1750. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1764057>
- Gómez-Ferri, J., González-Alcaide, G. & Llopis-Goig, R. (2019). Measuring dissatisfaction with coauthorship: An empirical approach based on the researchers' perception. *Journal of informetrics*, 13(4), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2019.100980> ojo paginas
- González-Alcaide, G. y Gómez, J. (2014). La colaboración científica: principales líneas de investigación y retos de futuro. *Revista Española de Documentación Científica*, 37(4), 1–15. <https://dx.doi.org/10.3989/redc.2014.4.1186>
- IBM. (2014). SPSS (v. 23). [*Statistical Package for the Social Sciences*]. IBM. <https://www.ibm.com/mx-es>
- Jiménez, N. (2016). Producción científica internacional en Educación Matemática. Estudio bibliométrico (1983-2012) [*Tesis doctoral*, Universidad de Córdoba]. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. <http://hdl.handle.net/10396/13759>

- Lancho-Barrantes, B. & Cantu-Ortiz, F. (2021). Quantifying the publication preferences of leading research universities. *Scientometrics*, 126, 2269–2310. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03790-1>
- Lancho-Barrantes, B., Guerra-Bote, V. & de Moya-Anegón, F. (2013). Citation increments between collaborating countries. *Scientometrics*, 94, 817–831. <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0797-3>
- Low, W., Ng, K., Kabir, M, Koh, A. & Sinnasamy, J. (2014). Trend and impact of international collaboration in clinical medicine papers published in Malaysia. *Scientometrics*, 98, 1521–1533. <https://doi.org/10.1007/S11192-013-1121-6>
- Mayer, S. & Rathmann, J. (2018). How does research productivity relate to gender? Analyzing gender differences for multiple publication dimensions. *Scientometrics*, 117, 1663–1693. <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2933-1>
- Maz, A., Jimenez, N., Bracho, R. y Adamuz, N. (2015). Análisis bibliométrico de la revista RELIME (1997-2011). *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, Bibliotecología e información*, 29(66), 91–104. <https://onx.la/cf3ee>
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N. y Villarraga, E. (2016). La producción científica colombiana en SciELO: un análisis bibliométrico. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 39(2), 111–119. <https://doi.org/10.17533/udea.rib.v39n2a03>
- Muñoz-Ñungo, B., Rodríguez-Faneca, C. y Gutiérrez-Rubio, D. (2020). La investigación en Educación Matemática en Emerging Sources Citation Index (ESCI): La producción de Colombia. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 3(1), 1–11. <http://funes.unian-des.edu.co/23841/>
- Nam, B., English, A., Li, X., Van, H. & Nyman, J. (2023). Subjectivities and the future of comparative and international education: teacher researchers and graduate student researchers as co-constructive narrative inquirers. *Educational Review*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/00131911.2022.2159934>
- Porter, A. & Rafols, I. (2009). Is science becoming more interdisciplinary? Measuring and mapping six research fields over time. *Scientometrics*, 81, 719–745. <https://doi.org/10.1007/s11192-008-2197-2>
- Puuska, H., Muhonen, R. & Leino, Y. (2014). International and domestic co-publishing and their citation impact in different disciplines. *Scientometrics*, 98, 823–839. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1181-7>
- Qi Dong, J., McCarthy, K. & Schoenmakers, W. (2017). How central is too central? Organizing interorganizational collaboration networks for breakthrough innovation. *The Journal of Product Innovation Management*, 34(4), 526–542. <https://doi.org/10.1111/jpim.12384>
- República de Colombia. Minciencias. (s.f.). La ciencia en cifras. Estadísticas comparativas investigadores [Base de datos]. Minciencias. <https://cutt.ly/JvHwwSv>

- República de Colombia. Colciencias. (2018). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia tecnología e innovación año 2018*. Colciencias. <https://cutt.ly/Ff85SV7>
- República de Colombia. Colciencias. (2017). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia tecnología e innovación año 2017*. Colciencias. <https://cutt.ly/vf85HRF>
- República de Colombia. Colciencias. (2014). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia tecnología e innovación año 2014*. Colciencias. <https://cutt.ly/nf85GkB>
- Robledo, J. (2005). Diseños de muestreo (II). *Nure Investigación*, (12), 1–7. <https://www.nureinvestigacion.es/OJS/index.php/nure/article/view/214>
- Rodríguez-Morales, A., Díaz-Vélez, C., Gálvez-Olórtegui, T., Gálvez-Olórtegui, J. y Benites-Zapata, V. (2016). ¿Cuál debería ser el perfil de quien se denomine investigador en Colombia y Perú? *Acta Medica Perú*, 33(3), 256–258. <https://onx.la/54d46>
- Silva, F., Viana, M., Travencolo, B. & Costa, L. (2011). Investigating relationships within and between category networks in wikipedia. *Journal of Informetrics*, 5(3), 431–438. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2011.03.003>
- Spinak, E. (2001). Indicadores cuantitativos. *Acime*, 9(4), 16–18. <https://bit.ly/2Np6mJv>
- Sudakova, N., Savina, T., Masalimova, A., Mikhaylovsky, M., Karandeeva, L. & Zhdanov, S. (2022). Online Formative Assessment in higher education: Bibliometric analysis. *Education Sciences*, 12(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/educsci12030209>
- Trillos, F. (2014, september 3-5). How does lack of standardization in authorship affect the measurement of science output? Mexican picture [Conferencia]. 10th International Conference on Webometrics, Infometrics, Scientometrics and 15th Collnet Meeting, Ilmenau, Germany. <https://onx.la/15c40>
- Urbizagástegui, R. y Restrepo, C. (2013, octubre 9-11). El Desarrollo de la Bibliometría y los Indicadores en Ciencia y Tecnología en Colombia [Conferencia]. IX Congreso Iberoamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, Bogotá, D.C., Colombia. <https://onx.la/0474a>
- Vessuri, H. & Sonsiré, M. (2010). Institutional aspects of the Social Sciences in Latin America. In UNESCO and ISSC, *World Social Science Report. Knowledge Divides* (pp. 59–62). International Social Science Council and UNESCO.

José Hernando Ávila Toscano: Docente TCO de la Universidad del Atlántico (Colombia). Colíder Grupo de Investigación GIMED. Investigador Asociado clasificado por Min-ciencias. <http://orcid.org/0000-0002-2913-1528>

Leonardo José Vargas Delgado: Coordinador Licenciatura en Matemáticas de la Universidad del Atlántico (Colombia). Integrante Grupo de Investigación GIMED. Investigador Junior clasificado por Minciencias. <https://orcid.org/0000-0002-9014-1418>

Jeffrey Anderson Castro Rocha: Licenciado en Matemáticas de la Universidad del Atlántico (Colombia). Joven Investigador adscrito al Grupo de Investigación GIMED. <https://orcid.org/0000-0002-5400-7094>

Jazleydy Chávez García: Licenciada en Matemáticas de la Universidad del Atlántico (Colombia). Joven Investigadora adscrita al Grupo de Investigación GIMED. <https://orcid.org/0000-0002-9836-8684>

Laura Isabel Rambal-Rivaldo: Investigadora adscrita al Grupo de Investigación PSICUS de la Corporación Universitaria Reformada (Colombia). <https://orcid.org/0000-0002-3928-6419>