

Universidad de Córdoba

Doctorado en Ciencias Sociales y Jurídicas

**Análisis de la Producción Científica en Colombia sobre
Educación Indexada en ESCI**

**Analysis of Scientific Production in Colombia on
Education Indexed in ESCI**

Directores

Dr. Alexander Maz Machado

Dra. Cristina Rodríguez Faneca

Bibiana Muñoz Ñungo

Córdoba, noviembre de 2022

TITULO: *Análisis de la producción científica en Colombia sobre Educación indexada en ESCI*

AUTOR: *Bibiana Muñoz Ñungo*

© Edita: UCOPress. 2023
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/>
ucopress@uco.es



TÍTULO DE LA TESIS: Análisis de la Producción Científica en Colombia sobre Educación Indexada en ESCI

DOCTORANDA: Bibiana Muñoz Ñungo

INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Los Directores, D. Alexander Maz Machado y Dra. Cristina Rodríguez Faneca, profesores de la Universidad de Córdoba,

INFORMAN:

D^a. Bibiana Muñoz Ñungo, autora de la Tesis Doctoral «Análisis de la Producción Científica en Colombia sobre Educación Indexada en ESCI», realizada bajo nuestra dirección, ha seguido minuciosamente las directrices metodológicas proporcionadas para dar respuesta al problema planteado. La autora ha realizado, asimismo, una exhaustiva revisión bibliográfica y ha empleado numerosas técnicas de carácter bibliométrico que le han permitido, posteriormente, identificar y caracterizar la producción científica sobre el ámbito educativo producida en Colombia e indexada en la base de datos *Emerging Sources Citation Index* (ESCI).

Los resultados obtenidos resultan de gran importancia para comprender cómo es la investigación sobre Educación en dicho país e identificar, por otro lado, cuáles son los canales de difusión científica que los investigadores utilizan para divulgar sus investigaciones.

Esta Tesis Doctoral cumple las condiciones tanto académicas como formales y administrativas exigidas por la normativa vigente para optar al título de Doctor por la Universidad de Córdoba.

Cabe señalar que, en relación con el tópico abordado en esta Tesis Doctoral, y derivadas de la misma, se han realizado las siguientes publicaciones:

1. Artículos en revistas:

Muñoz-Ñungo, B., Rodríguez-Faneca, C., Maz-Machado, A., & Cuida, A. (2021). La presencia de la mujer en las publicaciones de educación en Colombia: un análisis en el ESCI. *Biblios*, 82. DOI: <https://doi.org/10.5195/biblios.2021.959>.

Maz-Machado, A., Muñoz-Ñungo, B., Gutiérrez-Rubio, David & León-Mantero, C. (2020). Patterns of Authorship and Scientific Collaboration in Education: The Production of Colombia in ESCI. *Library Philosophy and Practice* (e-journal). 4278.

Muñoz-Ñungo, B., Rodríguez-Faneca, C., & 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.

2. Capítulos de libro:

Muñoz, B.; Maz-Machado, A.; Rodríguez-Faneca, C., & Cuida, A. (2021). Producción, colaboración y tendencias temáticas en torno al e-learning: el caso de Colombia en el ESCI. En Blanco, M (Coord.): *Patrones de género en la investigación educativa producida en Colombia* (págs. 823-836). Dykinson. ISBN: 978-84-1377-560-9.

Rodríguez-Faneca, C., Muñoz-Ñungo, B., Cuida, A. y Maz-Machado, A. (2021). Patrones de Género en la investigación educativa producida en Colombia. En Blanco, M (Coord.): *Patrones de género en la investigación educativa producida en Colombia* (págs. 791-812). Dykinson. ISBN: 978-84-1377-560-9.

3. Comunicaciones en congresos:

Muñoz-Ñungo, B., Maz-Machado, A. Rodríguez-Faneca, C., y Cuida, A. (2021). La investigación en e-learning en Colombia: un estudio bibliométrico. En Sivila S. (Coord.): *La revolución de los prosumers: youtubers e instagramers. Libro de resúmenes del VI Congreso Internacional Comunicación y Pensamiento* (págs. 264-265). Ediciones Egregius.

Rodríguez-Faneca, C., Muñoz-Ñungo, B., Cuida, A., y Maz-Machado, A. (2021). Comunicación y género: La mujer en la producción científica de educación en Colombia. En Sivila S. (Coord.): *La revolución de los prosumers: youtubers e instagramers. Libro de resúmenes del VI Congreso Internacional Comunicación y Pensamiento* (págs. 262-263). Ediciones Egregius.

Por todo lo expuesto anteriormente, se autoriza la presentación de esta Tesis Doctoral.

Córdoba, 8 de noviembre de 2022

Firma de los directores

RESUMEN

En la sociedad moderna es un hecho constatado que la ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo y todo ello para incidir de forma positiva en el mejoramiento de la calidad de vida de la propia sociedad. Toda actividad de carácter académico y científico debe estar sometida a procesos objetivos de evaluación que permitan determinar tanto su calidad como cuantificar sus resultados. El aumento de los costes y el alcance de las propias investigaciones científicas, y las nuevas necesidades socioeconómicas han acentuado la importancia de la evaluación como herramienta científica. Para ello se recurre a la bibliometría, disciplina que ofrece una serie de indicadores bibliométricos validados en su aplicación en muchos campos de la ciencia, permitiendo realizar estudios cuantitativos de la actividad científica. Por todo ello, el objetivo general de esta investigación es analizar la producción en Educación realizada en Colombia a través de un estudio cuantitativo de las publicaciones indexadas en la base de datos Emerging Sources Citation Index (ESCI) de WoS. Este estudio ofrece una visión global del panorama investigador en Colombia relacionado con la Educación a través de un estudio cuantitativo de las publicaciones indexadas en la base de datos Emerging Sources Citation Index (ESCI) de WoS. En este sentido, se ha estudiado el desarrollo diacrónico de dicha producción, las instituciones que promueven las investigaciones analizadas y las distintas redes de conocimiento generadas (a nivel nacional, internacional, de autoría, institucional, etc.). Por otra parte, se han identificado distintos patrones de citación y colaboración y se han establecido valores para los indicadores de la dimensión cuantitativa de la producción científica sobre la temática. Por último, se han identificado las distintas temáticas abordadas. El presente trabajo ha puesto en evidencia una serie de patrones de publicación sobre Educación realizadas por autores colombianos e indexada en ESCI a través de la búsqueda, descarga y análisis de la producción científica se halla indexada en dicha base de datos, de manera que pudiese obtenerse una visión panorámica sobre ella y pudiesen complementarse, además, trabajos previos sobre la producción científica colombiana. Asimismo, se han podido identificar patrones de producción y de colaboración. La metodología utilizada en la que se complementaron técnicas bibliométricas con el análisis de redes sociales puede ser aplicada para analizar la producción colombiana en educación presente en otras bases de datos bien de carácter más regional como SciELO o Redalyc o en otras de carácter internacional como Scopus o SSCI.

Dedicatoria

A Dios por guiarme, dándome sabiduría para entender cada uno de mis pasos permitiendo que cumpla con esta meta de formación doctoral.

A mi madre Fabiola Ñungo que siempre ha estado ahí apoyándome con amor en cada uno de mis sueños y logros. Mis hermanos: José Herman, Olga Lucía, José Norbey, Oneida, Lida María, cuñadas: Cenaida y Gloria Inés y sobrinos: Edwin Alfonso, Luis Felipe, Herman Andrés, Brenda Karina, Diego Armando, Carmen Fabiana, Juan Andrés, Emmanuel por su amor, paciencia, comprensión, apoyo en momentos difíciles de la vida y de logros especialmente María José.

A mi querida Kiara, por su amor incondicional y compañía en largas jornadas de estudio.

A mis amigos: Amanda Villamil, Edgar Castillo, Elizabeth Lozano, Emiliano Rondón, Gema del Pilar Cañón, Inés Bastos y Yolanda Vanegas, quienes me han apoyado en momentos difíciles y no dejaron que desistiera de mis proyectos de superación profesional y personal.

Bibiana Muñoz Ñungo

Agradecimientos

A la Universidad de Córdoba que me permitió iniciarme y crecer en mi quehacer como investigadora permitiéndome llevar a cabo esta investigación y realizar la tesis como fase final de mis estudios de doctorado.

A mis directores de Tesis el Dr. Alexander Maz Machado, por haber creído en mí, por su paciencia y haber compartido sus conocimientos y a la Dra. Cristina Rodríguez Faneca, por sus conocimientos compartidos.

Al grupo de investigación de Matemáticas, Educación y Sociedad del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e innovación (PAIDI), por el apoyo al desarrollo de esta investigación.

A la institución educativa José Joaquín Flórez Hernández, especialmente al rector, señor Lamberto García por darme el espacio laboral quien junto con mis compañeros me motivaron para culminar mis estudios doctorales. Especialmente a Luz Ángela Carrillo, Luz Dary Riaño, Heriberto Martínez, Martha Cecilia Arroyo, Nancy Esperanza Quintero y Rafael Cardona quienes me brindaron su apoyo y asesoría en el proceso de mi formación doctoral.

Índice

Capítulo 1. Evaluación de la Investigación.....	1
1.1 Importancia	2
1.2 Finalidades de la evaluación científica	6
1.3 Investigación educativa y evaluación de la investigación	10
CAPÍTULO 2. LA CIENCIOMETRIA Y SU PAPEL EN LA EVALUACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 17	
2.1 Desarrollo histórico de la cienciometria	18
2.2 Leyes básicas de la cienciometría	27
2.2.1 Ley de Price	27
2.2.1.1 Primera ley de Price.....	27
2.2.1.2 Segunda ley de Price.....	29
2.2.2 Ley de Lotka	29
2.2.3 Ley de Bradford	31
2.3 Indicadores cienciométricos.....	33
2.3.1 Indicadores cuantitativos de la producción científica	36
2.3.2 Indicadores de la colaboración científica.....	38
2.4 Redes de colaboración científica	44
2.4.1 Visualización de las redes de colaboración	46
2.4.1.1 Elementos básicos de una red	47
2.4.1.2. El Software para la representación de las redes.	53
CAPÍTULO 3. BASES DE DATOS 58	
3.1 Scopus.....	60
3.3 Web of Science	63
3.3.1 Emerging sources citation index (ESCI).....	67
3.4 Logo de emergin sources citation index	68

3.5 Algunos errores frecuentes en las bases de datos	71
--	----

CAPÍTULO 4. ANTECEDENTES EN LA EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN COLOMBIA **75**

4.1 Estudios bibliométricos sobre campos de conocimiento específicos	76
4.2 Estudios bibliométricos centrados en las instituciones	82
4.3 Estudios bibliométricos sobre la presencia de documentos de Colombia en bases de datos	85

CAPÍTULO 5. METODOLOGÍA **90**

5.1 Objetivos	91
5.1.1 Objetivos específicos	91
5.2 Hipótesis de trabajo.....	92
5.3 Diseño de la investigación	92
5.4 Validez del diseño.....	93
5.5 Fases de la investigación.....	93
5.6 Población.....	96
5.7 Variables del estudio.....	96
5.8 Tratamiento de los datos	98
5.9 Toma de datos	98
5.10 Consideraciones iniciales y normalización.....	100
5.11 Unidades de Análisis.....	104
5.12. Tratamiento de la información.....	104

CAPÍTULO 6. RESULTADOS **106**

6.1 Indicadores bibliométricos.....	107
6.1.1 Producción diacrónica.....	107
6.1.2 Tasa de variación interanual	108
6.1.3 Idioma	108

6.1.4 Autoría	109
6.1.5 Citaciones.....	112
6.1.6 Revistas	114
6.1.7 Producción institucional.....	117
6.1.8 Instituciones	120
6.1.9 Referencias.....	121
6.1.10 Descriptores	124
6.2 Leyes bibliométricas	128
6.2.1 Ley de Lotka en la producción de Colombia en ESCI sobre educación.....	128
6.2.2 Ley de Bradford para revistas	137
6.2.3 Grado de colaboración entre autores.....	143
6.2.4 Colaboración entre universidades	149
6.3 Producción educativa colombiana en ESCI según el género.....	152
6.4 La investigación de Colombia sobre Educación Matemática en ESCI.....	158
6.5 Producción científica sobre e-learning en Colombia Emerging Sources Citation Index (ESCI)	167
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES 188	
7.1 Grado de consecución de los objetivos	189
7.2 Grado de consecución de las hipótesis.....	191
7.3 Conclusiones sobre los indicadores cientiométricos	191
7.4 Conclusiones sobre redes.....	193
7.5 Limitaciones particulares de este estudio	194
7.6 Líneas futuras de investigación.....	195

Índice de tablas

Tabla 1.1 Manuales metodológicos de la OCDE de la Familia Frascati	5
Tabla 1.2 Métodos utilizados para evaluar la investigación	9
Tabla 1.3 Modelo para la evaluación de la investigación educativa.....	11
Tabla 1.4 Marcos y supuestos en los que se basa la investigación educativa.....	12
Tabla 2.1 Tipología para la definición/clasificación de la Bibliometría, Informetría y la Cienciometría.....	26
Tabla 2.2 Indicadores cuantitativos más empleados.	35
Tabla 2.3 Tipos de colaboración científica	41
Tabla 2.4 Interpretación del CAI	42
Tabla 2.5 Glosario de términos y conceptos	52
Tabla 2.6 Herramientas de visualización de ARS y características de entrada/salida.....	56
Tabla 3.1 Comparativa de revistas por países en SCIE, SSCI y A&CI.	69
Tabla 4.1 Producción científica colombiana en Salud según instituciones	77
Tabla 4.2 Coautorías de Colombia con otros países en Química (2001-2012)	79
Tabla 4.3 Crecimiento de producción anual en Economía (2007-2019)	82
Tabla 4.4 Documentos indexados en SCOPUS	83
Tabla 4.5 Producción según la categoría de las revistas Publindex-Colciencias.....	84
Tabla 4.6 Número de publicaciones por universidad en Medicina (2001-2015).....	85
Tabla 4.7 Producción científica absoluta. Latinoamérica. 2003-2010 (ndoc>500).....	86
Tabla 4.8 Universidades más productivas de Colombia en SciELO (2002-2013)	87
Tabla 4.9 Revistas colombianas de economía en SJR, CiteScore y Google Scholar en 2017.	88
Tabla 5.1 Cronograma de actividades.....	95
Tabla 5.2 Variables cuantitativas	96
Tabla 5.3 Ejemplo de variaciones en la denominación de una misma institución	102

Tabla 6.1 Idioma de publicación.....	109
Tabla 6.2 Autores más productivos	110
Tabla 6.3 Numero de documentos respecto al número de citas recibidas	112
Tabla 6.4 Correlación entre número de autores y numero de citas.....	113
Tabla 6.5 Revistas más productivas son	115
Tabla 6.6 Países de edición de las revistas de la muestra (ESCI).....	117
Tabla 6.7 Universidades colombianas con mayor producción en Educación en ESCI	118
Tabla 6.8 Número de instituciones que firman cada documento.....	121
Tabla 6.9 Frecuencia de referencias citadas por año	122
Tabla 6.10 Documentos agrupados según el número de referencias	124
Tabla 6.11 Frecuencia de aparición de descriptores (n > 100)	125
Tabla 6.12 Número de autores según el número de artículos publicados (ESCI)	129
Tabla 6.13 Distribución de los mínimos cuadrados de los datos observados (ESCI).....	130
Tabla 6.14 Datos obtenidos mediante aplicación de la ley de Lotka de poder inverso generalizado	134
Tabla 6.15 Prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov de la distribución de la producción de los autores en los documentos analizados	136
Tabla 6.16 Distribución de revistas según la publicación de documentos	137
Tabla 6.17 Distribución de todas las revistas en tres zonas Bradford	142
Tabla 6.18 Revistas que conforman el núcleo de Bradford	143
Tabla 6.19 Patrones de autoría en Educación en Colombia en ESCI	144
Tabla 6.20 Medidas de colaboración	147
Tabla 6.21 Distribución del número de autores según el número de artículos por autor	155
Tabla 6.22 Número de documentos según el género y el tipo de colaboración.....	157
Tabla 6.23. Idioma de publicación.....	159

Tabla 6.24 Revistas que han publicado 3 o más documentos de EMA de Colombia.....	160
Tabla 6.25 Autores con 3 o más publicaciones.....	162
Tabla 6.26 Universidades con 4 o más documentos firmados por sus investigadores	163
Tabla 6.27 Descriptores que incluyen Math* >3	165
Tabla 6.28 Idioma de publicación.....	169
Tabla 6.29 Universidades con mayor producción (n>6).....	170
Tabla 6.30 Grado de colaboración.....	172
Tabla 6.31 Número de autores por artículo	172
Tabla 6.32 Frecuencia de los Keywords Plus más utilizados	175

Índice de figuras

Figura 1.1 Modelo conceptual de la investigación del diseño en el ámbito curricular.....	15
Figura 2.1 Diagrama de flujo del "mecanismo" de trabajo simplificado de la investigación científica.....	18
Figura 2.2 Esquema de generación y difusión del conocimiento científico	19
Figura 2.3 Las relaciones entre los subdominios de la informetría	22
Figura 2.4 Tres dimensiones principales en la dinámica de las ciencias	25
Figura 2.5 Crecimiento exponencial de la ciencia	28
Figura 2.6 Gráfica de la distribución de la Ley de Bradford	32
Figura 2.7 Elementos básicos de una red.....	49
Figura 3.1 Visión global de la cobertura de SCOPUS y de sus funciones principales.....	61
Figura 3.2 Pantalla de búsqueda de documentos en SCOPUS.	63
Figura 3.3 Pantalla de búsqueda de documentos en WoS.	65
Figura 3.4 Ejemplo de búsqueda en WoS.....	66
Figura 3.5 Logo de ESCI	67
Figura 5.1 Proceso de búsqueda en WoS.....	99
Figura 5.2 Modelo de exportación de datos en WoS.	100
Figura 5.3 Archivos descargados	100
Figura 5.3 Ejemplo del proceso automático de recuento del número de autores	103
Figura 5.4 Ejemplo de los datos obtenidos	105
Figura 2.1 Evolución del número de documentos por año.	107
Figura 6.2 Tasa de variación interanual para los documentos de la muestra (ESCI)	108
Figura 6.3 Evolución diacrónica de las citas	114
Figura 6.4 Red de co-aparición de descriptores propuestos por los autores.....	127
Figura 6.5 Red de co-aparición del descriptor "School mathematics"	128

Figura 6.6 Gráfica logarítmica del número de autores Vs número de contribuciones	130
Figura 6.7 Distribuciones de frecuencias observadas y esperadas luego de aplicar la ley de Lotka.	135
Figura 6.8 Dispersión de la literatura científica según el modelo Bradford	140
Figura 6.9 Número de documentos por tipo de autoría (ESCI)	144
Figura 6.10 Red general de autores de Educación en Colombia (ESCI)	147
Figura 6.11. Red simplificada de colaboración entre autores ($n \geq 10$)	149
Figura 6.12 Red circular de colaboración entre universidades	150
Figura 6.13 Mapa de colaboración entre Instituciones ≥ 10	151
Figura 6.14 Tipo de colaboración institucional	152
Figura 6.15 Producción según el género de autoría	153
Figura 6.16 Número de mujeres firmantes de educación en el ESCI por artículo.....	154
Figura 6.17 Tipos de colaboración.....	155
Figura 6.18 Producción diacrónica	159
Figura 6.19 Redes de colaboración en autoría para más de 2 vínculos	163
Figura 6.20 Red de Colaboración interinstitucional en la coautoría en EMA en ESCI.....	166
Figura 6.21 Red de coaparición de descriptores	167
Figura 6.22 Evolución diacrónica de la producción científica en e-learning en Colombia en ESCI.....	168
Figura 6.23 Red de colaboración entre instituciones universitarias	171
Figura 6.24 Red de co-aparición de palabras clave.	174
Figura 6.25 Evolución de la presencia de las temáticas por clúster.....	176

Capítulo 1.

Evaluación de la

Investigación

1.1 Importancia

En la sociedad moderna es un hecho constatado que la ciencia, la tecnología, y la innovación, tienen un papel protagonista en el crecimiento económico, en la productividad, en la competitividad, en el desarrollo y todo ello para incidir de forma positiva en el mejoramiento de la calidad de vida de la propia sociedad (Farias y Guzmán, 2009).

Los objetivos básicos de la ciencia en relación con un campo científico son: analizar, explicar, prever o predecir y finalmente actuar. El conocer la realidad de un campo de actuación es identificar los elementos que lo conforman, así como sus características. Explicar se refiere a determinar y exponer como se relacionan las distintas partes que la componen. Estos objetivos son los que permiten predecir el comportamiento futuro y poder intervenir para transformar o modificar el campo científico (Sierra, 1999).

El desarrollo y crecimiento de la investigación, sus avances en el mundo de la ciencia, de la tecnología y la innovación y lo que representa la investigación en el desarrollo de las naciones, en la actualidad, hace que se haga una evaluación de la investigación estableciendo un gran esfuerzo internacional porque necesitan medir si la inversión en la investigación corresponde al esfuerzo que hacen las naciones en invertir en ella a través del impacto de sus resultados (Menéndez, 2014).

Toda actividad de carácter académico y científico debe estar sometida a procesos objetivos de evaluación que permitan determinar tanto su calidad como cuantificar sus resultados. Es necesario conocer si se alcanzan los propósitos y objetivos planteados en una investigación. Asimismo, por ejemplo, es deseable conocer el alcance de sus resultados o las limitaciones encontradas durante todo el transcurso de la investigación.

Luukkonen (1995), ya había llamado la atención acerca de que en las últimas décadas la investigación había cambiado profundamente y los investigadores se han vuelto bastante dependientes de fuentes externas para sus fondos de investigación y se han visto sometidos a

una competencia intensificada por los recursos. En pleno siglo XXI esta situación se ha agudizado y la competencia no es solo en el plano económico, sino que en muchos casos implica una lucha por el propio futuro laboral y la consolidación científica en un sistema cada vez más competitivo.

Todas estos condicionantes y expectativas de la financiación de toda la investigación, incluso la educativa, plantean nuevas exigencias a los científicos y pueden cambiar sus valores profesionales, su estilo de vida académico y la orientación de su investigación. No debe olvidarse que la ciencia se crea, realiza y comunica por personas y el investigador es alguien que maneja información, decide cómo obtenerla, tratarla, guardarla y donde depositarla. (Munera-Alemán y Sarabia-Sánchez, 2013, p. 4).

El aumento de los costes y el alcance de las propias investigaciones científicas, y las nuevas necesidades socioeconómicas han acentuado la importancia de la evaluación como herramienta científica. Estas nuevas necesidades de evaluación han llamado la atención sobre la fiabilidad y la de los mecanismos tradicionales de evaluación en la ciencia (Luukkonen-Gronow, 1987).

En este sentido la evaluación implica juicios sobre el valor, la credibilidad o la validez de las conclusiones derivadas de la investigación. Es de suponer que estos juicios están influidos por las inferencias sobre el grado en que las conclusiones que, a su vez, requieren inferencias sobre la medida en que las pruebas son válidas o convincentes (Korpan et al., 1997). De una parte, la evaluación científica permite tener ciertos criterios claros para la distribución adecuada de los recursos económicos (Suarez y Pérez-Anaya, 2018) y por otra, determinar el impacto científico, académico o social de la actividad investigadora en un campo o disciplina científica. Si bien hay que ser prudentes con esta segunda parte porque puede ser objeto de valoraciones subjetivas lo que conlleva a dificultades para la evaluación.

Para tratar de solventar esta limitación se recurre a la bibliometría que ofrece una serie de indicadores bibliométricos validados en su aplicación en muchos campos de la ciencia, permitiendo realizar estudios cuantitativos de la actividad científica.

Por otra parte, la cienciometría permite establecer relaciones de carácter social en la ciencia. El estudio de las distintas redes sociales se apoya en técnicas de análisis que son interpretadas desde la sociología de la ciencia.

Un aspecto importante que hay que tener en cuenta es la distinción entre “la actividad científica y los resultados de esa actividad” (Maltras, 1996, p. 54). Los indicadores bibliométricos ofrecen información sobre los resultados de la investigación y sobre ellos tratan los análisis en esta tesis doctoral.

La necesidad de evaluar la actividad científica no es reciente, desde hace décadas en muchos países y organismos se ha visto la necesidad de implementar mecanismos de evaluación de la ciencia.

En la década de los años sesenta surge el Institute for Scientific Information (ISI), una empresa de carácter privado creada por Eugen Garfield que fue el origen del *Web of Science*. Asimismo, en 1963 la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) edita el primer manual destinado a orientar sobre la metodología para obtener información sobre la investigación y quienes se dedican a ella (Farias y Guzmán, 2009). Este manual se dio a conocer como el *Manual Frascati*. Sancho (2001), indica que es la guía internacional que sobre normalización de la toma de datos estadísticos para la medida de inversiones en I+D adoptada por los países de la OCDE. A partir de este manual desde la OCDE se han publicado nuevos manuales que lo complementan. En los años noventa, la OCDE publica el *Manual de Oslo* que sintetiza las mediciones sobre innovaciones en tecnología. Asimismo, se publica el *Manual de Camberra* y el *Manual de Patentes*, los que brindan modelos de recuperación de información y de evaluación de la

actividad científica y tecnológica. A todos estos manuales se les conoce como *Familia Frascati*.

Tabla 1.1 Manuales metodológicos de la OCDE de la Familia Frascati.

<i>Tipo de datos</i>	<i>Título</i>
Inversiones y gastos en I+D	Método tipo para realizar encuestas sobre la investigación y desarrollo experimental (<i>Manual de Frascati</i> , 1963, 1970, 1976, 1981, 1983, y 2002, en preparación). Estadísticas de I+D y medida de los resultados en enseñanza superior. (<i>Suplemento del Manual de Frascati</i> , 1989)
Balanza de Pagos Tecnológicos (BPT)	Método para el recuento e interpretación de datos sobre balanza de pagos tecnológicos (<i>Manual de BPT</i> , 1990)
Innovación	Directrices para el recuento e interpretación de datos sobre innovación tecnológica (<i>Manual de Oslo</i> , 1992)
Patentes	Utilización de los datos de patentes como indicadores de ciencia y tecnología (<i>Manual de Patentes</i> , 1994)
Recursos Humanos en C y T	Manual sobre la medida de recursos humanos en ciencia y tecnología (<i>Manual de Canberra</i> , 1995)

Fuente: Sancho (2001)

En los años setenta, en Estados Unidos el *National Science Board* (NSB), de la *National Science Foundation* (NSF) edita el *Science and Engineering Indicators* que es una de los documentos que ha sido tomado como guía y referencia a nivel mundial para los análisis cuantitativos de la ciencia. En la introducción del *Twenty-Second Annual Report* del año 1972 el director de la NSB, Guyford Steve, hace una declaración explícita del propósito de esa publicación:

We start from the proposition that the principal and unique mission of the NSF is to foster the health of science in the United States. To fulfill that policy, we help scientists search for answers to unresolved questions about nature and its laws and we support disciplinary research needed for future research applications and technology.

(p. 5)

En los países nórdicos las evaluaciones fueron iniciadas por el *Swedish Natural Science Research Council* en 1976-1977.

Para los años ochenta se generaliza a nivel internacional la tendencia a evaluar el impacto de la ciencia y la tecnología. En los países europeos surgen institutos de evaluación y destacan investigadores que desarrollan técnicas de análisis de la información científica mediante indicadores bibliométricos. Empiezan a ser conocidos autores como Loet, Leydesdorff, Van Raan o Henk quienes se convierten en referentes para los estudios de corte bibliométrico.

Para la década de los años noventa, la OCDE publica el *Manual de Oslo* que sintetiza las mediciones sobre las innovaciones en tecnología. Asimismo, se publica el *Manual de Camberra* y el *Manual de Patentes*, los que en conjunto brindan modelos de recuperación de información y de evaluación de la actividad científica y tecnológica.

Ya en el siglo XXI la evaluación de la actividad científica se asume como algo normal en los países desarrollados y en vías de desarrollo. Hoy día prácticamente en todos los países cuentan con instituciones u organismos encargadas de estas tareas de evaluación de la ciencia y los programas asociados. En Portugal funciona la *Agência de Avaliação e Acreditação do Ensino Superior*, en Suiza la *Swiss Agency of Accreditation and Quality Assurance*, en Dinamarca la *Danmarks Akkrediteringsinstitution*, en Alemania la *Agentur für Qualitätssicherung und Akkreditierung kanonischer Studiengänge in Deutschland*, en España la ANECA, en Colombia *Colciencias*, en México el CONACYT, por mencionar algunos.

1.2 Finalidades de la evaluación científica

La evaluación científica tiene por finalidad establecer la relevancia, eficiencia, eficacia, pertinencia, progreso y efectos de la investigación y sus agentes en función de los objetivos planteados, estos agentes pueden ser los autores (investigadores, grupos) las instituciones, programas, etc.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Organización Europea para la Cooperación Económica, 1993), señala que algunas de las finalidades explícitas de la evaluación en ciencia y tecnología son otorgar financiación, brindar acreditación a grupos, ofrecer apoyo a la evaluación institucional global y precisar capacidades científicas o tecnológicas.

Como señala López-Piñeiro (2015), “Las metodologías aplicadas para realizar esa evaluación son múltiples y tienen un grado desigual de aceptación en función de las áreas y de los países, incluso a nivel nacional” (p. 5). Esta variedad hace que los investigadores avancen en resultados y prestigio de manera desigual según su ubicación geográfica.

Para hablar de la evaluación de la investigación podemos decir que existen varios criterios que algunos estudiosos y críticos de la ciencia han dado para evaluarla, algunos criterios son como: la de pares, juicio de expertos, el ranking, análisis bibliométricos, el impacto social que tiene los resultados de la investigación, la difusión de ese conocimiento, trayectoria personal de los investigadores, entre otros; En determinados momentos algunos criterios han tenido más prevalencia sobre otros. Siendo para el mundo científico importante la evaluación de la ciencia y la investigación se ha convertido en una necesidad y a la vez se convierte en una continua controversia saber cuál es la mejor forma de evaluarla, lo cierto es que no se puede hacer ciencia sin ser evaluada, convirtiéndose la evaluación en un proceso indispensable por su credibilidad y confiabilidad del conocimiento para ser universal.

En la evaluación de la investigación, la valoración es la emisión de los juicios de valor crítico de los resultados o los procesos de investigación. Para una correcta y objetiva evaluación debe existir una adecuada articulación y justificación de los principios de evaluación y la traducción de tales principios en criterios de evaluación (Craen, 1986).

Las finalidades explícitas de los procesos de evaluación están relacionadas con la asignación de calidad relativa y con la toma de decisiones de distinto tipo: asignación de

recursos, gestión de grupos y proyectos, publicación de artículos y orientación de la investigación (Albornoz, 2003).

Los procesos de evaluación de la investigación científica se realizan en distintos momentos de su desarrollo. De acuerdo con el momento se han determinado que esta puede ser (Fernández -Cano, 1999; León y Montero, 1997; Moya-Anegón, 2003):

- Evaluación Ex-ante: se realiza antes de que se desarrolle, el propósito es determinar la coherencia y la viabilidad para su ejecución. Generalmente se utiliza para determinar la adjudicación de recursos económicos.
- Evaluación de Proceso: esta se lleva a cabo durante alguna de las fases de ejecución del proyecto, programa o investigación. El propósito es conocer el grado de desarrollo de toda la propuesta, de los plazos y objetivos. Es un mecanismo de control que permite identificar posibles dificultades o limitaciones que hayan surgido, así esta evaluación facilita tomar decisiones que modifiquen aspectos previstos que subsanen estos imprevistos.
- Evaluación Ex-post: se realiza una vez concluida la investigación o la actividad científica. El propósito es analizar los resultados científicos, el cumplimiento de objetivos y el grado de ejecución de los recursos asignados.

Como señala Sancho (2001), cada día, la ciencia y la tecnología se analizan con mucha más amplitud y precisión que en el pasado. “En este momento, a los políticos de la ciencia les interesa la relación de la C y T con el empleo, el medio ambiente, el crecimiento económico, etc.” (p. 401). Por lo tanto, se hace necesario construir indicadores que evalúen dichas relaciones.

La National Academy of Sciences Staff, National Academy of Engineering Staff y Institute of Medicine Staff (1999), de los Estados Unidos publicó una guía para la evaluación

de distintos programas en la que describía los diferentes métodos que podían ser empleados y argumentaba sobre los aspectos tanto a favor como en contra de su uso (Tabla 1.2).

Tabla 1.2 Métodos utilizados para evaluar la investigación

Métodos	Pros	Contras
Análisis Bibliométrico	Cuantitativo. Útil sobre bases agregadas para evaluar calidad de ciertos programas y campos.	Las mediciones son sólo cuantitativas. No es útil en todos los programas y campos. Las comparaciones entre campos y países son difíciles. Pueden ser artificialmente influenciados.
Tasa de retorno económico	Cuantitativo. Muestra los beneficios económicos de la I+D	Mide sólo beneficios financieros, no beneficios sociales (tales como el mejoramiento de la calidad de la salud). El tiempo transcurrido entre la I+D y el beneficio económicos es frecuentemente largo. No es útil en todos los programas y campos.
Revisión por pares	Método de fácil comprensión. Permite evaluar la calidad de la investigación y a veces otros factores. Una parte importante de los programas financiados con fondos federales evalúan la calidad con este método.	Se focaliza principalmente sobre la calidad de la investigación. Otros elementos son secundarios. Generalmente sirve para evaluar proyectos, no programas. Gran diversidad entre las diferentes agencias. Reparaos contra el uso de redes de "viejos". Los resultados dependen de que se involucre gente de la alto nivel en el proceso evaluador.
Estudio de casos	Permite comprender los efectos de los factores institucionales, organizacionales y técnicos que influyen en el proceso de investigación. Ilustra acerca de todos los tipos de beneficio del proceso de investigación.	Casos aislados, no comparables entre programas. Focalizar la evaluación sobre casos puede acarrear dificultades para evaluar los beneficios de una programación.
Análisis retrospectivo	Útil para identificar vínculos entre programas de I+D e innovaciones en períodos largos de inversión en I+D.	No es útil para evaluación de corto plazo, debido a que el intervalo entre la I+D y sus resultados prácticos es largo.
Punto de referencia (benchmarking)	Provee una herramienta de comparación entre programas y países.	Puede ser focalizado sobre campos, no sobre programaciones.

Fuente: National Academy of Sciences Staff, National Academy of Engineering Staff y Institute of Medicine Staff. (1999, p. 19)

Como indica López-Piñero (2015) “Para obtener, a través de una evaluación, la imagen más próxima a la realidad del desempeño científico de un investigador, se utilizan unos determinados indicadores de calidad, a menudo indirectos y a menudo más cuantitativos que cualitativos” (p. 47). Determinar esos estándares es un ejercicio de clasificación e implica seleccionar un determinado punto de vista de evaluación (Bowker y Star, 1999).

Sancho (2001), señala que en cualquier proyecto de medición, análisis o evaluación de la actividad científica o técnica requiere necesariamente un trabajo estadístico previo de toma de datos básicos y el posterior análisis de estos, para llegar a construir los necesarios indicadores de dicha actividad.

Crane (1986), señalaba que los esfuerzos realizados hasta la fecha para establecer la base de conocimientos de la evaluación se han centrado en el tema de la evaluación como aplicación de la teoría y los métodos de las ciencias sociales, especialmente los métodos. Esto llevaba a la aparición de innumerables estudios que muestran refinamientos de métodos estadísticos o etnográficos y cualitativos, en revistas como *Evaluation Review* y *Sociological Methodology*.

Para que una evaluación contribuya a cambios más profundos debe darse una combinación especial de circunstancias; por ejemplo, una evaluación debe responder a una necesidad de información; debe llevarse a cabo metodológicamente de forma creíble y los resultados deben ser comunicados, comunicar eficazmente los resultados a los responsables de la toma de decisiones (Luukkonen y Ståhle, 1990).

Como apunta Luukkonen (1995), las evaluaciones aumentan la credibilidad de la toma de decisiones de los consejos de investigación entre los científicos. Esto permite que la comunidad científica acepte de forma natural que su actividad sea objeto de inspección y análisis fuera de su propio campo.

1.3 Investigación educativa y evaluación de la investigación

La investigación educativa es de tipo social, puesto que centra su foco de atención en un aspecto que es primordial para toda sociedad. La educación y todo su entorno tienen una influencia en el grado en que la propia sociedad progresa y alcanza el bienestar de sus miembros.

Como señala Severino (2019), "los fenómenos educacionales no pueden ser abordados y tratados como objetos que se desmenuzan en la bancada de un laboratorio como si fueran piezas de anatomía" (p. 909). Por lo tanto, la investigación educativa es social y utiliza técnicas no solo experimentales sino también de carácter descriptivo, cualitativo propios de las ciencias sociales y esto debe tenerse en cuenta en los procesos de evaluación

científica del campo. Esto hace que cobre importancia lo que destacan Cárdenas et al. (2010) respecto a que "En la actualidad, no puede entenderse una investigación que solamente revele los resultados; es imprescindible que los resultados transformen de manera positiva el entorno estudiado" (p. 225). La educación no ha tenido la misma historia con el modelo científico-práctico que la psicología, pero recientemente se han hecho esfuerzos para considerar cómo dicho modelo puede ser implementado en la educación (Apel, 2011).

En los años 90 Fernández-Cano (1995) llamaba la atención sobre el aumento de la investigación en la educación en diferentes contextos científicos:

La denominada explosión del conocimiento, la toma ajustada de decisiones sobre personas y/o instituciones que realizan investigación educativa y, en definitiva, el crecimiento de las ciencias de la educación induce a considerar la necesidad de evaluar los productos y realizaciones investigacionales. (p. 131)

Este incremento en la producción científica en Educación hace necesario que se definan criterio e indicadores específicos para poder llevar a cabo una evaluación objetiva, clara y que responda a las características de este campo disciplinar. Fernández-Cano (1995), propone un modelo que ha puesto a prueba en algunos estudios (Fernández-Cano y Expósito, 2001; Expósito y Fernández-Cano, 2002) y que se presenta en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Modelo para la evaluación de la investigación educativa

Conceptualidad Temporalidad	Formal - Cuantitativa	Informal-Cualitativa
Anterior/Pasado (Antecedentes)	Variables presagio	Criterios de la Filosofía de la Ciencia
Inmediata/Presente (Contenido)	Revisión por pares	Comentario de pares
Mediata/Futuro	Valoración del impacto	Criterios de la Historia de la Ciencia

Fuente: Fernández-Cano (1995)

En la actualidad, la investigación educativa está empezando a alejarse de la distinción estricta entre métodos de investigación cualitativos y cuantitativos. Sin embargo, los investigadores pueden separarse en grupos basados en sus marcos filosóficos, identificados en términos de las suposiciones que hacen sobre la naturaleza de la realidad que se estudia, las afirmaciones sobre lo que podemos y no podemos saber y la forma en que utilizan las teorías y los resultados (Lodico et al., 2006).

Tabla 1.4. Marcos y supuestos en los que se basa la investigación educativa

	Realismo científico	Constructivismo social
Enfoques orientados al conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> -La investigación pretende describir una realidad objetiva que la mayoría o todas las personas estarían de acuerdo en que es real. -Los entornos y problemas educativos pueden estudiarse mediante el análisis empírico de sus componentes. -La investigación debe estar libre de valores -Los investigadores deben desvincularse de los participantes y esforzarse por ser objetivos. -Las teorías e hipótesis se forman y luego se confirman o desconfirman mediante la recogida de datos. 	<ul style="list-style-type: none"> -La realidad se construye histórica y culturalmente, por lo que existen múltiples realidades posibles. -Los entornos y problemas educativos deben entenderse como conjuntos complejos. -Los investigadores deben esforzarse continuamente por ser conscientes de sus valores y controlarlos. -Los investigadores deben implicarse activamente con los participantes para comprender sus puntos de vista -Las teorías e hipótesis se generan durante la recogida de datos de datos y adquieren significado a través de las interacciones humanas.
	Defensoría -Liberadora	Pragmatismo

	Realismo científico	Constructivismo social
Enfoques orientados a la acción	<p>La realidad se construye socialmente y está influida por las desigualdades sociales, políticas y culturales.</p> <p>-Aunque se prefieren los métodos cualitativos, los entornos y problemas educativos pueden estudiarse con cualquier método que represente realmente las experiencias de los participantes.</p>	<p>-La realidad inmediata de la solución de los problemas educativos debe ser el centro de la investigación educativa.</p> <p>-Los entornos y problemas educativos pueden estudiarse con cualquier método que describa o resuelva con precisión un problema</p> <p>-La investigación debe esforzarse por encontrar formas de mejorar la educación.</p> <p>-Los investigadores deben colaborar con los participantes para comprender plenamente lo que funciona.</p>
	<p>-La investigación debe basarse en valores y debe capacitar a los grupos marginados para mejorar sus vidas.</p> <p>-Los investigadores deben colaborar con los participantes como socios en igualdad de condiciones.</p> <p>-Las teorías e hipótesis deben proporcionar planes de acción para lograr una vida mejor.</p>	<p>-Las teorías e hipótesis son herramientas útiles para ayudar a mejorar la educación.</p>

Fuente: Lodico et al. (2006, p. 11)

Cada marco hace también suposiciones sobre si los métodos cualitativos o cuantitativos son los más apropiados para ampliar nuestros conocimientos sobre la educación. Como afirman Lodico et al. (2006) “Los marcos filosóficos describen los supuestos en los

que se basa la investigación” (p. 10) y cada investigador tomara la opción que mejor se ajuste a su posicionamiento filosófico.

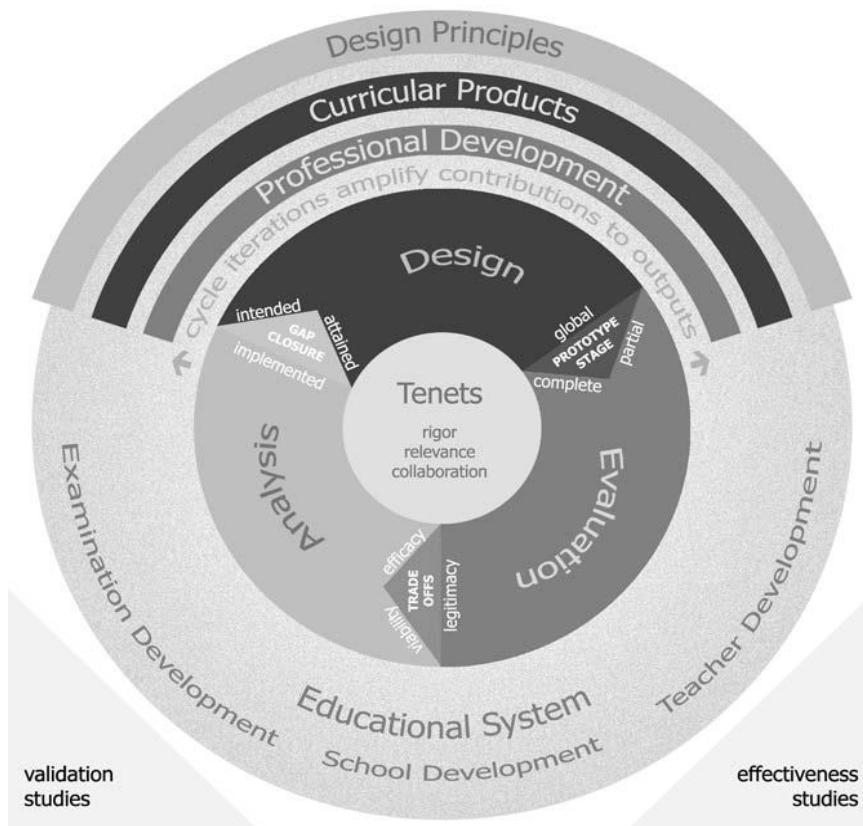
Durante la mayor parte de su historia, la investigación en educación sólo ha influido en la práctica de forma vaga e indirecta. Señala Walker (2020), que los investigadores enseñaban las teorías y los resultados a los educadores -profesores, líderes profesionales e investigadores en formación- y éstos, a su vez, aplicaban las teorías en la práctica y que “En la práctica, sin embargo, la teoría y los resultados de la investigación a menudo funcionaban como poco más que eslóganes para los reformistas” (p. 9). Recalca que no debe olvidarse que todos los diseños cuestan dinero, llevan tiempo de aplicación y requieren experiencia y esfuerzo. Además de que un diseño que funciona en el laboratorio puede no funcionar en el aula y uno que funciona en un aula experimental puede no funcionar en un aula típica. Finaliza su reflexión indicando que los investigadores tienen hoy la oportunidad de ser pioneros en la investigación del diseño y establecer como parte esencial de la creación de nuevos diseños para el aprendizaje y la enseñanza.

Debemos tener en cuenta que la investigación principal en educación se basa en la ciencia y las humanidades. Asimismo, la ciencia nos ayuda a entender la educación, y las intervenciones en educación, desde una posición externa, como objetos empíricos (Sloane, 2006). Las afirmaciones de conocimiento en la ciencia se refieren a los fenómenos educativos como objetos empíricos con propiedades descriptivas. Las ciencias de la educación suponen que el orden general se manifiesta empíricamente como un conjunto de regularidades estables que pueden expresarse en forma de enunciados hipotéticos (Sloane, 2006).

McKenney et al. (2006) proponen un modelo de investigación de tipo curricular que es utilizado en gran medida en Educación. Sin embargo, estos autores afirman que la "ingeniería educativa", al igual que todas las disciplinas de diseño, requiere diversos tipos de investigaciones en diferentes etapas de un proceso evolutivo. La investigación educativa debe

recurrir a otros recursos o estrategias metodológicas como recomienda Burkhardt y Schoenfeld (2003). Además, Ramírez (2011), nos recuerda que la investigación permite constatar la pertinencia educativa de ciertas teorías pedagógicas.

Figura 1.1 Modelo conceptual de la investigación del diseño en el ámbito curricular



Fuente: McKenney et al. (2006, p. 128)

En el campo de la investigación educativa española, los primeros trabajos con cierto fondo bibliométrico fueron realizados por Blanco (1930), en el primer tercio del siglo XX García (1980). En relación con la evaluación Fernández-Cano (1995), señala:

Evaluar las realizaciones investigacionales en Ciencias de la Educación, y me atrevería a decir en ciencias blandas es un proceso complejo, no definitorio, polimórfico y suscitador de nuevas cuestiones que conllevan combinar lo empírico y lo filosófico, la sustantividad de las disciplinas y la metodología de los estudios. (p.

142)

A nivel de España se han llevado a cabo estudios de corte bibliométrico que han evaluado en cierta medida la producción científica relacionada con Educación en diferentes áreas. Fernández-Cano y Expósito (2001), analizaron la producción en España sobre evaluación de programas educativos, Bracho et al. (2012), analizaron las publicaciones científicas en educación matemática en España.

Jiménez-Fanjul (2016), estudio la producción mundial sobre Educación Matemática representada en artículos de investigación presente en las bases de datos SCOPUS y WoS entre los años 1983 a 2012. Por otra parte, Adamuz (2016) también analiza esta disciplina educativa, pero centrando la atención en la investigación científica que se difunde por canales diferentes a las revistas, en este caso congresos internacionales y libros de investigación.

En cuanto a la investigación educativa en Latinoamérica, Madrid et al. (2017), analizaron las revistas de Educación publicadas en Brasil y presentes en SCOPUS, Lopera-Pérez et al. (2021), estudiaron la producción sobre educación ambiental. Sobre esta misma temática Prosser y Romo-Medina (2019), hallaron que en Iberoamérica existe una serie de investigadores interesados en trabajar la educación ambiental con menores.

Finalizamos indicando que, de manera específica en Colombia, Maz-Machado et al. (2020), hace un primer acercamiento a la producción presente en ESCI y Muñoz-Ñungo et al. (2020), analizan la producción científica en el ámbito de la Educación Matemática en Colombia.

Se puede afirmar que no solo hay un auge en la investigación educativa, sino que hay interés y preocupación por mejorar los métodos de este tipo de investigación. Es un ámbito que también está sometido a la evaluación de sus resultados y últimamente está siendo valorada atendiendo a criterios e indicadores bibliométricos pese a que desde algunos sectores se afirma que estos no son los más apropiados para esta labor.

Capítulo 2.

La Cienciometría y su Papel en la Evaluación de la Investigación

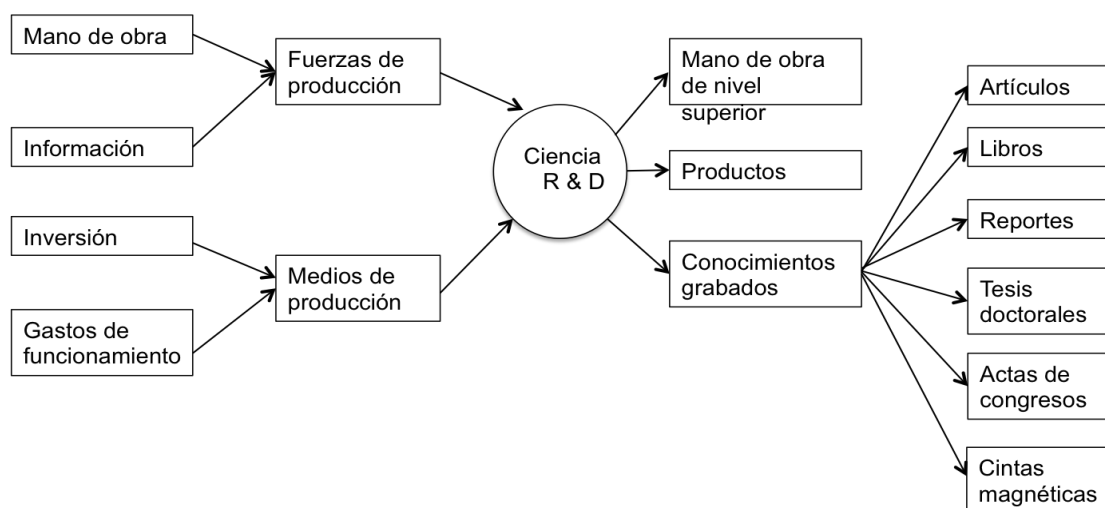
2.1 Desarrollo histórico de la cienciometría

La ciencia y los avances científicos avanzan cada día a pasos agigantados y traen consigo la difusión de esos nuevos logros. Asociado a esto los nuevos cauces de la difusión científica hacen que en esta época la literatura científica sea abundante y se disemine por diversos medios y soportes. Al inicio del segundo milenio Spinak (2001), señalaba que:

La comunicación y la información son intrínsecas a la práctica de la ciencia. La investigación es estimulada y se sustenta por un flujo constante de nueva información. Cuando el ciclo de información se completa, otra vez se suministra nueva información en una interacción infinita, generando un ciclo renovado de creación y de descubrimientos. (p. 17)

Braun y Schubert (1985), señalan los procesos de la construcción del conocimiento científica tomando en cuenta desde aspectos logísticos hasta llegar al conocimiento que agrupan como "conocimientos grabados" (Figura 2.1).

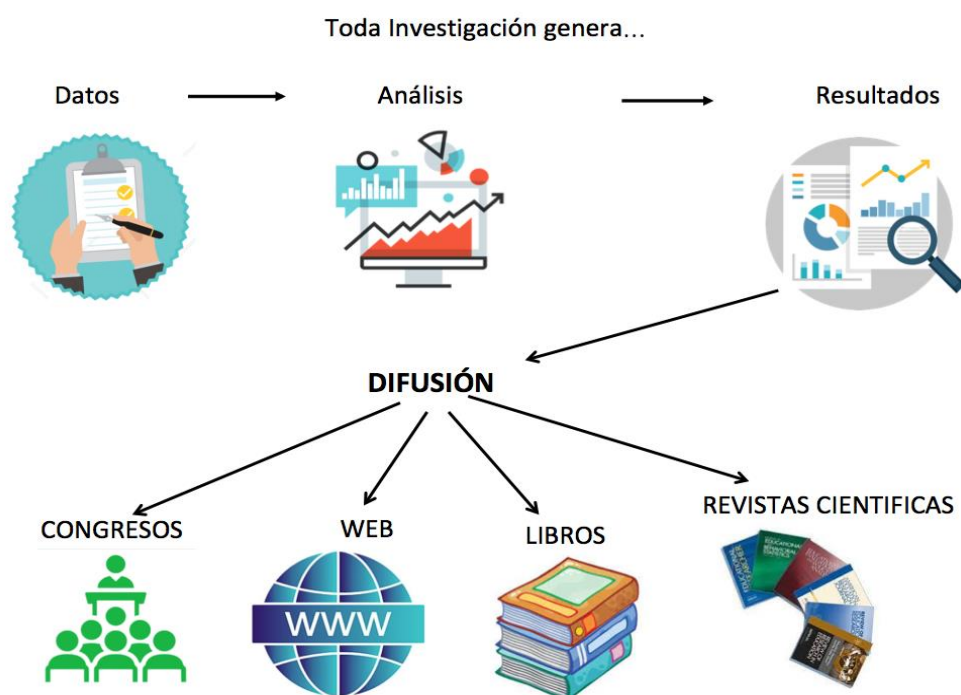
Figura 2.1 Diagrama de flujo del "mecanismo" de trabajo simplificado de la investigación científica.



Fuente: Braun et al. (1987, p. 2)

Maz-Machado (2022), señala que en todo proceso de investigación se generan datos que deben ser analizados para obtener resultados los cuales deben ser sometidos a procesos de difusión en tanto en la sociedad en general como entre la comunidad científica para su valoración, aprobación o rechazo. Esta difusión se realiza a través de diversos canales (congresos, libros, revistas, web, et.) (Figura 2.2). Esta producción científica que se difunde cada día es sometida a diversos estudios para conocer cuáles son sus patrones, cuál es su impacto y para identificar tendencias y temáticas de interés.

Figura 2.2 Esquema de generación y difusión del conocimiento científico



Fuente: Maz-Machado (2022)

El estudio de la literatura científica tiene una larga historia y ha sido un tema recurrente en el análisis de la información científica y en los estudios sobre la evolución de la difusión de los distintos campos de la ciencia. Los diferentes estudios sobre la ciencia se identifican con los términos bibliometría, informetría y cienciaetría (bibliometrics, informetrics, scientometrics). Como señala Sengupta (1992), surgen de la fusión del término "metrics" con bibliography, information and science respectivamente.

A continuación, vamos a describir de manera breve estas tres especialidades métricas que estudian la producción científica: *cienciometría*, *bibliometría* y *la informetría*.

El término *bibliometría* surge en 1934 introducido por Paul Otlet en su *Traitée de Documentation. Le livre sur le Livre. Therie et Pratique* (Hood y Wilson, 2001) y es definida como la parte de la bibliografía que se ocupa de la medida o cantidad aplicada a los libros (Maz-Machado et al., 2015). Este término, bibliometría, fue introducido por Pritchard (1969), quién lo definió como la "aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a los libros y otros medios de comunicación" (p. 348) y rápidamente fue aceptado y utilizado para su uso, particularmente en Norte América (Wilson, 1999). Antes de esta fecha se solía llamar "bibliografía estadística".

Para White y McCain (1989), el objetivo de la bibliometría es proporcionar modelos de evolución o cambios en la ciencia, la tecnología y la investigación. En definitiva, la bibliometría desarrolla modelos matemáticos y medidas para estos procesos y luego utiliza los modelos y medidas para la predicción y la toma de decisiones. El término parece haber sido utilizado por primera vez por Pritchard (1969), en sustitución del anterior término bibliografía estadística.

Ferreiro (1993), afirma que la bibliometría consiste en "codificación numérica de las características bibliográficas de la documentación y su tratamiento fundamentalmente estadístico y matemático, que hace posible la obtención de los indicadores bibliométricos necesarios para evaluar dichas características" (p. 18).

Se puede afirmar que la bibliometría comprende los siguientes aspectos (Spinak, 2001):

- La aplicación de análisis estadísticos para estudiar las características del uso y creación de documentos.

- El estudio cuantitativo de la producción de documentos como se refleja en las bibliografías.
- La aplicación de métodos matemáticos y estadísticos al estudio del uso que se hace de los libros y de otros soportes dentro de los sistemas de bibliotecas y entre estos.
- El estudio cuantitativo de las unidades físicas publicadas, o de las unidades bibliográficas, o de sus sustitutos. (p. 112)

Algunos investigadores han señalado que la evaluación de la producción científica a través de instrumentos e indicadores bibliométricos, debe tomarse con cautela en algunos casos. Adler et al. (2009), señalan que la investigación científica es de gran importancia para medir su valor con una herramienta única. En su estudio analizan los datos de citación usados como medida de calidad mediante el índice de impacto y señalando que es ineficaz para tomarlo como único parámetro de calidad para una revista porque no puede ser utilizado para la comparación de revistas de disciplinas distintas. Además inciden en que no ha de ser utilizado solo el índice impacto para elaborar rankings de artículos, investigadores o disciplinas puesto que únicamente es una media estadística.

Por otra parte, Rodríguez (1987), señala algunos errores frecuentes en algunos estudios bibliométricos. Por ejemplo, la utilización del método cuantitativo sin un planteamiento previo de los problemas teóricos a los que se enfrentan y Ferreiro (1993), indica algunas carencias de una preparación elemental matemático-estadística en contraste con el elevado nivel tecnológico alcanzado en el campo de la documentación.

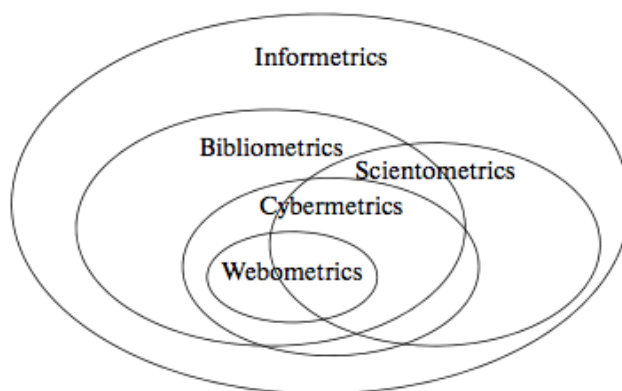
En los años 90 se introduce el término *informetría* por Gordova (1989), y fue utilizado para designar un subcampo de las ciencias de la información (Andrés, 2009). La informetría es el estudio de los aspectos cuantitativos de la información en cualquier forma, no sólo registros o bibliografías, y en cualquier grupo social, no sólo científicos. Por tanto, estudia los aspectos cuantitativos de la comunicación informal o hablada, así como de la

registrada, y de las necesidades y usos de la información de los más desfavorecidos, no sólo de la élite intelectual. Puede incorporar, utilizar y ampliar los numerosos estudios sobre la medición de la información que se encuentran fuera de los límites de la bibliometría y la Cienciometria (Tague- Sutcliffe, 1992).

Uno de los énfasis ha sido el desarrollo de modelos matemáticos, y otro la obtención de medidas para los diversos fenómenos estudiados. El valor de un modelo reside en su capacidad para resumir, en términos de unos pocos parámetros, las características de muchos conjuntos de datos: la forma general, la concentración y la dispersión, la forma en que los conjuntos de datos cambian con el tiempo (Tague- Sutcliffe, 1992).

Egghe (2005), define el término informetría como un término amplio que incluye toda la investigación métrica relacionada con la ciencia de la información, incluyendo la bibliometría (bibliografías bibliotecas, ...), cienciometria (política científica, análisis de citas citación, evaluación de la investigación, ...), la webometría (métricas de la web, Internet u otras redes sociales como las redes de citación o colaboración). La relación de los conceptos considerados se ve claramente en la figura 2.3.

Figura 2.3 Las relaciones entre los subdominios de la informetría



Fuente: Galyavieva (2013; p. 93)

Algunos especialistas (Ravichandra, 1998), señalan que los términos "bibliometría" y "Cienciometria" se utilizan casi indistintamente. Por otra parte, algunos expertos se niegan a considerar la Cienciometria como parte de la informetría (Galyavieva, 2013).

Lo que empezó como una idea de Eugene Garfield de crear un índice para mejorar la recuperación de información en los años 60 y que dio lugar a la creación del Science Citation Index (SCI) (Garfield, 1979; Wouters, 1999) pronto fue reconocido como un instrumento novedoso en el estudio empírico de las ciencias (por ejemplo, Price, 1965; Cole y Cole, 1973). En el año 1978 se empieza a publicar la revista *Scientometrics* que se convierte en un referente en este campo y da mayor visibilidad a los estudios de corte bibliométrico y cuantitativo (Leydesdorff y Milojević, 2012). Durante el periodo 1985-2000 el campo de los estudios sobre ciencia y tecnología se bifurcó en una "sociología del conocimiento científico" cualitativa, por un lado, y el estudio cuantitativo de la Cienciometria y los indicadores de ciencia, por otro.

La primera década del siglo XXI estuvo más centrada en la evaluación y la clasificación, se intensificó tras la publicación de la primera Clasificación Académica de las Universidades del Mundo (ARWU) de la Universidad Jiao Tong University en 2004 (Shin et al., 2011). También surge otro indicador popular, el índice (Hirsch, 2005), el cuál proporciona el impacto para autores de manera individual.

Cienciometría: puede definirse como el “estudio cuantitativo de la ciencia, la comunicación científica y la política científica” (Hess, 1997, p. 75).

Según Braun et al. (1987), la Cienciometría analiza los aspectos cuantitativos de la generación, propagación y utilización de la información científica para contribuir a una mejor comprensión del mecanismo, de las actividades de investigación científica. Para Vinkler (2010), la Cienciometria es un campo de la ciencia que se ocupa de los aspectos cuantitativos de las personas, la materia y los fenómenos en la ciencia, así como de sus relaciones, pero

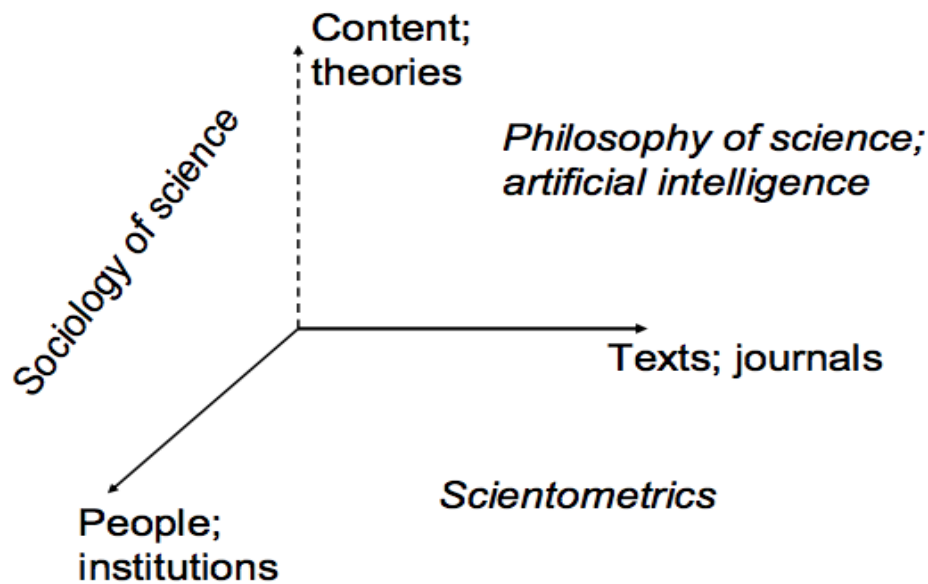
que no pertenecen principalmente al ámbito de una disciplina científica concreta. Los temas de estudio de la cienciometría incluyen, entre otros.

La cienciometría estudia los aspectos cuantitativos de la ciencia como disciplina o actividad económica, forma parte de la sociología de la ciencia y encuentra aplicación en el establecimiento de las políticas científicas, donde incluye entre otras las de publicación. Ella emplea, al igual que la bibliometría y la informetría estudia técnicas métricas para la evaluación de la ciencia (el término ciencia se refiere, tanto a las ciencias naturales como a las sociales), y examina el desarrollo de las políticas científicas de países y organizaciones. Los temas de estudio de la cienciometría incluyen, entre otros (Araujo y Arcibia, 2002):

- El crecimiento cuantitativo de la ciencia.
- El desarrollo de las disciplinas y subdisciplinas
- La relación entre ciencia y tecnología.
- La obsolescencia de los paradigmas científicos.
- La estructura de comunicación entre los científicos.
- La productividad y creatividad de los investigadores.
- Las relaciones entre el desarrollo científico y el crecimiento económico.

A diferencia de las ciencias del comportamiento y la filosofía de la ciencia dominante, la Cienciometría se centra en los textos (documentos) como unidades empíricas de análisis. La figura 2.4, que Leydesdorff & Milojević (2012), adaptaron del esquema de Leydesdorff (1995), esquematiza las relaciones con otras perspectivas disciplinarias de los estudios científicos. Los textos no pueden reducirse a sus autores -los textos pueden, por ejemplo, ser coautores- ni las teorías pueden reducirse a los documentos en los que están publicados. Sin embargo, una medida en una dimensión puede utilizarse como proxy o indicador de la otra, dado el diseño de la investigación, otra dimensión en función del diseño de la investigación.

Figura 2.4 Tres dimensiones principales en la dinámica de las ciencias



Fuente: Leydesdorff y Milojević (2012, p. 5)

Como señalan Leydesdorff y Milojević (2012), el uso de los factores de impacto de las revistas con fines evaluativos se ha extendido por todo el entorno académico, incluso hasta el nivel de las decisiones de titularidad individuales, que se basan cada vez más en medidas cuantitativas de publicaciones y citas. En ocasiones esta práctica se lleva a extremos como sucede en España para la acreditación a las diferentes figuras docentes del sistema universitario y que lleva a cabo la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA).

Un aspecto que a lo largo del desarrollo de la cienciometría es constante es tener en cuenta las diferencias existentes entre las ciencias sociales respecto a otras (puras, de la salud, etc.). Las ciencias sociales abarcan diferentes elementos que “rodean al ser humano y su esencia en la interacción con otros; [...] a diferencia de las ciencias exactas, estudia una realidad cambiante que no es ajena la práctica social humana y no depende directamente de quien lo estudia” (Valle, 2018; p. 53). El campo de la Cienciometría también se ha ampliado a diferentes tipos de documentos y otros ámbitos. Así, por ejemplo, al igual que los

manuscritos, las solicitudes de patentes contienen reivindicaciones de conocimiento que se refieren al "estado de la técnica" Leydesdorff y Milojević (2015).

Diversos autores han señalado las similitudes, así como las diferencias de métodos y objetivos entre los términos Bibliometría, Cienciometría e Informetría (Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Tipología para la definición/clasificación de la Bibliometría, Informetría y la Cienciometría. Adaptada de McGrath (2008)

Tipología	Bibliometría	Cienciometría	Informetría
Objeto de estudio	Libros, documentos, revistas, artículos, autores y usuarios	Disciplinas, materias, campos, esferas	Palabras, documentos, bases de datos
Variables	Números en circulación, citas, frecuencia de aparición de palabras, longitud de las oraciones, etc.	Aspectos que diferencian a las disciplinas. Revistas autores, trabajos, forma en que se comunican los científicos	Difiere de la Cienciometría en los propósitos de las variables, por ejemplo, medir la recuperación, la relevancia, el recordatorio, etc.
Métodos	Clasificación, frecuencia, distribución	Análisis de conjunto y de correspondencia	Modelo rector-espacio, modelos booleanos de recuperación, modelos probabilísticos, lenguaje del procesamiento, enfoques basados en el conocimiento, tesauros
Objetivos	Asignar recursos, tiempo, dinero, etc.	Identificar esferas de interés, dónde se encuentran las materias, comprender cómo y con qué frecuencia se comunican los científicos	Aumentar la eficiencia de la recuperación

Fuente: Adamuz (2015; p. 55)

En relación con la investigación educativa, está orientada a identificar y establecer los procesos implicados que influyen, modifican y en general actúan sobre los procesos de enseñanza-aprendizaje de cualquier tipo de conocimiento. La investigación educativa es de tipo social, puesto que centra su foco de atención en un aspecto que es primordial para toda sociedad. La educación y todo su entorno tienen una influencia en el grado en que la propia

sociedad progresa y alcanza el bienestar de sus miembros.

Como señala Severino (2019), “los fenómenos educacionales no pueden ser abordados y tratados como objetos que se desmenuzan en la bancada de un laboratorio como si fueran piezas de anatomía" (p. 909). Por lo tanto, la investigación educativa es social y utiliza técnicas no solo experimentales sino también de carácter descriptivo, cualitativo propio de las ciencias sociales y esto debe tenerse en cuenta en los procesos de evaluación científica del campo.

2.2 Leyes básicas de la cienciometría

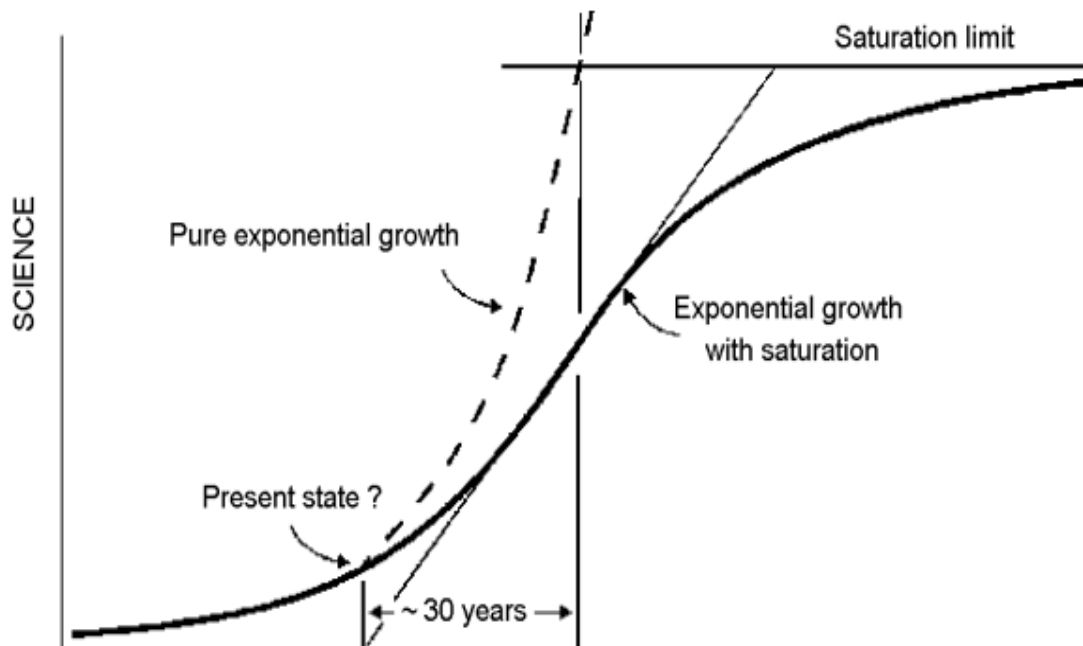
El desarrollo de la cienciometría ha conllevado una serie de regularidades o leyes que permiten identificar ciertas propiedades de la producción científica. De acuerdo a Spinak (1996), se dice que es una ley en una teoría cuando no existe ninguna duda razonable acerca de la exactitud de lo que indica. En esta investigación vamos a considerar la ley de Lotka, La ley de Price y la Ley de Bradford.

2.2.1 Ley de Price

2.2.1.1 Primera ley de Price. También conocida como Primera ley de Price o ley del crecimiento exponencial demuestra que la información crece a un gran ritmo en comparación con otros fenómenos de carácter social. Fue desarrollada por Derek John de Solla Price en 1963 en el libro *Big Science, Little Science* (Price, 1963). El crecimiento de la información científica aumenta a un ritmo que se duplica cada 10 a 15 años (López, 1996). Inicialmente, el tamaño de la ciencia se medía por número de revistas fundadas (que no han sobrevivido) entre 1665, cuando la primera revista, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, en el año 2000. Price (1963), indica que:

[...] el número de revistas ha crecido de forma exponencial en lugar de lineal. La constante es de unos quince años para una duplicación, lo que corresponde a una potencia de diez en cincuenta años y un factor de mil en un siglo y medio. (p. 169)

Figura 2.5 Crecimiento exponencial de la ciencia



Fuente: Price (1963)

El propio Price afirmaba que las cosas no tienen un crecimiento de manera indefinida y por tanto se alcanza un límite en este crecimiento. Asumía que existía un punto de inflexión en la curva exponencial del crecimiento científico transformándose en una curva logística como la que se presenta en la figura 2.5. Fernández-Cano et al. (2004), publicaron una amplia revisión de la literatura sobre la aplicación de este modelo.

En términos matemáticos el enunciado de esta ley puede ser expresado como:

$$N = N_0 e^{bt}$$

Siendo N la magnitud medida relacionada con el tamaño de la ciencia.

2.2.1.2 Segunda ley de Price. Ley del envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica.

Price también constato que la literatura científica va perdiendo actualidad cada vez de manera más rápida. Observó que a diferencia del número de publicaciones que se van duplicando cada 13,5 años en promedio, las citas que se reciben se dividen por dos cada trece años aproximadamente (López, 1996). Esta ley señala que literatura científica envejece y deja de tener actualidad y ser citada pasado un tiempo determinado, este tiempo varía según las distintas disciplinas. En ciencias este índice es de unos tres años mientras que para las ciencias sociales esta en torno a diez años.

Asimismo, Price estableció el índice de obsolescencia también llamado índice de Price como la proporción de referencias de no menos de 5 años en relación al número total de las referencias (Jiménez, 2016). Este índice se calcula como:

$$IP = \left(\sum_{i=0}^5 NR_i \right) / NR \cdot 100$$

Donde

NR_i es el número de referencias para el año i .

NR es el número de referencias totales.

i es el año a contar desde el año de publicación del documento citante.

2.2.2 Ley de Lotka

Alfred James Lotka se ocupó de la productividad de los autores y formulo la ley cuadrática inversa de la productividad de los autores (Lotka, 1926) llamada Ley de Lotka. Esta ley es una distribución de probabilidades discretas que describe el comportamiento de la productividad de los autores para determinados campos del conocimiento. En términos

generales esta ley afirma que la mayoría de autores publican un reducido número de documentos científicos mientras que la mayoría de documentos son publicados por unos pocos autores.

Inicialmente la Ley se enuncio en términos matemáticos como $A_n = \frac{A_1}{n^2}$, donde A_n es el número de autores con n firmas A_1 el número de autores con 1 firma y n^2 el número de firmas al cuadrado. Sin embargo, se ha verificado que n^2 es solo un caso particular. En la actualidad la ecuación se expresa como:

$$Y_x = Cx^{-n} \text{ con } x = 1, 2, 3 \dots, \max \quad (1)$$

A grandes rasgos, se trata de una versión actualizada de la ley dictada inicialmente por Lotka (1926). En su artículo original, Lotka presentaba el procedimiento para calcular C para el caso de $n = 2$. En él, el valor de la constante C era aproximadamente $6/\pi^2$. Más adelante, Pao (1985) planteó la generalización que nosotros aplicaremos para hallar ambos valores (C y n), conocida como distribución de poder inverso generalizado, que actualmente es ampliamente utilizada en investigaciones bibliométricas (Pao, 1986; Jiménez-Contreras y Moya-Anegón, 1997; Urbizagástegui, 2005).

La ecuación 1 se transforma en $y_x = C \left(\frac{1}{x^n} \right)$ donde, Y_x es la probabilidad de que un autor haga x contribuciones sobre un tema. C y n son los dos parámetros que deben ser estimados de los datos observados. Para obtener n se usa el método del mínimo cuadrado lineal y expresado por la ecuación:

$$n = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{N \sum x^2 - (\sum x)^2}, \text{ donde,}$$

N = número de pares de datos observados

X= logaritmo de base 10 de x

Y= logaritmo de base 10 de y

La estimación del parámetro C se hace mediante la función inversa Zeta de Riemann:

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^{P-1} \frac{1}{x^n} + \frac{1}{(n-1)P^{n-1}} + \frac{1}{2P^n} + \frac{n}{24(P-1)^{n+1}}}$$

Donde, P= es el número de pares de datos observados. Pao (1986) comprobó que el error residual es insignificante si P es igual a 20.

Para estimar la significancia de los resultados se aplicará la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S) tal como sugiere Coile (1977), y que ha sido utilizada con éxito en diversos estudios (Urbizagástegui, 2005; Maz-Machado et al. 2017; Maz-Machado et al. 2011).

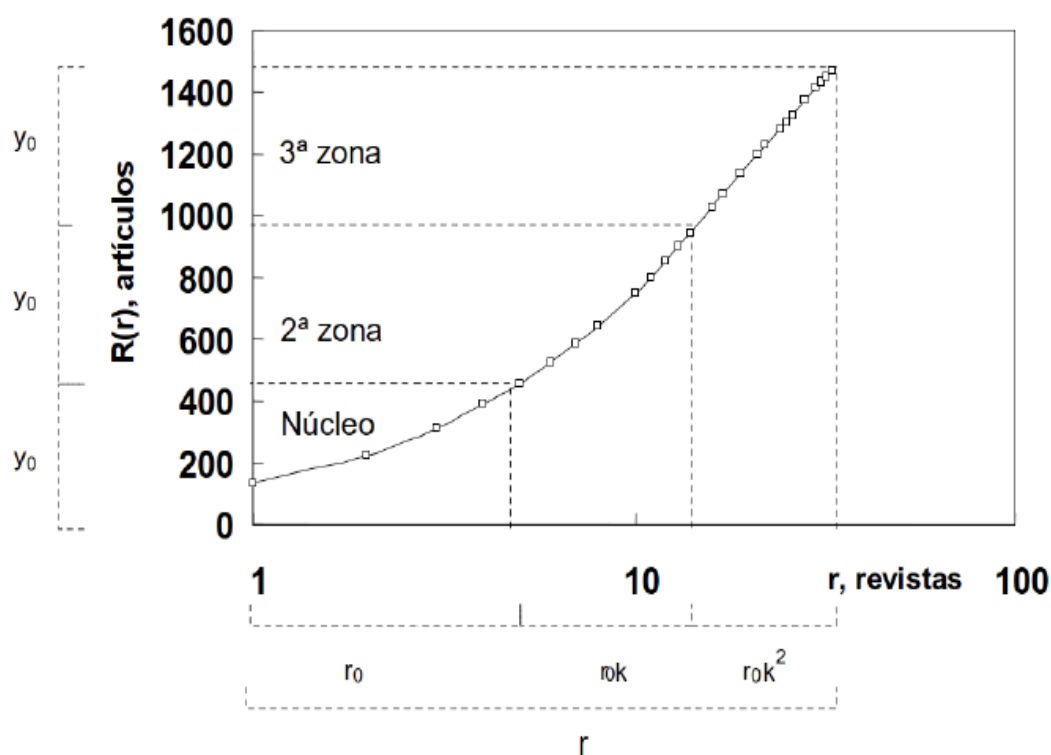
2.2.3 Ley de Bradford

Esta ley fue enunciada por Bradford (1948), en su libro *Documentation*. Previamente él ya había estudiado el comportamiento de la información científica y afirmaba que menos de la mitad de los trabajos científicos útiles aparecían resumidos en las revistas de resúmenes de la literatura científica (Gorbea, 1996). Bradford planteaba que, si se ordenan las revistas científicas en zonas de producción decrecientes según el número de artículos publicados en cada una, el número de revistas se va incrementando a la vez que la productividad de la misma disminuye.

Aunque Bradford dio a entender que el número de zonas sería siempre de tres, investigaciones posteriores descubrieron que el número de zonas está en función del tema representado por la bibliografía.

Para graficar el modelo propuesto por Bradford se supone que el número total de artículos puede ser proporcional al logaritmo de la cantidad acumulada de títulos de revistas. Las implicaciones del trabajo de Bradford se han debatido ampliamente en términos de gestión de colecciones y, en ocasiones, se han aplicado directamente (Wallace y Van Fleet, 2012).

Figura 2.6 Gráfica de la distribución de la Ley de Bradford



Fuente: Vickery (1948)

Vickery (1948) demostró que el comportamiento del modelo era independiente del número de zonas escogidas, aunque podía afectar al multiplicador de Bradford.

Con el paso del tiempo el modelo de Bradford se ha utilizado para determinar no solo para identificar el núcleo básico de la productividad temática de una disciplina científica, sino también para el comportamiento de regularidades en otras áreas del campo de la biblioteconomía. Wallace (1987), señala que entre estas nuevas aplicaciones es para conocer

la literatura específica de un tema, la productividad de autores o editores, la circulación de documentos por una biblioteca, etc.

Un problema con la ley de Bradford es que él propio Bradford no formuló una expresión matemática para su representación gráfica. Diversos investigadores han postulado diversas formulaciones matemáticas para la ley de Bradford, entre ellas se tienen:

$$Y = A + B * \log X \text{ (Qiu y Tague, 1990).}$$

$$R(n) = K \log n \text{ (Brooks, 1969).}$$

$$R(r) = a \log (b + cr + d \log(1 + fx)) \text{ (Egghe, 1985).}$$

2.3 Indicadores cuantitativos

La Cuantificación trata de caracterizar la ciencia y la investigación científica mediante datos cuantitativos relativos a la generación, propagación y utilización de la literatura científica (Braun y Schubert, 1985). Spinak (1998), afirma que los indicadores cuantitativos son métricas cuyo propósito es analizar diversos aspectos de la actividad científica tales como la productividad, el impacto, la posición dominante de unos trabajos frente a otros, etc. También se pueden cumplir los indicadores definidos como parámetros de un modelo matemático más sofisticado.

La Cuantificación se encarga en primer término de realizar estudios descriptivos centrándose en el análisis de la productividad, la colaboración y la citación, entre otros (Fanjul, 2015). Van Raan (2004), incluye, como uno de los objetivos del análisis bibliométrico, la capacidad de establecer un conjunto de indicadores estandarizados que faciliten la evaluación de la producción científica.

Existen multitud de indicadores para realizar estudios cuantitativos, el uso de unos u otros vendrá determinado por el alcance y objetivos planteados en el propio estudio. Una de las principales referencias para el uso de estos indicadores es el denominado “Manual de

Frascati” sobre la medición de actividades científicas y tecnológicas (Organización Europea para la Cooperación Económica, 1994).

Como afirman Braun y Schubert (1985), las principales variables de cualquier investigación de Cienciometría son los autores, las publicaciones, las referencias y las citas. La Cienciometría, por lo tanto, intenta descubrir las características específicas de la ciencia y la investigación científica estudiando las variables mencionadas por separado, o construyendo indicadores apropiados basados en varias variables. Las principales variables de cualquier investigación de Cienciometría son los autores, las publicaciones, las referencias y las citas.

Diversos autores señalan la importancia y necesidad de una normalización de los indicadores (Vinkler, 2010). Esto es importante en el caso de indicadores basados en las citas, ya que las publicaciones más antiguas han tenido más tiempo para recibir citas que las publicaciones más jóvenes. Los indicadores también pueden normalizar otras características de una publicación. Por ejemplo, a veces se normalizan por tipo de publicación, donde se puede distinguir entre categorías como artículo de investigación, artículo de revisión y carta (Waltman y Van Eck, 2019).

Algunos investigadores han realizado esfuerzos para agrupar los distintos tipos de indicadores cuantitativos que caracterizan la actividad científica desglosándola en varias subcategorías, entre ellas: indicadores de producción, indicadores de visibilidad e impacto, indicadores de colaboración, etc. (Vinkler, 2001; Callon et al., 1995; Torres-Salinas, 2007).

Tabla 2.2 Indicadores cuantitativos más empleados.

Categoría	Indicador
Indicadores de producción	Nº de publicaciones
	Distribución por idioma
	Distribución por tipos de fuente documental
	Índice de especialización temática
Indicadores de visibilidad e impacto <i>(Basados en el factor de impacto)</i>	Factor de impacto esperado
	Factor de impacto ponderado
	Factor de impacto relativo
	Potencial investigador
<i>(Basados en el número de citas)</i>	Número de publicaciones en revistas Top3
	Nº de citas
	Promedio de citas
	Porcentaje de documentos citados y no citados
	Tasa de autocitación
Indicadores de colaboración	Trabajos altamente citados
	Índice de coautoría
	Índice de coautoría institucional
	Patrones de colaboración (local, regional, nacional, internacional)
	Medidas de similitud
Indicadores de primera generación	Tasa de citación relativa de las copublicaciones internacionales
	Redes de coautoría
Indicadores de segunda generación	Redes de citación
	Método de las palabras asociadas
	Mapa de temas
	Mapas combinados temas-autores

Fuente: Adaptado de Callon et al. (1995), (Torres-Salinas, 2007)

2.3.1 Indicadores cuantitativos de la producción científica

En la comunidad académica no hay un consenso absoluto sobre cuales son todos los indicadores de la producción científica y de manera frecuente se proponen nuevos indicadores. Sin embargo, si existen algunos que son reconocidos y aceptados por la mayoría de investigadores y sobre los que se teoriza o son aplicados en distintos estudios de tipo bibliométrico o cienciométrico. Son estos los que describiremos a continuación.

- **Indicador Ndoc o número de documentos.** Es el número de documentos publicados sean del tipo que sean (artículos, artículos de revisión, libros, comunicaciones en congresos,...). Se puede calcular en base a diferentes niveles: autores, departamentos, grupos, instituciones, países o regiones. Es un indicador bruto que no nos permite realizar comparaciones fiables entre diferentes áreas de conocimiento.
- **Indicador Nart o número de artículos.** Es un indicador similar al anterior pero en el que los documentos a tener en cuenta son los artículos científicos.
- **Tasa de variación interanual o TVI.** Es la diferencia porcentual del número de publicaciones de la unidad de análisis considerada en relación con el volumen total de una producción anterior de la misma unidad. Pretende mostrar el aumento o retroceso en términos cuantitativos de la unidad de análisis estudiada respecto del año anterior. Se puede aplicar a individuos, grupos, instituciones, países, etc.

Matemáticamente se formula como:

$$TVI_y = \frac{Ndoc_y - Ndoc_{y-1}}{Ndoc_y} . \text{ Donde,}$$

$Ndoc_y$ es el número de documentos publicados en el año y

$Ndoc_{y-1}$ es el número de documentos publicados en el año anterior

Se suele expresar en términos porcentuales.

- **Extensión Bibliométrica.** Es el número de contribuciones por países, por disciplina, etc. En este caso también se hace una cuenta completa, es decir, se contabilizará el país de cada uno de los autores en el caso de multiautoría.
- **Índice de institucionalización.** Este índice hace referencia a la institución de pertenencia de los diferentes autores. Es muy interesante puesto que nos permite hacer un análisis territorial de la producción científica en el campo de análisis, detectando los centros más productivos en las diferentes líneas de investigación.
- **Índice de multiautoría.** Es un índice que está muy relacionado con los dos anteriores, se define como el conteo del número de autores que firman un documento, como conocemos la filiación de estos autores, podremos establecer las relaciones entre ellos, aunque no pertenezcan a la misma institución, detectando así, los colegios invisibles, que definiremos en profundidad en el capítulo cuatro.
- **Índice de transitoriedad.** Es el índice que nos dice cuántos autores ocasionales hay en la muestra de análisis con respecto al número de autores totales. Se considera que un autor es ocasional cuando realiza un único trabajo en una temática determinada.
- **Número de citas observadas.** Estaría formado por el número de documentos que citan la producción de la unidad de análisis considerada (individuo, grupo, centro, institución). Da una idea sobre la visibilidad (utilidad) real de los documentos publicados. Al tratarse de un indicador bruto, no debe utilizarse para realizar comparaciones entre disciplinas diferentes (Van Raan, 2004).

2.3.2 Indicadores de la colaboración científica

Como señala Fanjul (2015), en el siglo XX se produce una ruptura en el patrón de la producción científica pasando de un modelo de construcción del conocimiento basado en la labor individual de los científicos a uno en el que la colaboración entre pares científicos y académicos es el imperante.

Subramayan (1993), indicaba que la producción científica se daban reacciones en la colaboración:

- **Colaboración profesor-alumno.** Se trata de un modo de colaboración muy común en el ámbito académico. El profesor de un departamento universitario aporta las ideas y la orientación, y a veces también los fondos de una beca de investigación, y el asistente de investigación o el estudiante realiza la mayor parte del trabajo.
- **Colaboración entre colegas.** Es una práctica muy habitual en los centros de investigación de las empresas en las que varios colegas trabajan en uno o varios proyectos, aportando cada uno de ellos su experiencia en un aspecto diferente del proyecto.

En campos interdisciplinarios como el medio ambiente, la energía o la investigación espacial, suelen colaborar científicos e ingenieros de muy diversas especialidades.

- **Colaboración entre supervisores y asistentes.** Existe una estructura estratificada dentro de la comunidad científica. En los proyectos de investigación que requieren un amplio uso de las instalaciones del laboratorio o de equipos muy especializados, el investigador principal suele contar con la ayuda de una serie de asistentes y técnicos de laboratorio.
- **Colaboración entre investigadores y consumidores.** En los proyectos de investigación a gran escala, el investigador individual o el equipo de investigación pueden obtener la ayuda de un consultor o de una empresa de consultoría para tareas

especializadas como la recogida de datos (que implica, por ejemplo, el diseño y la administración de cuestionarios, o la realización de entrevistas), el procesamiento de datos y el análisis.

- **Colaboración entre organizaciones.** Los científicos e ingenieros empleados en diferentes organizaciones suelen colaborar en proyectos de investigación de interés mutuo.
- **Colaboración internacional.** El comportamiento de colaboración internacional entre científicos ha sido estudiado por Frame y Carpenter (1979). El grado de colaboración es mayor en los campos científicos básicos de la ciencia (como la física, las matemáticas y la química) que en los campos aplicados (como la ingeniería y la tecnología, la medicina clínica y la investigación biomédica).

Katz y Martin (1997), afirman que la colaboración puede darse entre individuos, grupos, departamentos, instituciones sectores, regiones o países. Son muchas las razones que llevan a los investigadores a colaborar. Maz-Machado y Jiménez-Fanjul (2018), hacen una recopilación de motivaciones por las que los científicos deciden colaborar en el proceso de la construcción y el desarrollo científico:

1. Los profesionales buscan oportunidades para colaborar con el fin de aumentar su visibilidad dentro su campo; cabe suponer que se aplica a todos los campos del conocimiento, ya que las ciencias suelen compartir una estructura de recompensa común (Whitley, 1984).
2. Para obtener acceso a equipos, recursos o materiales que puedan facilitar o mejorar la investigación (Katz y Martín, 1997).
3. Mejorar la composición de los grupos de investigación con el fin de aumentar las posibilidades de obtener apoyo financiero en las convocatorias abiertas.
4. Conocer y compartir nuevas técnicas metodológicas.

5. Aumentar la eficacia y la eficiencia, así como la calidad de la investigación (Adams et al., 2005).
6. Establecer redes de investigación con mayor relevancia social y científica.
7. Las posibilidades de investigar sobre temas interdisciplinarios que tocan diferentes áreas de conocimiento, por lo que son necesarios expertos de cada una de ellas.
8. Interactuar con instituciones de igual o mayor prestigio o apoyar el desarrollo de otras de menor tradición investigadora.
9. Aumentar la productividad científica de los grupos de investigación o de sus miembros.
10. Trabajar con colegas que comparten los mismos intereses, ideas, marcos teóricos o problemas.
11. Aumentar las citas y, por tanto, el impacto y la visibilidad de la producción científica (Lee y Bozeman, 2005).

Atendiendo a lo anterior se tiene que la colaboración científica se puede producir en diferentes niveles: a nivel individual, entre grupos, instituciones, etc. Son numerosos los estudios en los que se ha analizado la colaboración en múltiples contextos de carácter geográfico, disciplinar e institucional (Glänzel, 2002; Wang et al., 2005; Maz-Machado et al., 2015).

Perianes-Rodríguez et al. (2010) establecen una primera clasificación de los tipos de colaboración según entre qué entes se produzca (ver Tabla 2.3)

Tabla 2.3 Tipos de colaboración científica

	Intra	Inter
Individual	-	Entre individuos
Grupo	Entre individuos del mismo grupo	Entre grupos
Departamento	Entre individuos o grupos del mismo departamento	Entre departamentos
Institución	Entre individuos o departamentos de la misma institución	Entre instituciones
Sector	Entre instituciones del mismo sector	Entre instituciones de distinto sector
Región	Entre instituciones de la misma región	Entre instituciones de distinta región
País	Entre instituciones del mismo país	Entre instituciones de distinto país

Fuente: Perianes-Rodríguez et al. (2010)

De forma general para medir esta actividad colaboradora se han venido utilizando el análisis de las publicaciones con coautoría, es decir, documentos realizados por varios autores, instituciones, etc. que se hacen responsables de manera compartida sobre los resultados publicados.

La colaboración en la autoría implica una serie de relaciones de tipo social en la ciencia que hacen necesarias técnicas de análisis propias del estudio de las redes sociales como ha señalado Molina (2001).

Otro aspecto que atrae la atención de la investigación sobre la colaboración son los tipos de colaboración en términos de regiones, determinando si es local, nacional o internacional (Wang et al., 2015; Ardanuy, 2012).

Algunos investigadores han propuesto diversos indicadores para medir el grado de colaboración en la coautoría de documentos.

- **Índice de coautoría.** Una de las vías de análisis de patrones en la colaboración es el índice de coautoría (CAI del inglés Co-authorship index) propuesto por Schuber y

Braun (1986). Este se obtiene calculando la proporción del número de artículos "individuales", de dos, de varios y de megaproducción para diferentes naciones o diferentes subdisciplinas. y se utiliza la fórmula:

$$CAI = ((N_{ij}/N_{io})/(N_{oj}/N_{oo})) \times 100$$

Donde N_{ij} denota el número de documentos en coautoría por j autores en i países.

N_{oj} denota el número total de documentos con coautorías por j autores en todos los países.

N_{oo} es el total de documentos en todos los países.

Tabla 2.4 Interpretación del CAI

Valor	Interpretación
CAI < 100	Indica que el número de publicaciones es inferior a la media.
CAI = 100	Indica que el número de publicaciones corresponde a la media dentro de un patrón de coautoría.
CAI > 100	Indica que el número de publicaciones es superior a la media.

Fuente: Schuber y Braun (1986)

Según la discusión de las medidas de colaboración de Rousseau (2011) y Egghe (1991), las ecuaciones de las cuatro medidas son las siguientes.

f_j = el número de trabajos que tienen j autores en la colección;

q = el número máximo de autores en un solo artículo;

N = el número total de artículos; y

n = el número total de autores de la colección.

- **Índice de colaboración (IC) propuesto por Lawani (1980):**

$$IC = \frac{\sum_{j=1}^q jf_j}{N}$$

El IC se utiliza para medir el número medio de autores por artículo. El IC distingue entre niveles de autoría y es muy fácil de calcular, pero tiene los siguientes inconvenientes 1) no es fácilmente interpretable como un grado, ya que no tiene límite superior (es decir, no está entre 0 y 1 ni es expresable en términos de porcentaje); y 2) da un peso distinto de cero a los trabajos de autoría única, que no implican colaboración (Afijeruke et al., 1988).

Una forma de evitar estos problemas es utilizar $1-1/CI$ como medida de la colaboración. Sin embargo, esto no tiene ninguna base teórica, aunque es muy fácil de calcular.

- **Grado de colaboración (GC).** Es la relación entre el número de trabajos de investigación en colaboración de trabajos de investigación en colaboración con el número total de trabajos de investigación publicados en la disciplina durante un periodo determinado de tiempo y fue propuesto por Subramayan (1983).

$$GC = 1 - \frac{f_1}{N}$$

El GC es fácil de calcular y se puede interpretar fácilmente como un grado (ya que se sitúa entre cero y uno), da un peso cero a los artículos de autoría única y siempre clasifica mejor una disciplina (o periodo) con un mayor porcentaje de artículos de autoría múltiple. Sin embargo, GC no distingue entre niveles de autoría múltiple (Afijeruke et al., 1988).

- **Coefficiente de Colaboración (CC).** El CC se diseñó para eliminar las deficiencias del IC y el DC (Ajiferuke et al., 1988); desaparece para una colección de artículos de un solo autor y distingue entre artículos de diferente número de autores.

$$CC = 1 - \frac{\sum_{j=1}^q \left(\frac{1}{j}\right) f_j}{N}$$

El CC se sitúa entre 0 y 1, correspondiendo el 0 a los artículos de un solo autor. Desaparece para una colección de artículos de un solo autor y distingue entre artículos de un solo autor, de dos autores, etc. Sin embargo, CC no da 1 para la máxima colaboración, excepto cuando el número de autores es infinito. Observamos que CC también es igual a 1 para colaboración máxima (Savanur y Srikanth, 2010).

- **Coefficiente de colaboración revisado (CCR).** El CCR no sólo mantiene los beneficios de la CC, sino que también rinde 1 cuando la colaboración es máxima (Egghe, 1991). Más detalladamente, Egghe (1991), formuló ocho principios naturales que deben satisfacer las buenas medidas de colaboración. El CCR satisface la mayoría de los principios naturales.

$$CCR = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum_{j=1}^q \left(\frac{1}{j}\right) f_j}{N} \right\}$$

2.4 Redes de colaboración científica

El análisis de redes sociales es un campo de investigación activo en las ciencias sociales en el que los investigadores intentan comprender la influencia social y las agrupaciones de un conjunto de personas o grupos.

Las redes de colaboración se han estudiado mucho en los últimos años. La colaboración entre científicos puede utilizarse como medida para el examen cualitativo de la literatura. La intensidad de la colaboración varía significativamente entre las diferentes disciplinas, por ejemplo, en la literatura relacionada con las humanidades y las artes, la colaboración entre los investigadores es muy reducida; mientras que en campos como las

matemáticas, la física, la medicina, la informática y la ingeniería, se produce un gran grado de colaboración entre los investigadores.

La teoría y aplicación del Análisis de Redes Sociales (ARS) ofrece una serie de métodos para el análisis de las interacciones sociales que permiten de forma específica investigar las estructuras relacionales y su representación como redes (Del-Fresno-García, 2014).

Las técnicas de análisis de redes se han utilizado ampliamente para estudiar las redes de colaboración. En la literatura científica abundan los estudios que las aplican en todas las ramas de conocimiento. En Educación tenemos a modo de ejemplo los trabajos de Marín y Cabero (2019), Gewerc-Barujel et al., (2014), Maz-Machado et al. (2011). Una red social es un conjunto de personas, cada una de las cuales conoce a un subconjunto de las demás. Esta red puede representarse como un conjunto de puntos (o vértices) que denotan personas, unidas de dos en dos por líneas (o aristas) que denotan conocimiento (Newman, 2001). En la representación gráfica de este tipo de red, sólo hay un tipo de vértices: los autores. Si bien pueden ser remplazados por los países o las instituciones. Es decir, en principio, se podría construir la red social de una empresa, una escuela o una universidad, o cualquier otra comunidad hasta el mundo entero. Existe una arista entre dos autores si son coautores de un artículo.

Madaa y Joland (2014), señalan que la desventaja de este tipo de grafo es que se pierde información en la formación de un grafo de colaboración a partir del grafo bipartito autores-trabajos, por ejemplo, si tres autores están mutuamente vinculados en el grafo de colaboración, no podemos decir, sólo mirando el grafo de colaboración, que existe un único trabajo en coautoría con los tres autores o tres trabajos diferentes. A pesar de la pérdida de información durante la formación del grafo de colaboración, es muy útil para el estudio de diversas propiedades relacionadas con la colaboración y su variación con el tiempo.

Sin embargo, algunos autores señalan que al modelar las redes de colaboración, nos enfrentamos al siguiente problema (Chirita et al., 2005): por un lado, la coautoría por sí sola es una definición bastante limitada de la colaboración, ya que dentro de los grupos de investigación las personas a menudo cooperan sin publicar un artículo juntos, Señalan que por ejemplo, para escribir documentos técnicos internos o presentaciones de seminarios que nunca se publican. Por otra parte, las relaciones de coautoría sólo pueden rastrearse en el caso de los artículos presentados en congresos, talleres y revistas indexados por las bibliotecas digitales actualmente disponibles (CiteSeer, DBLP, ACM, ePrint Archive,...).

2.4.1 Visualización de las redes de colaboración

Tukey (1972), señala que la visualización de redes permite ver lo que puede estar sucediendo por encima o por debajo de lo que ya hemos descrito mediante los datos. Ackoff (1989), afirma que hay que hacer una distinción entre datos, información, conocimiento, comprensión y sabiduría porque, aunque se refieran a un mismo fenómeno observado significan cosas distintas sobre dicho fenómeno.

Por otra parte, Tufte (1997), demostró que el poder explicativo de las buenas visualizaciones depende de la calidad de los métodos utilizados en la presentación y evaluación de las evidencias disponibles.

Brandes et al. (2005), enumeran los aspectos básicos de la visualización de una red citando el trabajo de Freeman (2000):

[...] en sus primeros trabajos, Moreno introdujo cinco ideas importantes sobre la construcción correcta de imágenes de redes sociales: (1) dibujó grafos, (2) dibujó grafos dirigidos, (3) utilizó el color para dibujar multi-grafos, (4) modificó la forma de los nodos para comunicar las características de los actores sociales y (5) mostró que las variaciones en la localización de los puntos podían utilizarse para destacar

algunas de las propiedades estructurales importantes de los datos Brandes y otros. (p. 3)

Brandes et al. (2005), plantean que para producir visualizaciones eficaces hay que identificar de forma clara la información que es relevante para lo que se pretende observar, es decir, filtrar, transformar y procesar la colección de actores, lazos y atributos para identificar lo que es interesante, definir un mapa apropiado para la representación gráfica, y generar la imagen correspondiente sin introducir artefactos que distorsionen la interpretación.

Del-Fresno-García (2014), resalta que visualizar y comprender la influencia de los patrones de interacción entre los integrantes de la red y su relación con una amplia variedad de comportamientos es algo clave para diferentes campos del conocimiento.

2.4.1.1 Elementos básicos de una red

- **Definición y tipo de grafos.** Un grafo G es un par de conjuntos (V, E) donde V representa un conjunto de objetos cualesquiera y E es un subconjunto de pares ordenados de V . Al conjunto V se le denomina conjunto de vértices o nodos y a E es el conjunto de aristas o ejes. El grafo está determinado por un conjunto de elementos que pueden o no estar relacionados entre sí, y se expresa como el conjunto de aristas E (Pelegriñ et al., 1992).
- **Grafo no dirigido.** Un grafo no dirigido o no orientado G es una dupla (V, E) formada por dos conjuntos no necesariamente finitos donde:
 - $V \neq \emptyset$, es un conjunto no vacío que define los vértices del grafo, también denotado $V(G)$.
 - E , es el conjunto de los lados o aristas, denotado también como $E(G)$.

Dos vértices i y j relacionados definen una arista o eje denotado como $e = (i, j)$. En un grafo no dirigido $e = (i, j)$ y $e = (j, i)$ denotan las mismas aristas que une los vértices i y j . Las aristas con el mismo vértice inicial y final se llaman lazos o bucles.

- **Grafo dirigido.** también llamado grafo orientado o dígrafo G es una dupla (V, A) formada por dos conjuntos no necesariamente finitos, donde:
 - $V \neq \emptyset$, es un conjunto no vacío que define los vértices o nodo del grafo.
 - A , es el conjunto de las flechas, arcos o aristas orientadas.

En un grafo dirigido el orden de la arista es importante y los pares (i, j) ; (j, i) de la relación entre dos vértices no significan lo mismo. Dado un arco (i, j) , a i se le llama vértice inicial u origen, y a j vértice final o destino. Además, cada arco se puede representar mediante una flecha que va de i a j .

Un grafo puede estar representado por una matriz que modela los vértices y sus conexiones.

Matriz de adyacencia: es una matriz cuadrada $M_{n \times n}$ de n vértices cuyos elementos son de forma m_{ij} tal que i corresponde al vértice v_i y j al vértice v_j . Mediante esta matriz podemos representar solamente 1-grafos. Dado un grafo 1-grafo, si este no es dirigido, los valores de la matriz serán:

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } v_i \text{ y } v_j \text{ son adyacentes} \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

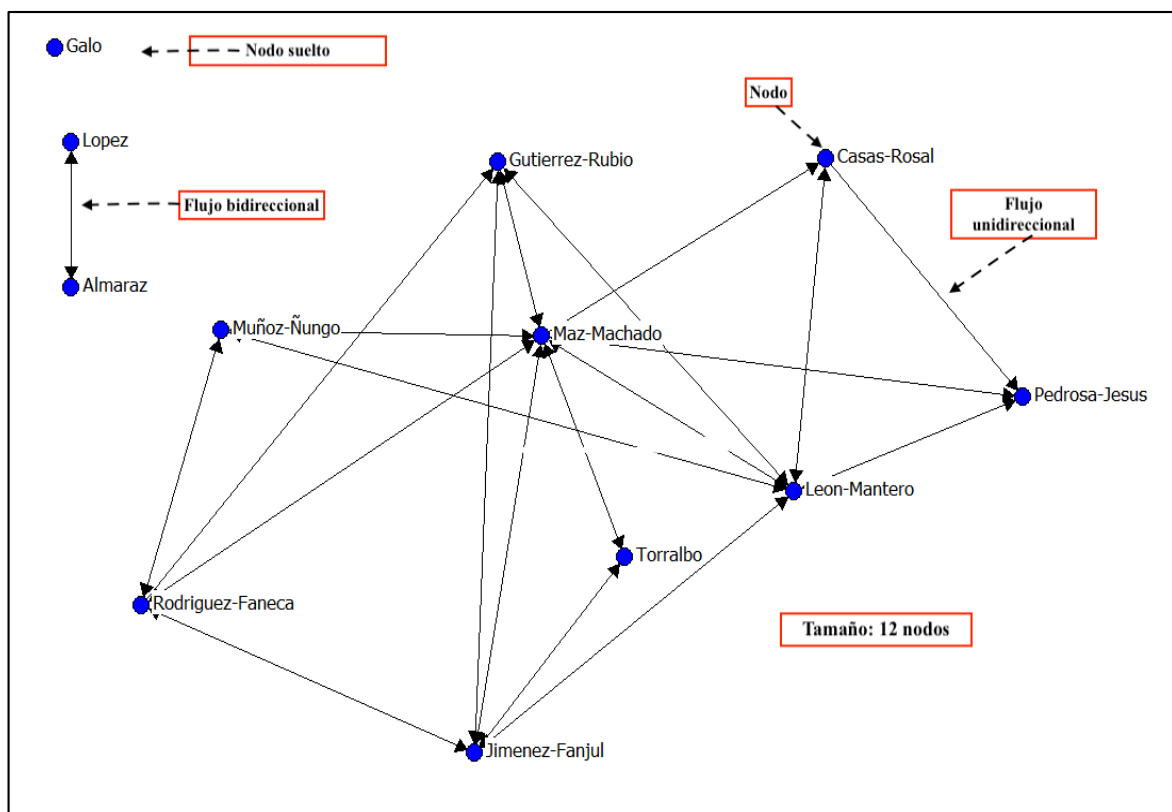
El grafo es dirigido la matriz se define:

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } (v_i, v_j) \in A. \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Cuando el grafo no es dirigido la matriz es simétrica y la diagonal principal se compone de ceros.

- **Nodos o actores:** Son las personas o grupos de personas que se encuentran en torno a un objetivo común. Por ejemplo, en la Figura 2.7 tenemos a un grupo de autores donde cada uno de ellos constituye un nodo. Usualmente los nodos o actores se representan por círculos. La suma de todos los nodos representa el tamaño de la Red.
- **Vínculo:** Son los lazos que existen entre dos o más nodos. En una Red de autoría, por ejemplo, un autor muestra un vínculo directo con otro autor. Los vínculos o relaciones se representan con líneas.

Figura 2.7 Elementos básicos de una red



Fuente: Pelegrin et al. (1992)

- **Indicadores de redes.** Para realizar un análisis de una red y las características de la misma o de sus integrantes es necesario recurrir a una serie de indicadores de redes. Tomando en cuenta que para el análisis de redes sociales es necesario una información que es de tipo cualitativa. Por lo tanto, es necesario utilizar una serie de técnica que permiten y facilitan ordenar la información de los miembros de la red para que puedan ser representadas mediante un grafo.

Velásquez y Aguilar (2005), señalan que las redes o grafos son las principales herramientas para representar la relaciones entre individuo o grupos de estos de forma visible. Agregan que estas redes presentan unas características que hacen que las herramientas estadísticas usuales no sean las más apropiadas y útiles para el análisis de las redes sociales. Veamos algunos de estos indicadores:

- **Densidad (Density).** La densidad de una red que puede calcularse dividiendo el número de relaciones existente entre las posibles y multiplicando por 100. El cálculo del total de relaciones posibles se hace multiplicando el número total de nodos por el número total de nodos menos uno (Velásquez y Aguilar, 2005).
- **Grado de centralidad (Centrality degree).** El grado de centralidad es el número de autores a los cuales un autor está directamente unido. El grado de centralidad se divide en grado de entrada y grado de salida. El grado de salida es la suma de las relaciones que los autores tienen con el resto. El grado de entrada es la suma de relaciones hacia un autor de parte de los demás (Velásquez y Aguilar, 2005).
- **Índice de centralización (Centralization index).** Es la situación en la que un autor ejerce un rol central porque está conectado con todos los autores, de tal manera que los demás autores necesitan pasar por el nodo del autor central para conectarse con otros autores.

- **Grado de intermediación (Betweenness).** Se obtiene a partir de contar las veces que un autor aparece en los caminos geodésicos que conectan a todos los pares de autores que componen la red, estos autores se conocen como autores puente. Ocupan un papel o posición de importancia porque en cierta manera controlan en el flujo de la comunicación o colaboración entre algunos sectores de la red.
- **Grado de cercanía (Closeness).** La cercanía en la teoría una red es la capacidad de un nodo (autor en nuestro estudio) de conectarse con los otros nodos de la red. Para calcularse se cuentan todas las distancias geodésicas de un autor para llegar a los demás. Este método únicamente se puede utilizar si la matriz que da origen a la red es de tipo simétrica (Velásquez y Aguilar, 2005).

Tabla 2.5 Glosario de términos y conceptos

Red	Grupo de individuos que, en forma agrupada o individual, se relacionan con otros con un fin específico. Las redes pueden tener muchos o pocos actores y una o más clases de relaciones entre pares de actores.
Grafo	Nombre técnico del gráfico de una Red.
Nodos o actores	Los nodos o actores son las personas o grupos de personas que se encuentran en torno a un objetivo común. Usualmente los nodos o actores se representan por círculos.
Tamaño de la Red	La suma de todos los nodos o actores representa el tamaño de la Red.
Vínculo	Los vínculos son los lazos que existen entre dos o más nodos. Los vínculos o relaciones se representan con líneas.
Flujo	El flujo indica la dirección del vínculo. Los flujos se representan por una flecha que indica el sentido del flujo.
Flujos mutuos o bidireccionales	Son los flujos que contienen flechas en ambos sentidos.
Flujos dirigidos o unidireccionales	Flujo cuya dirección sólo contiene un sentido.
Nodo suelto	Nodo o actor que no tiene ningún tipo de flujo, lo que a su vez implica ausencia de vínculos.
Matriz	Conjunto rectangular de elementos dispuestos en líneas horizontales (filas) y verticales (columnas).
Matriz cuadrada	Matriz que contiene el mismo número de filas y de columnas
Matriz simétrica	Matriz donde las relaciones entre los nodos se dan de manera bidireccional.
Matriz idéntica	Matriz que contiene el mismo nombre y número de actores tanto en filas como en columnas

Fuente: Velásquez y Aguilar (2005, p. 43)

2.4.1.2. El Software para la representación de las redes

Quienes analizan las redes sociales estudian la red completa o las redes personales. Para estudiar toda la red, el analista necesita recopilar los datos de todos los nodos presentes en esa red, mientras que para estudiar las redes personales o redes egocéntricas, los analistas necesitan considerar sólo los nodos vinculados (Watts y Strogatz, 1998).

Como se ha indicado en el apartado 2.4.1.1, las medidas más populares del análisis de redes sociales son la Centralidad de Betweenness, la Cercanía, la Cohesión, el Grado y Densidad. Majeed et al. (2020) señalan que estas medidas pueden calcularse manualmente para las redes más pequeñas, pero para las grandes redes complejas que contienen cientos e incluso miles de nodos, es muy difícil. Por ello, se han creado diferentes herramientas o programas informáticos que no sólo calculan estos valores, sino que también nos ayudan a visualizar y analizar una red social. Para esta labor se han desarrollado un gran número de herramientas informáticas que obtienen datos de redes sociales y proporcionan los resultados deseados tras realizar el análisis de las redes sociales. Veamos algunas de estas herramientas informáticas.

- **NodeXL:** se utiliza habitualmente para realizar análisis de redes. No es un software independiente, sino que se implementa como un complemento de Microsoft Excel. Permite la automatización del flujo de datos que comienza principalmente con la recogida de datos de la red. Los usuarios de NodeXL pueden importar datos desde formatos de MS Excel compatibles (xls, xlsx y csv) o desde un archivo de texto (txt).
- **GEPHI:** es un software independiente de código abierto que se utiliza para el análisis visual y de redes. La principal ventaja de utilizar GEPHI para el análisis de redes es su capacidad para trabajar con datos o redes de gran tamaño. El software GEPHI presenta algunas desventajas que se han experimentado durante su uso. A veces tarda demasiado para responder a una tarea muy pequeña (Maajed et al., 2020). GEPHI

puede leer datos de un archivo de texto simple (txt), de una hoja de cálculo (CSV) y una base de datos. GEPHI también puede tomar datos de otras herramientas de herramientas de análisis de redes sociales.

- **UCINET:** es un software independiente basado en menús que se utiliza para el análisis del dominio cultural y el análisis de redes sociales. Todos los datos se describen en matrices en UCINET (Bogatti et al., 2002). el software toma dos tipos de entrada y dos tipos de salida. La entrada incluye parámetros de entrada y conjuntos de datos de entrada mientras que la salida incluye el texto y los conjuntos de datos de salida. UCINET acepta archivos de texto ASCII como entrada y da salida en diferentes formatos. El archivo con la extensión (.##d) significa datos reales y el archivo con extensiones (.##h) significa información sobre los datos reales. Además, UCINET utiliza NetDraw para apoyar la visualización de la red. NetDraw utiliza varios algoritmos diferentes para mostrar los nodos en un espacio bidimensional espacio bidimensional, utilizando un diseño circular o diseños obtenidos con escalado multidimensional o incrustación de muelles.
- **PAJEK:** es un software utilizado para la visualización y el análisis de grandes redes sociales. Puede utilizarse para calcular la mayoría de las medidas de centralidad. También para realizar tareas repetitivas se pueden grabar macros. Las operaciones básicas que admite PAJEK incluye la extracción de subredes, la reducción de partes seleccionadas de la red, buscar componentes conectados (fuertes, débiles, conectados), buscar los caminos más cortos, el flujo máximo, los neighbors, calcular las centralidades, la centralización de la red (cercanía, betweenness y grado, etc.), la búsqueda de fragmentos y la detección de comunidades. y detección de comunidades (Batagelj y Mrvar, 2004; Ghafouri et al., 2014).

- Según Huisman y Van Dujin (2003), los principales objetivos en el diseño de Pajek son 1) facilitar la reducción de una gran red en varias redes más pequeñas que puedan ser tratadas posteriormente con métodos más sofisticados. 2) proporcionar al usuario potentes herramientas de visualización.
- **VOSviewer:** es una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas. VOSviewer se utiliza para analizar una solución de clustering a nivel agregado. Dos de las visualizaciones proporcionadas por VOSviewer desempeñan un papel importante. La primera visualización muestra los clusters en una solución de clustering y las relaciones de citación entre estos clusters. La segunda visualización utiliza el llamado mapa de términos para indicar los temas que cubre un cluster (Van Eck y Waltman, 2017). VOSviewer fue desarrollado por Nees Jan Van Eck y Ludo Waltman en el Centro de Estudios de Ciencia y Tecnología (CWTS) de la Universidad de Leiden. La aplicación se lanzó en 2010. La funcionalidad de VOSviewer es especialmente útil para visualizar grandes mapas bibliométricos de forma fácil de interpretar (Van Eck y Waltman, 2017). VOSviewer incluye terminología bibliométrica que puede resultar familiar al usuario o no. La comprensión de estos términos ayudará a los usuarios a tomar decisiones cuando utilicen la herramienta VOSviewer (McAllister et al., 2021).

En la tabla 2.6 se presentan una comparación de algunas de las características de los programas informáticos antes descritos, en relación con los formatos que cada uno admite tanto para la entrada de datos como para la exportación.

Tabla 2.6 Herramientas de visualización de ARS y características de entrada/salida

Software	Formatos de entrada admitidos	Formatos de salida admitidos	Formatos de entrada de las herramientas ARS compatibles	Formatos de salida de las herramientas ARS
NodeXL	.txt, .xls, .xlsx, .csv	.txt, .xls, .xlsx, .csv	PAJEK (.net), UCINET (.dl), GraphML	UCINET (.dl), GraphML
GEPHI	GEPHI (.gexf), lista de bordes (.csv), bases de datos	GEPHI (.gexf), .svg, .png	GraphViz (.dot), GUESS (.gdf), Graphlet (.gml), LEDA (.gml), NetworkX (.graphml, .net), NodeXL (.graphml, .net), PAJEK (.net, .gml), Sonivis (.graphML), Tulip (.tlp, .dot), UCINET (.dl)	GUESS (.gdf)
PAJEK	SVG, formato de texto (ASCII)	.net, xml (graphML)	PAJEK, network (.net, PAJEK matrix(.mat)), Vega, GEDCOM, UCINET DL files (.dat), Ball and Stick (.bs), Mac Molecule (.mac), and MDL MOL (.mol)	.net, .dat (UCINET), .paj, bs, .xml(graphML)
UCINET	Archivos de texto ASCII	dl, Raw	UCINET (##h ##d), VNA (.vna), DL (.d), PAJEK network (.net), PAJEK vector (.vec)	PAJEK (.net,.vec), Metis, Excel

Software	Formatos de entrada admitidos	Formatos de salida admitidos	Formatos de entrada de las herramientas ARS compatibles	Formatos de salida de las herramientas ARS
VOSviewer	.txt, PAJEK (.net), .cvs, RIS.	GEPHI, .net, EPS, PDF, SVG	PAJEK (.net), GEPHI	GML, PAJECK

Fuente: Adaptada de Majeed et al. (2020, p. 5)

Capítulo 3.

Bases de datos

La difusión del conocimiento desempeña un papel fundamental en la comunidad científica. Sólo la información que se ha puesto a disposición de la comunidad científica, que ha sido revisada por los colegas y que ha sido aceptada, puede dar lugar a nuevas investigaciones y nuevos conocimientos (Doldi y Bratengeuer, 2005). Por tanto, el progreso científico depende en gran medida de la comunicación entre los científicos (Stichweh, 1990).

En las últimas décadas se han producido importantes avances en la aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación en la búsqueda y recuperación de recursos de información (Azami et al., 2016). En la actualidad se cuentan con muchos recursos para la recuperación de información científica y entre ellos están los repositorios (públicos, privados, institucionales, etc.) y las bases de datos (de acceso abierto o bajo suscripción). En este estudio centramos la atención en las bases de datos. Ejemplo de bases de datos son: WOS, SCOPUS, PubMed and Google Scholar, etc.

Una base de datos científica es una colección informatizada de datos relacionados entre sí, organizada de forma que sea accesible para la investigación científica y la gestión a largo plazo (Porter, 2000).

La idea original de la base de datos es facilitar la identificación de expertos y líderes en los diferentes dominios científicos y, por tanto, favorecer y estimular la creación de redes académicas y asociación (McShea, 2018). Para ello, la base de datos pretende mostrar y conectar la información desde los primeros indicios de actividad académica (proyectos financiados) hasta las últimas etapas (publicación en revistas y difusión en las redes sociales), pasando por una amplia variedad de tipos de documentos (Orduña-Malea y López-Cózar, 2018).

A continuación, describimos algunas de las bases de datos más importantes.

3.1 Scopus

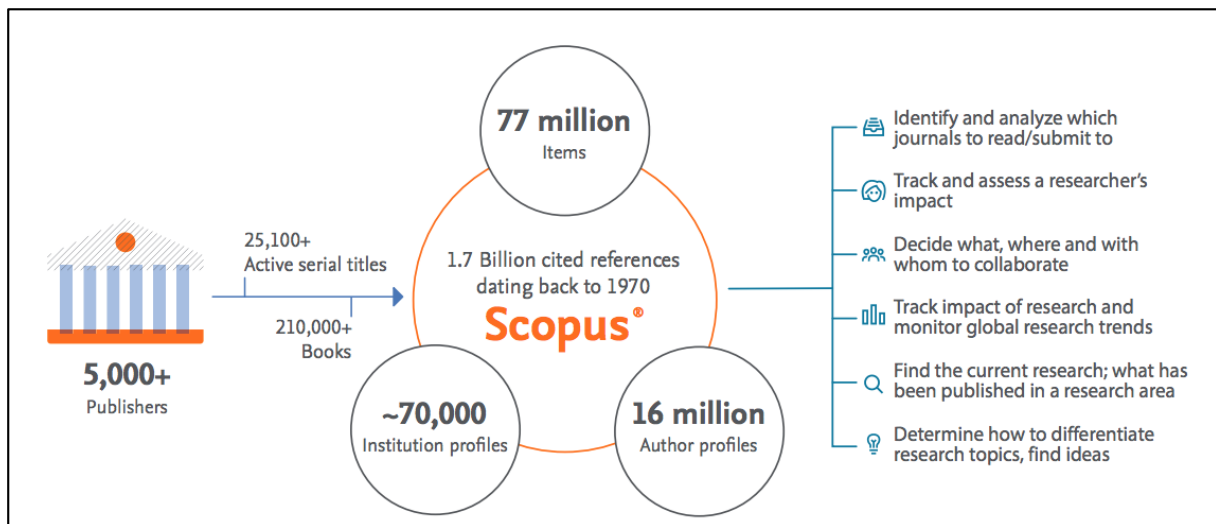
SCOPUS es un producto de la editorial Elsevier lanzada en el año 2004 y actualmente se considera la mayor base de datos de citas y resúmenes de bibliografía revisada por pares: revistas científicas, libros y actas de conferencias. Da acceso a 20.500 publicaciones (85% de las cuales están indizadas con vocabulario controlado) procedentes de más de 5.000 editoriales internacionales.

Scopus comprende los resúmenes y referencias de cerca de 13.000 publicaciones evaluadas por especialistas, así como aproximadamente 1.000 actas de conferencias. Su amplia cobertura por las cuatro disciplinas principales es la siguiente (https://biblioteca.ugr.es/pages/biblioteca_electronica/bases_datos/scopus):

- Química, Física, Matemáticas e Ingeniería: 5.400 publicaciones
- Ciencias de la Vida y de la Salud: 6.300 publicaciones (100% cobertura de Medline)
- Ciencias Sociales, Psicología y Económicas: 1.975 publicaciones

La base de datos afirma que 4600 títulos de ciencias de la salud están indexados, incluyendo el 100% de la cobertura de MEDLINE, el 100% de la cobertura de EMBASE y el 100% de la cobertura de Compendex (Burnham, 2006).

Figura 3.1 Visión global de la cobertura de SCOPUS y de sus funciones principales



Fuente: SCOPUS Content Coverage Guide (Elsevier, 2020)

Algunas características de SCOPUS son

- Enlaces tanto a los documentos citados como a los citadores, lo que permite al usuario avanzar y retroceder en el tiempo.
- Indiza páginas web y patentes, con un reclamo de más de 167 millones de páginas web relevantes.
- Es compatible con OpenURL y funciona con cualquier resolvidor de enlaces, utilizando enlaces basados en imágenes.
- Realiza una comprobación de derechos antes de devolver una imagen de texto completo si el artículo está disponible para el usuario.
- Puede enlazar con el sitio web del editor para ver el documento.
- Los desarrolladores afirman que "la precisión de las citas se consigue mediante el uso de tecnología punta, con un 99% de referencias y artículos citados que coinciden exactamente".

- En cuanto a las estadísticas de uso, SCOPUS ofrece informes de uso específicos para cada cliente que cumplen con COUNTER. (COUNTER [Counting Online Usage of Networked Electronic Resources] es una norma internacional para el registro e intercambio de estadísticas de uso en línea).

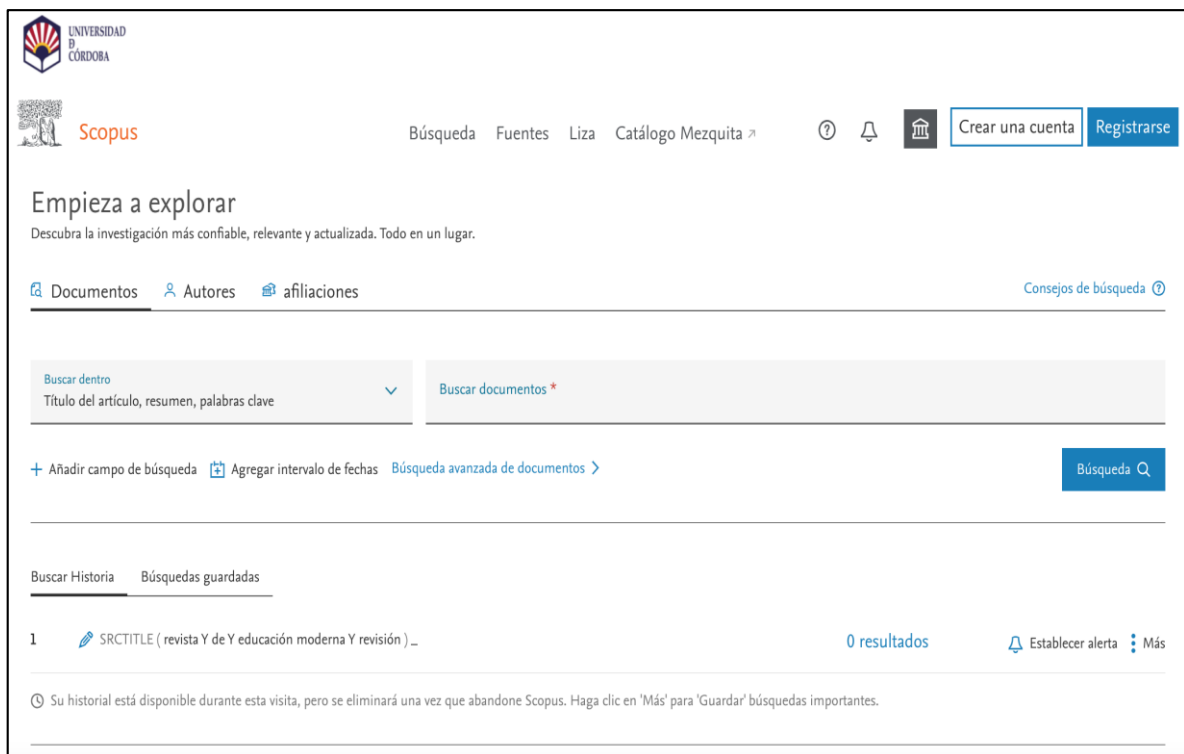
-

Ofrece formación presencial y no presencial, así como formación a través de la web y tutoriales en línea. El sitio web de la base de datos ofrece guías de referencia rápida, consejos, etc. (en inglés y otros idiomas) y ofrece soporte técnico en línea.

La búsqueda básica permite al usuario introducir el término en el cuadro de búsqueda y elegir el campo a buscar en el cuadro desplegable. Los términos pueden combinarse mediante una expresión booleana. Pueden establecerse límites de fechas, tipo de documento y frecuencia de actualización. La búsqueda avanzada permite la introducción abierta de términos de búsqueda, con ejemplos. El cuadro de búsqueda avanzada debe utilizarse cuando se combinan más de dos términos.

Los resultados son ordenados según las pestañas SCOPUS, por defecto. Los resultados se presentan en forma de tabla por fecha, documento, autor(es), título de la fuente y citado por. Cualquiera de las columnas puede ordenarse, lo que permite un análisis rápido de los resultados. Un área de "Refinar resultados" permite al usuario filtrar los resultados utilizando una herramienta de "limitar" o "excluir" para el título de la fuente, el autor, el año, el tipo de documento o el área temática. Los tres primeros puestos de cada categoría aparecen junto con un enlace a "más". Esto puede parecer mucha información en una pantalla, pero hay suficiente espacio en blanco para que la vista sea clara y no confusa.

Figura 3.2 Pantalla de búsqueda de documentos en SCOPUS.



Fuente: Scopus (2020)

3.3 Web of Science

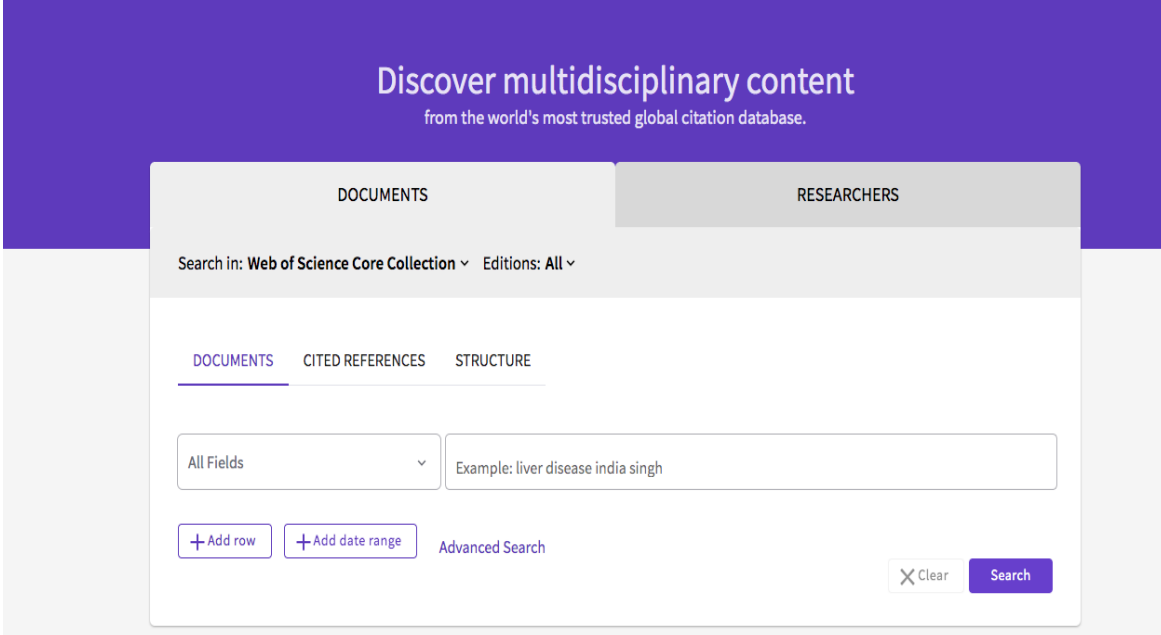
La Web of Science (WoS), basada en la web, fue lanzada en 1997 y rebautizada como Web of Science Core Collection alrededor de 2014. La WoS integró los índices Science Citation Index, Social Science Citation Index y Art and Humanities inicialmente en 1997 y amplió su cobertura gradualmente (Liu 2019; Rousseau et al., 2018).

La colección principal de la Web of Science comprende:

- Science Citation Index Expanded (1900-presente)
- Social Sciences Citation Index (1956-presente)
- Arts & Humanities Citation Index (1975-presente)
- Conference Proceedings Citation Index- Science (1990-presente)
- Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities (1990-presente)

- Book Citation Index– Science (2005-presente)
- Book Citation Index– Social Sciences & Humanities (2005-presente)
- Emerging Sources Citation Index (2015-presente)
- Current Chemical Reactions (1986-presente) (Incluye datos de estructuras del Institute National de la Propriete Industrielle de Francia hasta 1840)
- Index Chemicus (1993-presente)
- KCI - Korean Journal Database (1980-presente)
- MEDLINE® (1950-presente)
- Russian Science Citation Index (2005-presente)
- SciELO Citation Index (1997-presente)

La pantalla inicial permite al usuario realizar una búsqueda general, una búsqueda de referencias citadas o una búsqueda avanzada. La búsqueda general tiene casillas que el usuario puede rellenar (tema, título de la fuente, etc.) y permite limitar por idioma y tipo de documento. La búsqueda avanzada permite al usuario rellenar una casilla utilizando una booleana, permitiendo de nuevo al usuario limitar por idioma o tipo de documento. La búsqueda de referencias citadas permite al usuario buscar por autor citado, título o año citados. Se ofrecen ejemplos para guiar al usuario. Estas opciones de búsqueda están disponibles en todas las pantallas.

Figura 3.3 Pantalla de búsqueda de documentos en WoS.

The screenshot displays the WoS search interface. At the top, a purple banner reads "Discover multidisciplinary content from the world's most trusted global citation database." Below this, there are two tabs: "DOCUMENTS" (selected) and "RESEARCHERS". The search bar is set to "Web of Science Core Collection" and "Editions: All". Below the search bar, there are three tabs: "DOCUMENTS" (selected), "CITED REFERENCES", and "STRUCTURE". The search input field contains the text "Example: liver disease india singh". There are two buttons: "+ Add row" and "+ Add date range". Below these is the "Advanced Search" link. At the bottom right, there are "Clear" and "Search" buttons.

Fuente: Plataforma WoS (2020)

En el área de búsqueda general, hay una casilla disponible para la búsqueda de autores. Se dan ejemplos para el formato correcto (Burnham, 2006). Los resultados se presentan en formato de cita y pueden ordenarse por fecha, relevancia, veces citadas, autor o título de la fuente. Al ver uno de los registros recuperados, al hacer clic en "Buscar registros relacionados", los resultados se presentan en una clasificación de relevancia basada en el número de referencias compartidas. Se enumeran el número de referencias citadas y el número de referencias compartidas (con el artículo original). Desde esta pantalla, el usuario puede ver las referencias compartidas para cada cita. Estos resultados están en formato de tabla, pero se puede ver la cita completa para aquellas citas en la base de datos de WOS.

Figura 3.4 Ejemplo de búsqueda en WoS

Clarivate English Products

Web of Science™ Search Marked List History Alerts Sign In Register

Search > Results for education (All Fields) AND colombia (All Fields)

21,591 results from Web of Science Core Collection for:

education (All Fields) and colombia (All Fields) Analyze Results Citation Report Create Alert

Copy query link

Publications You may also like...

Refine results

Search within results for...

Filter by Marked List

Quick Filters

- Review Articles 668
- Early Access 241
- Open Access 10,299
- Enriched Cited References 1,074

Publication Years

- 2022 753
- 2021 2,359
- 2020 2,249
- 2019 2,347
- 2018 2,143

See all >

Document Types

- Articles 18,356
- Proceedings Papers 1,715
- Book Chapters 935
- Review Articles 668
- Editorial Materials 464

0/21,591 Add To Marked List Export

Sort by: Relevance 1 of 432

- CITIZEN PERCEPTION ABOUT THE EDUCATION IN COLOMBIA**
Said-Hung, E; Borjas, M (-); Guzman, C
Nov 2012 | EDUCATION IN THE KNOWLEDGE SOCIETY 13 (3), pp.67-94
This article presents the results of the Project "Analysis of the determinants of the citizens' perception about education in Colombia" developed by Universidad del Norte from the National Survey of Citizens' Perception developed by Educacion Compromiso de Todos in 2010. The objective of this study is to analyze the main determinants influencing the citizens' perception concerning education in ... Show more
50 References
Related records ?
- Colombia: education, expropriation and health. Three alternatives to conflict solution.**
Lopez, AFL; Villa, CAG and Olaya, RV
Jul-dec 2015 | REVISTA PERSEITAS 3 (2), pp.183-210
This article has two moments and one purpose. The first moment is a general timeline of the economic history of Colombia as a single strike on a blank canvas. In the second one, we propose that education, expropriation and health are atomic elements in the construction of a just society and truly humane in Colombia. The purpose is to defend the idea that education for free men is the most impor ... Show more
15 References
Related records
- The emergence of global citizenship education in Colombia: lessons learned from existing education policy**
De Poorter, J and Aguilar-Forero, N
Aug 17 2020 | COMPARE-A JOURNAL OF COMPARATIVE AND INTERNATIONAL EDUCATION 50 (6), pp.865-883
Colombia has joined the international movement of countries which, under the impulse of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), are looking to integrate global citizenship education (GCED) into their educational system. However, being a recently emerging initiative, the characteristics and possible effects of GCED have not been discussed sufficiently in ac ... Show more
Free Full Text From Publisher ***
55 References
Related records
- On religious education and secular education in Colombia. Regulations and policies (1930-2020)**

Fuente: Plataforma WoS (2020)

El clasificador de la base de datos Science Citation Index es un clasificador jerárquico alfabético de dos niveles con una profundidad diferente de la jerarquía de los de los epígrafes individuales para las áreas científicas y técnicas del conocimiento. El cuadro de clasificación del WoS contiene 176 rúbricas, de las cuales 124 son de primer nivel y 10 de segundo nivel. Cada rúbrica se divide en 2-14 subtemas.

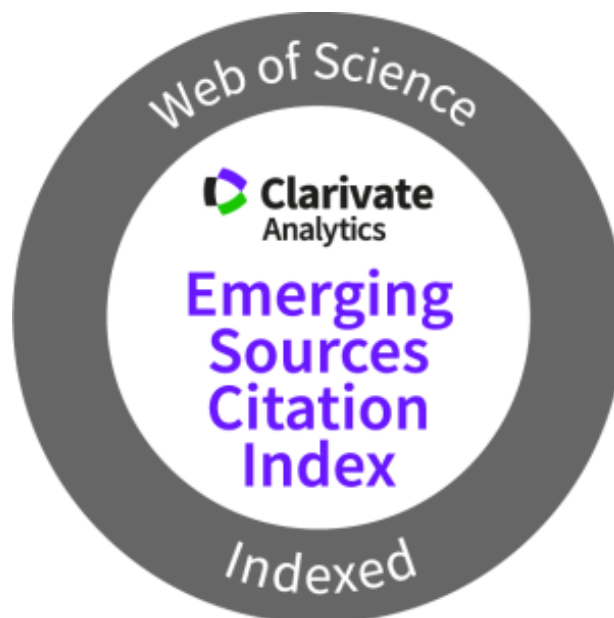
Esta tabla no proporciona ningún código de epígrafe; sólo contiene sus nombres. Sin embargo, cada epígrafe está provisto de una breve descripción temática y, en la mayoría de los casos con palabras clave (SCI, n.d.).

El clasificador del *Social Science Citation Index* (SSCI) contiene 56 epígrafes, de los cuales 50 son de primer nivel y 6 de segundo nivel. Cada epígrafe se divide en 2-10 subepígrafes. El clasificador de la base de datos de *Arts & Humanities* contiene 37 rúbricas, de las cuales 8 son de primer nivel y 17 de segundo nivel. Cada rúbrica está dividida en tres o cuatro subepígrafes (Efremenkova & Gonnova, 2016).

3.3.1 *Emerging sources citation index (ESCI)*

Emerging Sources Citation Index (ESCI) es una base de datos de que está incluida en la colección principal de WoS. Fue creada en el año 2015 con el objetivo de indizar las revistas que están en proceso de evaluación para integrarse en la Web of Science (WoS), o revistas que aunque tienen una calidad científica acreditada en su disciplina, nunca llegarán a integrarse en WoS debido a que su área de conocimiento es muy limitada y nunca alcanzaran a tener un Factor de Impacto suficientemente alto.

Figura 3.5 Logo de ESCI



Fuente: Web of Science (2021)

3.4 Logo de emerging sources citation index

Las revistas indexadas en el ESCI, aunque no reciben factor de impacto, si son revistas citantes; es decir, que las citas de ESCI se incluyen en el número de citas recogidas por Journal Citation Reports (JCR), contribuyendo de este modo a los factores de impacto de las revistas indexadas en JCR. Este hecho es importante para los investigadores porque estas citas se contabilizan para determinar por ejemplo el índice de los autores (Universo abierto, s. d.).

Clarivate afirma que los criterios de selección de las revistas ESCI (<http://wokinfo.com/essays/journal-selection-process/>) son muy similares a los de los otros índices WoS: las revistas deben ser revisadas por pares, contener información bibliográfica en inglés, seguir prácticas de publicación éticas (no ser una publicación depredadora, no fomentar las autocitas) y tener un formato impreso y/o electrónico en PDF o XML. (Somoza et al., 2018). También se tienen en cuenta las sugerencias de los usuarios de WoS con experiencia académica.

Si bien el hecho que una revista aparezca en ESCI no es un indicio de su impacto si garantiza que posee algunas características de calidad. Por ejemplo, en España algunas agencias de evaluación de la calidad de la investigación, tipo ANECA, o ADEVA, si consideran a estas revistas como un indicio de calidad bajo ciertos parámetros en los procesos de acreditación de los investigadores.

Desde el lanzamiento del Emerging Sources Citation Index™ en 2015 se han añadido más de 7.800 títulos, con archivos retrospectivos que se remontan a 2005. Las revistas incluidas en el Emerging Sources Citation Index abarcan todas las disciplinas y van desde publicaciones internacionales y de amplio alcance hasta aquellas que ofrecen una cobertura regional o de especialidad más profunda (Clarivate, s.f.).

De forma general ESCI incorpora:

- 74,4 millones de referencias citadas desde 1900
- 3 millones de registros totales
- 1,16 millones de registros totales de acceso abierto
- Más de 7.800 revistas únicas a nivel mundial
- 254 disciplinas

La creación de ESCI ha venido, en cierta medida, a tatar de incorporar en la colección de WoS revistas de algunas regiones que están poco representadas en el SSCI o SCI. Este aspecto ha permitido por ejemplo que las revistas latinoamericanas y su producción científica tengan una mayor visibilidad dando como resultado que esta producción repercuta en la citación de los autores de la región.

Por países, Inglaterra y Estados Unidos representan sólo el 34,76% de las revistas incluidas en ESCI, frente al 51,62% de SCIE, el 49,19% de Scopus, el 72,81% de SSCI y el 55,44% de A & CI.

Tabla 3.1 Comparativa de revistas por países en SCIE, SSCI y A&CI.

ESCI (%)	SCIE (%)	SSCI (%)	AHCI (%)
England	21.32	22.24	33.61
USA	13.44	29.38	39.20
Spain	7.97	0.87	1.69
Netherlands	5.48	11.69	6.66
Italy	4.29	1.18	0.37
Germany	3.68	8.26	4.51
Brazil	3.41	1.19	0.55
Canada	2.89	1.25	1.20
India	2.70	1.08	0.21

ESCI (%)	SCIE (%)	SSCI (%)	AHCI (%)
Switzerland	2.64	2.23	0.80
Poland	2.56	1.24	0.18
Colombia	2.33	0.12	0.12
Australia	2.16	1.09	2.39
Turkey	1.76	0.55	0.31
France	1.62	1.56	0.74
Korea	1.46	0.97	0.37
Japan	0.71	1.77	0.18
China	0.52	1.33	0.12
Rest	19.05	12.00	6.79
Total	100.00	100.00	100.00

Fuente: Somoza-Fernández et al. (2018, p. 203)

No son pocos los estudios y trabajos que han tomado esta base de datos como fuente de información para analizar la producción científica. Fuente: Somoza-Fernández y otros. (2018), analizaron los criterios exigidos por Clarivate Analytics para la selección de las revistas a incluir en ESCI. Ruíz-Pérez y Jiménez-Contreras (2019), utilizaron ESCI para conocer y analizar el grado de internacionalización de las revistas españolas de Psicología. De Filipo y Gorraiz (2020), estudiaron cuáles eran los posibles efectos de la inclusión de revistas en ESCI para el factor de impacto, hallando que puede ser una buena herramienta que ofrece información para evaluar niveles micro y macro en investigación.

También algunos campos o tópicos científicos específicos han sido objeto de estudio en esta base de datos. Así por ejemplo se ha estudiado la producción científica en Optometría (González-Méijone et al., 2021), Óptica (Stafeev, 2017) o Estadística (Butt et al., 2021).

De igual forma se han buscado identificar la producción y patrones de difusión de la ciencia en ESCI de determinados países o regiones. Zhongjing (2017), analizo la influencia académica de las revistas chinas de ciencia y tecnología indexadas en la base de datos ESCI buscando proporcionar una referencia de las estrategias de estudio para mejorar la influencia internacional de las revistas chinas. Tretyakova (2021), hace una mirada retrospectiva de las revistas de Rusia incluidas en ESCI y concluye que la representación de estas se ha incrementado con la aparición de ESCI.

Maz-Machado et al. (2020) realizaron un estudio sobre la producción científica sobre Educación que se realiza en Latinoamérica y que esta indexada en ESCI, hallando que la producción tiene un marcado carácter local y con poca visibilidad como lo indica su poca citación.

Prieto-Gutiérrez y Alhuay-Quispe (2020), analizaron la visibilidad de las revistas Iberoamericanas de las áreas de Artes y Humanidades (A&H) calificadas en este índice a partir de caracterización de las subcategorías, editoriales, idiomas de publicación y la actividad en medios sociales de las revistas. Hallaron que los países de Iberoamérica concentran el 31.86% de las revistas del área de A & H en ESCI global. De las 26 subcategorías de WoS que responden a A & H son 17 las áreas que en las que se integran las revistas de América Latina, El Caribe, España y Portugal.

3.5 Algunos errores frecuentes en las bases de datos

Cuando se hacen búsquedas de información en las bases de datos en ocasiones surgen algunos errores en los mismos. Estos pueden obedecer a varias situaciones y algunos investigadores han realizado estudios orientados a identificarlos y categorizarlos (Xu et al., 2019; Franceschini et al., 2016a; Franceschini et al., 2016b).

En consonancia con la categorización sugerida por Buchanan (2006), se pueden definir al menos dos tipos de errores en las bases de datos:

- Errores preexistentes: errores cometidos por los autores/editores/editoriales al preparar la lista de artículos citados para su publicación; por ejemplo, errores en el nombre del autor o autores, título del artículo, año del número, número del volumen, paginación, etc.
- Errores de mapeo de la base de datos: fallos en el establecimiento de un vínculo electrónico entre un artículo citado y los correspondientes artículos citantes que pueden atribuirse a errores de introducción de datos en la base de datos; por ejemplo, errores de transcripción, artículo citado omitido en una lista de artículos citados, etc.

Mientras que los errores de la primera categoría son (al menos en parte) justificables, ya que están causados por inexactitudes en los artículos originales, los de la segunda son introducidos por las bases de datos, en el proceso de introducción de datos.

Franceschini et al. (2013) estudiaron los errores de Scopus y WoS, analizando las llamadas citas omitidas -es decir, los enlaces que faltan entre los artículos y los citados en una base de datos- que representan la principal consecuencia del error de la base de datos.

Selivanova et al. (2019) analizaron el impacto de los errores en la base de datos Scopus en la evaluación de la investigación, para ello revisaron las causas de los perfiles duplicados en la base de datos Scopus a partir de un muestreo aleatorio de los perfiles de 400 autores rusos y 400 organizaciones. El análisis mostró que en Scopus el 76% de las organizaciones y el 24% de los autores tienen perfiles duplicados.

Estos autores ofrecen la siguiente clasificación de errores en la descripción bibliográfica:

1. Referencias
 - a. Inexactitud en la lista de referencias
 - b. Ausencia de lista de referencias
 - c. Una cantidad inválida de fuentes en la lista de referencias

2. Artículo
 - a. Error en el título
 - b. Errores en la citación de artículos debido a publicaciones en línea
 - c. Errores en el DOI
3. Revista
 - a. Errores tipográficos en el título, año de publicación, volumen o número de la revista.
 - b. Cambio en el nombre de la revista
 - c. Diferentes grafías del nombre de la misma revista
4. Autores
 - a. Apellido y nombre compuestos
 - b. Caracteres diacríticos
 - c. Apóstrofes
 - d. Errores tipográficos en el apellido y el nombre

Sauvayre (2022) realizó un estudio en el que examinaba la exactitud de los datos de citación recogidos en la Google Scholar y ofrecer una descripción exhaustiva de los errores y los descuadres identificados. Los resultados revelaron una tasa de error sin precedentes, ya que 279 de 281 (99,3%) referencias examinadas contenían al menos un error

A través del análisis manual de una cantidad relativamente grande de errores de las bases de datos, Franceschini et al. (2016b) identificaron varias tipologías de error y varios puntos débiles de las bases de datos Scopus y WoS, como:

- En cuanto a los errores de tipo A, WoS parece significativamente más débil que Scopus (el 1,95% de las citas de TO se omiten por errores de tipo A en WoS, frente al 0,59% en Scopus). Una posible interpretación de este resultado es que el algoritmo de comparación de citas de Scopus parece más robusto que el de WoS, en presencia de datos sucios.

- Otro punto débil de WoS con respecto a Scopus está representado por los errores de tipo B relativos a la transcripción incorrecta del nombre(s) del autor y/o del título (de 1,65% para WoS contra 0,13% para Scopus).
- Aunque Scopus parece más preciso que WoS, tiene una mayor propensión a olvidarse de indexar algunos artículos (subcategoría de error B.6), perdiendo las citas que dieron/obtuvieron (del 1,30% para Scopus frente al 0,16% para WoS).
- La gestión de los artículos Online-First (subcategoría de errores B.5) parece bastante problemática para ambas bases de datos (del 0,76% para Scopus frente al 0,69% para WoS). La consecuencia típica de estos errores es la pérdida de las citas obtenidas por la versión Online-First de un artículo de interés, tras la publicación de la versión oficial correspondiente.

Finalmente, estos autores indican que todos los errores de las bases de datos analizados y clasificados en esta investigación eran evitables: de hecho, todas las citas omitidas por una base de datos están, por definición, correctamente indexadas por la otra.

Capítulo 4. Antecedentes en la evaluación de la producción científica en Colombia

A lo largo de los últimos años se han venido realizando diversos estudios encaminados a conocer cuál es el papel de las instituciones científicas de Colombia en los procesos de producción y difusión de la ciencia. Asimismo, se ha pretendido identificar los diferentes patrones de producción y colaboración en la difusión científica colombiana.

Debemos recordar que entre los objetivos propuestos por la Misión Ciencia Educación y Desarrollo en el año 1994 (Aldana et al., 1994), se planteaba uno específico sobre el aumento de las publicaciones y lograr una visibilización del trabajo científico y tecnológico realizado en Colombia.

A continuación, presentaremos una breve muestra de los estudios bibliométricos que se han realizados desde el año 2000 sobre la producción científica de Colombia en diversos campos o instituciones o revistas.

4.1 Estudios bibliométricos sobre campos de conocimiento específicos

En los inicios del siglo XXI Alvis-Guzmán y De la Hoz-Restrepo (2006), estudiaron la producción científica en el área de la salud entre 1993-2003 en Colombia. Para alcanzar su propósito tomaron los datos de las bases de datos MEDLINE y LILACS.

Hallaron 1423 documentos en MEDLINE y 2418 en LILACS. Esta producción se publicó un 78,4 % en inglés y el 19,6% en español. Este estudio reveló que el 61,5% de las publicaciones en salud en las que firmaba algún autor colombiano tenían vínculo con las universidades seguidas del Instituto Nacional de Salud (Tabla 4.1).

La Universidad de Antioquia es la universidad con mayor número de publicaciones con 122 seguida de la Universidad Nacional de Colombia con 62.

Tabla 4.1 Producción científica colombiana en Salud según instituciones

TIPO DE INSTITUCION	1993-1998	1999-2003	Total	%
Universidades	99	281	380	61,5
Instituto Nacional de Salud	16	33	49	7,9
CIDEIM	17	18	35	5,7
Hospitales	12	19	31	5,0
CIB	4	12	16	2,6
OPS	6	8	14	2,3
Instituto Colombiano de medicina tropical	6	5	11	1,8
Fundación Santa Fé	4	3	7	1,1
Instituto Nacional de Cancerológica	4	3	7	1,1
Laboratorio de Genética	0	4	4	0,6
Otros centros de investigación	21	43	64	10,4
TOTAL	189	429	618	100,0

Fuente: Alvis-Guzmán y De la Hoz-Restrepo (2006, p. 33)

Perdomo et al. (2003) analizaron la producción científica en Psicología producida en de la Facultad de Psicología de la Universidad Católica de Colombia en el período 1983-2002. Consultaron las bases de datos Psyclit, PsycInfo, y Psycodoc. Se hallaron 72 artículos publicados por 117 autores. El 79,16% fueron publicadas en revistas colombianas, siendo la revista *Análisis del Comportamiento* la que ha publicado el mayor número de artículos con el 15,27%.

El tema de salud sexual y reproductiva en Colombia a través de las publicaciones científicas fue abordado por Ospina y López (2009), para el periodo 1994-2004. Consultaron X-ACTA, que es la capa de extracción de conocimiento de la plataforma ScienTI-Colombia. Está compuesta por “un conjunto de tecnologías del área de la minería de datos conocidas como máquinas de aprendizaje, que permiten hacer inteligencia sobre la investigación” (Ospina y López, 2009, p. 183). Identificaron 132 artículos que fueron categorizados en 9

tipologías temáticas: Género, Equidad y Educación (GEE), Salud de las Mujeres (SM), Homosexualidad y Prostitución (HP), Salud de los Hombres (SH), Ciudadanía y Educación (CE); Derechos Humanos (DH), Derechos de los Niños/as (DÑ), Diferenciales de Género (DG) e Interrupción Voluntaria del Embarazo (IVE). El 24% de los artículos trataban sobre GEE.

Ríos et al. (2011) analizaron la producción científica en el área de las enfermedades infecciosas en Colombia durante el periodo de 2000-2009. Para el estudio realizaron una búsqueda bibliográfica en las revistas de categoría A del Publindex de Colciencias, relacionadas con las ciencias biomédicas. La población fueron siete revistas: Biomédica del Instituto Nacional de Salud, Revista Salud Pública de la Universidad Nacional, Revista Colombia Médica de la Universidad del Valle, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias y revista Iatreia, ambas de la Universidad de Antioquia, Revista MVZ Córdoba de la Universidad de Córdoba, Revista de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia y revista Infectio de la Asociación Colombiana de Infectología (ACIN). Se halló que 817 (94,7 %) de las publicaciones en estas revistas fueron de origen nacional y 46 (5,3 %) fueron de origen extranjero. Las instituciones o Universidades con mayor número de publicaciones fueron: la Universidad de Antioquia 140 (17,3 %), Universidad Nacional 47 (5,8 %), Instituto Nacional de Salud 45 (5,5 %), Universidad de Córdoba 33 (4 %), Universidad del Valle 25 (3 %).

La producción de artículos de Química en Colombia fue objeto de análisis (Gómez et al., 2014) mediante los registros en WoS entre los años 2001 a 2012. Se hallaron 928 artículos, de los cuáles destaca la producción en las subáreas *Bioquímica & Biología Molecular-Biofísica*, con un 14,65 % de la producción y *Química-Física* con un 13,56 %. El promedio de artículos por año fue de 77,3.

Se observó que en este campo hay una gran colaboración, solamente el 3% de los artículos fueron de autoría individual, el 7,5% por dos autores; el 42,5% entre 3 a 5 autores y el 33,1% entre 6 a 9 autores. Estados Unidos el principal colaborador de los investigadores colombianos de Química y España el segundo. Chile es el primer socio colaborador entre los países de Latinoamérica (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Coautorías de Colombia con otros países en Química (2001-2012)

País de coautoría	Porcentaje
Estados Unidos	31,5
España	11,2
Alemania	7,1
Chile	6,8
Brasil	6,5
Francia	5,0
México	4,4
Canadá	4,1
Otros países	23,5

Fuente: Gómez y otros (2014, p. 114)

Gómez y Rodríguez (2014) estudiaron la producción sobre matemáticas que se realiza en Colombia y esta indexada en WoS en el periodo 2001 a 2012. Hallaron 855 artículos agrupados en 48 áreas de conocimiento. El área que predomina es Matemáticas (51,1%), Física (13,8%) y Ciencias Computacional-Matemáticas. El 95,3% de los artículos se publicaron en inglés y en español el 4,4%. Los autores del estudio señalan que en el periodo 2001 a 2005 las revistas preferidas para publicar por los investigadores colombianos de matemáticas eran *Journal of Mathematical Physics*, *Modern Physics Letters B* y *Journal of*

Symbolic Logic. Sin embargo, a partir del año 2008 las preferencias han sido la *Revista Colombiana de Estadística* y *Physical Review E*.

Gregorio-Chaviano et al. (2015) analizaron la producción colombiana en enfermería en WoS en el periodo 2001 al 2013. La muestra la constituyeron 118 artículos, hallando una producción de difusión en revistas de carácter más local. Más del 40% de los documentos se publicaron en la *Revista Aquichán* editada por la Universidad de la Sabana de Colombia.

Lis-Gutiérrez y Bahos-Olivera (2016), desarrollaron una investigación sobre la producción científica en economía y administración de los investigadores con afiliación colombiana en la base de datos de Scopus, desde 1974 a 2014. Hallaron 758 artículos de *Economics, Econometrics and Finance*, 40 de *Business, Management and Accounting* y 145 de ambos. Las revistas en las que se publicaron más artículos fueron *Cuadernos de Economía* con 113 seguida de *Cuadernos de Administración* con 98 e *Innovar* con 87. Verificaron que los artículos más citados fueron los escritos en inglés. A nivel institucional la Universidad de los Andes es la más productiva con 304 seguida de la universidad Nacional de Colombia con 267 y la Universidad del Rosario con 124. En cuanto a la citación recibida, de los 1313 trabajos publicados en el período mencionado, 772 documentos no habían sido citados.

Gómez-Agudelo (2020), realizó un estudio bibliométrico de los artículos sobre acupuntura publicados en revistas colombianas en el periodo 2010-2019. Su utilizó como fuente de información el repositorio SCIELO-Colombia, LILACS. Este análisis no ofrece gran fiabilidad por la escasa muestra, solo 10 artículos en seis revistas. Con esta muestra es incomprensible que se realizará un análisis de la distribución Lotka, por cuanto en la literatura científica abundan estudios que señalan cómo un amplio número de publicaciones permite que se determinara en mejor medida el ajuste Lotka (Maz-Machado, et al, 2017).

González y Salgado-Arroyo (2020) llevaron a cabo un análisis bibliométrico de los artículos científicos sobre Medicina Veterinaria y Zootecnia publicadas en revista

colombianas. La información fue tomada directamente de las páginas web de 9 revistas indexadas en la convocatoria IBN Publindex II - 2014 del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Hallaron que el 75% de los artículos fueron publicados en español y que la Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica publica tanto en español como en portugués. La Universidad Nacional es la que publica el mayor número de artículos sobre veterinaria y zootecnia con 527 seguida de la Universidad de Antioquia con 297.

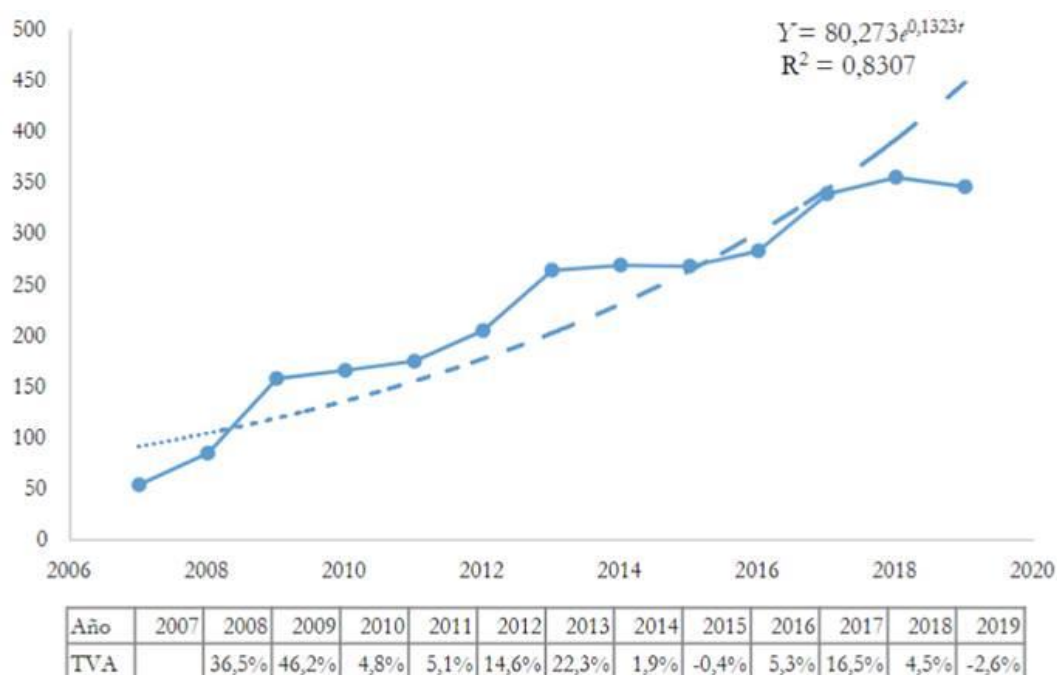
León-Cano y otros (2021) realizaron un análisis bibliométrico en el periodo 2015 a 2019, de la producción científica en psicología colombiana indexada en Scopus. Tomaron como muestra los documentos publicados en las revistas psicología para el año 2019 en Scopus, las cuales fueron: *Revista Latinoamericana de Psicología*, *Revista Colombiana de Psicología*, *Suma Psicológica*, *International Journal of Psychological Research*, *Universitas Psychologica*, *Acta Colombiana de Psicología*, *Revista Criminalidad*, *Avances en Psicología Latinoamericana*, *Revista CES Psicología* y *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*. Obtuvieron 289 documentos. Los resultados indican que la revista *Universitas Psychologica* publicó el 25% de todos los artículos, mientras que la *Revista Latinoamericana de Psicología* es la que ha recibido el mayor número de citas a nivel internacional. El promedio de autores por artículo fue de 3,38.

Mediante un estudio bibliométrico Gómez-Velasco et al. (2021) evaluaron las tendencias de la producción científica en economía de autores con afiliación institucional colombiana durante el periodo 2007-2019. Recurrieron a la base de datos Scopus para la toma de información. Obtuvieron 2967 documentos que al ser analizados revelaron un crecimiento exponencial de la producción (Figura 4.1). El índice de coautoría fue 1,8 autores por documento, además el índice de transitoriedad de los autores ($n=1$) es del 78,3%.

Las revistas en las que se publicaron más artículos fueron *Estudios Gerenciales* (257), *Revista de Economía Institucional* (174), *Cuadernos de Administración* (147), *Cuadernos de*

Economía (Colombia) (141) y Ensayos sobre Política Económica (114).

Tabla 4.3 Crecimiento de producción anual en Economía (2007-2019)



Fuente: Gómez-Velasco et al. (2021, p. 286)

4.2 Estudios bibliométricos centrados en las instituciones

Eslava-Schmalbach et al. (2014) realizaron un estudio sobre la producción científica de las Facultades de Medicina colombianas en las revistas indexadas en la base de datos de SCOPUS entre los años 1940 a 2014. Hallaron un total de 43.112 documentos con afiliación colombiana, de los cuales, la Universidad Nacional de Colombia produjo el 28,18%, seguida de la Universidad de Antioquia con el 15,1%. La mayor proporción de publicaciones colombianas sobre medicina se concentra en las Universidades Nacional de Colombia, Antioquia y del Valle (53,6%) (Tabla 4.3). Hallaron que en Colombia había 57 facultades de medicina pero que solo seis publican el 69,9% de la producción, concluyen que la investigación es deficiente por no decir que nula en la mayoría de las facultades de medicina del país.

Tabla 4.4 Documentos indexados en SCOPUS

Universidad	Total n=43.112	Medicina n=12.153	Proporción Medicina/ Total U 28,2%	Proporción U/ Colombia
Universidad Nacional de Colombia	12.211	2.455	20,1	28,3
Universidad de Antioquia	6.505	2.567	39,5	15,1
Universidad de Los Andes	4.678	506	10,8	10,9
Universidad del Valle	4.269	1.367	32	9,9
Universidad Industrial de Santander	2.546	632	24,8	5,9
Pontificia Universidad Javeriana	2.461	977	39,7	5,7
Otras Uversidades	10.442	3.649	34,9	24,2
Total país	43.112	12.153	28,2	

Fuente: Eslava-Schmalbach et al. (2014, p. 365).

Posteriormente, Escobar-Córdoba y otros (2016) decidieron revisar los productos científicos generados por la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Utilizaron como fuente de datos el módulo Sara, la base de datos manejada por el Comité Interno de Asignación y Reconocimiento de Puntaje de la Vicerrectoría Académica de la Universidad Nacional de Colombia. Hallaron un total de 8777 documentos de los que el 44,1% correspondían a artículos. En cuanto a las categorías de las revistas en que se ha publicado, la mayoría están clasificadas en A1, A2 y C, según Publindex (Índice bibliográfico oficial colombiano de publicaciones científicas con criterios estrictos de selección de revistas de Colciencias) (Tabla 4.4). Publindex clasifica en categoría A1 a las revistas científicas indexadas de mayor calidad y así sucesivamente.

Tabla 4.5 Producción según la categoría de las revistas Publindex-Colciencias

categoria	Freq.	Percent
Sin dato	1081	24,91
A1	948	21,84
C	922	21,24
A2	850	19,59
B	377	8,69
Mal Clasificadas	102	0,12
A	60	1,38

Fuente: Escobar-Córdoba et al. (2016, p. 194)

Ese mismo año se publica un nuevo estudio sobre las Facultades de Medicina en Colombia para el período 2001-2015 (Sánchez-Bello et al., 2016) utilizando como fuente la base de datos Scopus. Se obtuvieron 14167 publicaciones que tenían como filiación institucional autores de 37 facultades de medicina, por lo que se constató la nula producción en Scopus para las 25 facultades restantes que funcionan en Colombia.

Los resultados señalan que se encontró que, de la totalidad de publicaciones, el 64.2% son provenientes de universidades públicas. La Universidad de Antioquia es la que produce el mayor número de publicaciones (2817) seguida de la Universidades Nacional de Colombia (2648) y la Universidad del Valle (1175) (Tabla 4.5). Determinaron que si bien se ha aumentado significativamente la producción a lo largo de los años estas se concentran en las universidades más antiguas, mientras que las facultades de Medicina de más reciente aparición se encuentran lejos de alcanzar a aquellas con mayor trayectoria.

Tabla 4.6 Número de publicaciones por universidad en Medicina (2001-2015)

No.	Nombre	Ciudad	Total universidad	Total Medicina	Razón medicina/total	Medicina 2001-2015
1	Universidad de Antioquia	Medellín	7 983	3 227	0.40	2 817
2	Universidad Nacional de Colombia	Bogotá, D.C.	14 933	2 972	0.19	2 648
3	Universidad del Valle	Cali	5 102	1 618	0.31	1 175
4	Pontificia Universidad Javeriana	Bogotá, D.C.	3 169	1 245	0.39	1 016
5	Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario	Bogotá, D.C.	1 413	831	0.58	809
6	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga	3 038	782	0.25	652
7	Universidad de los Andes	Bogotá, D.C.	5 864	697	0.11	618
8	Universidad de Cartagena	Cartagena	996	552	0.55	518
9	Universidad Pontificia Bolivariana	Medellín	1 296	503	0.38	489
10	Universidad El Bosque	Bogotá, D.C.	499	395	0.79	388
11	Universidad CES	Medellín	379	311	0.82	311
12	Universidad de La Sabana	Bogotá, D.C.	630	279	0.44	279
13	Universidad Tecnológica de Pereira	Pereira	822	284	0.34	279
14	Universidad del Norte	Barranquilla	897	276	0.30	268
15	Universidad de Caldas	Manizales	878	257	0.29	219
16	Universidad Santo Tomas	Bogotá, D.C.	514	161	0.31	160
17	Universidad Militar Nueva Granada	Bogotá, D.C.	491	160	0.32	155
18	Universidad del Cauca	Popayán	832	173	0.20	154
19	Universidad Icesi	Cali	373	147	0.39	147
20	Universidad Autónoma de Bucaramanga	Bucaramanga	249	147	0.59	146
21	Universidad del Quindío	Armenia	451	133	0.29	124
22	Universidad Libre	Bogotá, D.C. *	201	120	0.59	109
23	Universidad del Tolima	Ibagué	368	87	0.23	80
24	Universidad Cooperativa de Colombia	Bogotá, D.C. **	188	82	0.43	80
25	Universidad Antonio Nariño	Bogotá, D.C.	773	68	0.08	67
26	Universidad Surcolombiana	Néiva	196	64	0.32	62
27	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	Tunja	485	62	0.12	61
28	Universidad de Pamplona	Pamplona	292	58	0.19	57
29	Universidad del Atlántico	Barranquilla	268	46	0.17	44
30	Universidad Santiago de Cali	Cali	69	42	0.60	41
31	Fundación Universitaria San Martín	Bogotá	46	38	0.82	37
32	Universidad del Sinú Elias Bechara Zalunum	Montería	57	35	0.61	35
33	Universidad del Magdalena	Santa Marta	386	34	0.08	34
34	Universidad de Manizales	Manizales	94	31	0.32	31
35	Universidad de Nariño	Pasto	300	34	0.11	30
36	Pontificia Universidad Javeriana	Cali	110	23	0.20	23
37	Corporación Universitaria Remington	Medellín	26	5	0.19	4
Total			54658	15979	0.29	14167

Fuente: Sánchez-Bello et al. (2016, p. 647)

Ávila-Toscano et al. (2020) centraron su análisis en la producción de artículos, los investigadores adscritos a la Universidad del Atlántico, y para ello consultaron los artículos registrados en los aplicativos digitales (GrupLAC) de cada grupo de investigación reconocido por Colciencias entre enero de 2009 a mayo de 2018. Obtuvieron 55 artículos mayoritariamente en revistas editadas en Colombia. Solamente el 14,6% fueron publicadas en revistas indexadas en WoS o Scopus. La media de autores por artículo fue de 2,7.

4.3 Estudios bibliométricos sobre la presencia de documentos de Colombia en bases de datos

En el Informe de diagnóstico sobre la producción científica de Colombia (Scopus, 2003-2010) elaborado por Moya-Anegón (2016), se analizan 20222 documentos. Se halló que Colombia ocupaba el quinto lugar en la producción absoluta de los países

latinoamericanos en el periodo (Tabla 4.7).

Tabla 4.7 Producción científica absoluta. Latinoamérica. 2003-2010 (ndoc>500)

Country	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
1 Brazil	19552	22857	25387	32478	36080	40942	44112	46782	268190
2 Mexico	8501	9517	10806	11948	12341	13564	13798	14380	94855
3 Argentina	5981	6313	6688	7306	7796	8714	9427	9956	62181
4 Chile	3163	3522	3911	4778	5305	5936	6260	6703	39578
5 Colombia	1102	1339	1567	2022	2421	3439	3938	4394	20222
6 Venezuela	1565	1554	1836	1713	1921	2181	2149	1900	14819
7 Cuba	1083	1092	1317	1703	1770	1711	1939	1773	12388
8 Puerto Rico	757	760	877	1074	1042	1160	1079	1149	7898
9 Peru	430	449	498	616	689	769	924	967	5342
10 Uruguay	450	502	552	594	636	755	816	890	5195
11 Costa Rica	295	375	412	419	448	494	529	541	3513
12 Ecuador	194	199	270	287	327	391	457	456	2581
13 Panama	173	213	219	265	323	340	332	367	2232
14 Trinidad and Tobago	162	195	247	239	281	277	352	311	2064
15 Jamaica	196	234	217	218	240	290	296	275	1966
16 Bolivia	114	124	134	165	201	224	232	214	1408
17 Guadeloupe	67	98	84	130	117	128	170	126	920
18 Guatemala	64	77	111	84	94	102	133	129	794
19 Barbados	73	95	75	80	82	93	86	95	679
20 Nicaragua	39	47	59	93	71	87	95	90	581

Fuente: Moya-Anegón (2006, p. 21)

Asimismo este estudio constató el incremento de la producción, pasando de publicar 831 documentos en el año 2003 a 3349 en el año 2010. En cuanto a las subáreas de conocimiento, se observó que el porcentaje de artículos supera el 90% en *Agricultural and Biological Sciences*, *Biochemistry*, *Genetics and Molecular Biology*, *Chemistry*, *Veterinary*, *Economics*, *Econometrics and Finance*, *Dentistry* y *Decision Sciences*. Por debajo del 50% de artículos respecto al total están *Computer Science* y *Arts & Humanities*.

Maz-Machado et al. (2016) realizaron un análisis bibliométrico de la producción científica realizada en Colombia indexada en la base de datos SciELO Citation Index entre los años 1997 a 2013. Se hallaron 15302 artículos de los que el 77,4% no han sido citados y el 12,64% solamente una vez. Las universidades con mayor producción son la Universidad de Colombia, la Universidad de Antioquia y la Pontificia Universidad Javeriana (Tabla 4.8). El

estudio reveló un gran incremento en la producción pasando de poco más de cien en el año 2002 hasta alcanzar más de 2300 en el año 2012. El mayor porcentaje de artículos corresponden al área de *Public, Environmental & Occupational Health* con 1657 y *Medicine, General & Internal* con 1344. Se halló que había un predominio de los documentos escritos en coautoría teniendo un GC durante el periodo completo de 0,75.

Tabla 4.8 Universidades más productivas de Colombia en SciELO (2002-2013)

N.º	Universidad	N.º Doc	%
1	Universidad Nacional de Colombia	3740	24,44
2	Universidad de Antioquia	2447	15,99
3	Pontificia Universidad Javeriana	1133	7,40
4	Universidad del Valle	937	6,12
5	Universidad del Rosario	541	3,54
6	Universidad Industrial de Santander	498	3,25
7	Universidad de Caldas	480	3,14
8	Universidad de La Sabana	319	2,08
9	Universidad Pontificia Bolivariana	280	1,83
10	Universidad del Norte	270	1,76
11	Universidad de Los Andes	263	1,72
12	Universidad de Cartagena	255	1,67
13	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	248	1,62
14	Universidad CES	206	1,35
15	Universidad del Cauca	198	1,29
16	Universidad de Medellín	191	1,25
17	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	190	1,24

N.º	Universidad	N.º Doc	%
18	Universidad de Córdoba	186	1,22
19	Universidad Tecnológica de Pereira	172	1,12
20	Universidad Militar Nueva Granada	167	1,09

Fuente: Maz-Machado et al. (2016, p. 115)

Tejedor y Tejedor (2019), analizaron la visibilidad e impacto científico de las revistas colombianas de economía mediante un análisis comparativo a partir del Índice Bibliográfico Nacional de Publindex (IBN), conformado por las Revistas Científicas Colombianas, clasificadas en las categorías A1, A2, B o C según el cuartil en que se encuentren en el ranking de SJR y el índice-h de Google. Para ello hicieron uso de indicadores bibliométricos como el índice h, el CiteScore y el Scimago Journal Rank (SJR). Determinaron que solo hay 8 revistas incluidas en SJR (Tabla 4.9) y concluyen que más de una tercera parte de las revistas colombianas de ciencias económicas han sido clasificadas por índices internacionales de países desarrollados, y aunque hacen parte de los cuartiles de impacto medio y bajo.

Tabla 4.9 Revistas colombianas de economía en SJR, CiteScore y Google Scholar en 2017.

Rank	Title	ISSN	SJR	Cite Score	SJR Best Quartile	H - Index	H 5- Index Google	Total Docs. (2016)	Total Docs.(3 Years)	Total Refs.	Total Cites(3 Years)
1	Cuadernos de Desarrollo Rural	0122-1450	0.154	0.57	Q3	5	10	6	63	332	36
2	Revistade Economía Institucional	0124-5996	0.141	0.08	Q3	4	11	44	109	1 181	9
3	Cuadernos de	0120-	0.118	0.17	Q3	5	10	9	45	559	7

Rank	Title	ISSN	SJR	Cite Score	SJR Best Quartile	H - Index	H 5- Index Google	Total Docs. (2016)	Total Docs.(3 Years)	Total Refs.	Total Cites(3 Years)
	Administración	3592									
4	Revista de Economía del Rosario	0123-5362	0.118	0.13	Q4	3	s/d	4	31	107	4
5	Innovar	0121-5051	0.118	0.20	Q4	6	12	46	163	2 562	31
6	Cuadernos de Economía	0121-4772	0.115	0.11	Q4	3	9	38	95	1 038	10
7	Desarrollo y Sociedad	0120-3584	0.109	0.05	Q4	3	7	16	37	813	2
8	Revista Finanzas y Política Económica	2248-6046	nd	0	-	-	-	16	48	754	-

Fuente: Tejedor y Tejedor (2019, p. 130)

Capítulo 5. Metodología

Teniendo en cuenta que no existen estudios previos sobre el tema de educación en ESCI de manera específica para la producción científica de Colombia, este estudio es de carácter exploratorio. Por el tratamiento estadístico que se realizará con los datos obtenidos será una investigación descriptiva.

5.1 Objetivos

El objetivo general de esta investigación es analizar la producción en Educación realizada en Colombia a través de un estudio cuantitativo de las publicaciones indexadas en la base de datos *Emerging Sources Citation Index* (ESCI) de WoS. ESCI es un índice de citas producido desde 2015 por Thomson Reuters, y luego por Clarivate Analytics.

Este estudio permitirá obtener una visión global del panorama investigador en Colombia relacionado con la educación y así complementar trabajos previos sobre la producción científica colombiana.

5.1.1 Objetivos específicos

Para alcanzar este objetivo general, proponemos los siguientes objetivos específicos:

- Conocer el desarrollo diacrónico de la producción científica colombiana sobre educación en ESCI.
- Identificar cuáles son las instituciones que promueven este tipo de investigación.
- Describir e identificar las distintas relaciones de redes de conocimiento que se generan.
- Visualizar las redes de colaboración, nacional, internacional tanto a nivel de autoría como institucional.
- Identificar patrones de citación y colaboración.
- Establecer valores para los indicadores de la dimensión cuantitativa de la producción científica sobre la temática.
- Identificar las temáticas abordadas.

5.2 Hipótesis de trabajo

Las hipótesis que nos planteamos en este trabajo se detallan a continuación:

- **H1.** Los artículos de investigación en Educación publicados en revistas indexadas en ESCI y con firmantes vinculados a instituciones de Colombia en el periodo de estudio verifican las principales leyes cuantitativas: Price, Lotka y Bradford.
- **H2.** La colaboración entre autores en esta producción científica es de carácter local o nacional.
- **H3.** El núcleo de revistas en las que se difunde la investigación de Colombia en Educación es mayoritariamente nacional.

5.3 Diseño de la investigación

El estudio que presentamos es descriptivo-retrospectivo y exploratorio desde un punto de vista cuantitativo de la producción científica internacional relacionada con la educación, realizada por autores colombianos e indexada en la base de datos *Emerging Sources Citation Index* (ESCI). Además, es un estudio documental bibliométrico con técnicas estadísticas y matemáticas para establecer frecuencias y hallar determinados índices bibliométricos.

Esta investigación no manipulara variables lo que no permite el contraste de relaciones causales de manera determinista y por tanto es de tipo *ex post facto* (León y Montero, 1997). Además de ello, porque establece relaciones entre unas variables para situaciones ya ocurridas en el pasado.

Atendiendo a la temporalidad, es un estudio longitudinal (Cohen et al., 2007), puesto que se analiza la producción científica colombiana en Educación y su evolución en un periodo de 15 años, comprendidos entre los años 2005 hasta el 2019.

Atendiendo a las fuentes de información este estudio es de carácter documental, que

utilizara técnicas propias del análisis del contenido y el análisis de las redes sociales (ARS).

5.4 Validez del diseño

Los estudios bibliométricos se enfrentan al debate epistemológico acerca de que si la literatura de una especialidad o campo científico refleja por si sola de manera adecuada el progreso de dicha disciplina (Spinak, 1996). Algunos autores han señalado que en la sociología de la ciencia hay poco interés por aspectos metodológicos “como el rango de aplicación de diferentes aproximaciones empíricas, la confiabilidad y validez de métodos, o estrategias de generalización” (Gläser y Laudel, 2001, p. 411), pero a su vez afirman que en cienciometría si hay interés en esto y hay debates metodológicos más ricos. Asimismo, Fraenkel et al. (2012) señalan algunas de las amenazas que rondan los estudios en Educación. A continuación, indicaremos las dos que consideramos de mayor importancia y como se abordaron en este estudio:

- **Validez externa:** Se controló mediante la autenticidad y pertinencia de los datos que se analizaron. Al tomarse los datos directamente de ESCI a través de WoS se está garantizando que estos se corresponden con los publicados en las revistas científicas.
- **Validez interna:** Se refiere al grado de precisión de los datos obtenidos en cada registro documental. Fueron realizados diversos procesos de normalización para ciertos campos con lo que se procuraba garantizar una buena aceptación en el grado de precisión.

5.5 Fases de la investigación

La metodología la hemos dividido 5 fases de investigación que a continuación indicamos y describimos: acciones de documentación, obtención y organización de la información, análisis de la información, actualización de la revisión bibliográfica y, por último, elaboración y difusión del trabajo final.

- **1ª Fase: Acciones de documentación.**

Supone la búsqueda de documentación bibliográfica de investigaciones de los campos relacionados con la investigación: Evaluación de la producción científica, redes de colaboración y producción científica en Educación.

- **2ª Fase: Obtención y organización de la información**

En esta fase se buscó la información en la base de datos ESCI a través de la web de WoS y accediendo mediante el servicio de la biblioteca de la UCO a través del soporte dado por la FECYT.

Obtenida la información esta se descargó y se volcó en una base de datos ad hoc para luego realizar procesos de estandarización en diversos campos (por ejemplo, autores, instituciones).

- **3ª Fase: Análisis de la información**

Se aplicaron técnicas bibliométricas realizando un análisis cuantitativo con toda la información numérica resultante de la investigación.

Se han establecido varios niveles de análisis cuantitativo: productividad personal, índices de colaboración, productividad a nivel institucional, cumplimiento de leyes bibliométricas, etc.

Asimismo se establecieron análisis cualitativos: tipo de colaboración (nacional, internacional), temáticas de estudio, etc.

Se han tenido en cuenta las variables operacionales y el procedimiento de medición, así como los instrumentos de recogida de datos.

- **4ª Fase: Actualización de la revisión bibliográfica**

Si bien desde que se empezó a pensar en la investigación se ha venido realizando una profunda búsqueda de información bibliográfica, al finalizar los análisis se ha vuelto a hacer

Actividades /Tareas	Año																										
	1										2										3						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Análisis de la información																											
Redacción del Informe final																											
Presentación de avances en Congresos																											

Fuente: Maz-Machado (2019)

5.6 Población

La población de nuestro estudio son todos los documentos sobre educación publicados por autores con vinculación a instituciones de Colombia e indexados en ESCI entre los años 2005 y 2020.

5.7 Variables del estudio

En esta investigación la determinación de variables e indicadores está basada en la técnica de análisis de contenido. Se definieron 9 variables, cuantitativas y cualitativas tal como señala Moore (2005) y que se describen a continuación (Tabla 5.2):

Tabla 5.2 Variables cuantitativas

N ^a	Variable	Descripción	Carácter	Rango
1	Año de publicación	Dato numérico de cuatro cifras	Discreta	[2005, 2020]
2	Número de autores	Número de autores en cifra	Discreta	[1, n]

N^a	Variable	Descripción	Carácter	Rango
3	Identidad de los autores	Nombre de cada autor	Nominal	[1, n]
4	Género de los autores	Según los nombres propios de las referencias	Discreta	[M,F]
5	Número de países autores	Número total de nacionalidades de los autores que firman el documento. Si existen más de un autor de un mismo país, éste se contará una sola vez	Discreta	[0, n]
6	Países autores	Nombre de los países de referencia de los autores que firman documento. El nombre de cada país se registrará una sola vez	Nominal	[1, n]
7	Número de registros por país autores	Esta variable contendrá varias subvariables, tantas como países de origen de los autores. A cada subvariable país se le asignará el número de documentos por autores de dicha nacionalidad. Estas subvariables, en su conjunto, serán indicativas de las nacionalidades de los autores	Discreta	[1, n]
8	Instituciones universitarias	Nombre de las instituciones universitarias de referencia de los autores que firman el	Nominal	[1, n]

N ^a	Variable	Descripción	Carácter	Rango
		artículo		
9	Número de instituciones universitarias	Número total de instituciones de referencia de los autores que firman el artículo. Si existe más de un autor de una misma institución, ésta se contará una sola vez	Discreta	[1, n]

Fuente: Moore (2005)

5.8 Tratamiento de los datos

Una vez que se han recogido los datos, esto son tratados con la hoja de cálculo de Microsoft Office, Excel y con Access. El programa SPSS para el tratamiento estadístico de los datos y los programas Pajeck, Ucinet 6 y VOSviewer para el estudio y representación de las redes de colaboración.

5.9 Toma de datos

En el mes de febrero de 2020 se consultó la página web de WoS y se seleccionó en la colección principal la base de datos *Emerging Sources Citation Index* (Descrita en el apartado 3.3.1). Se realizó una búsqueda filtrando por Colombia en dirección El espacio temporal Se limitó hasta el año 2019, siendo conscientes que en ESCI se empiezan a registrar datos a partir del año 2005 (Figura 5.1).

Esta búsqueda inicial arrojó un total de 36277 registros. de estos, se seleccionaron los correspondientes a las categorías *Education & Educational Research; Education, Scientific Disciplines*. El filtrado arrojó un total de 4272 registros, de los que 4080 son artículos que, de ahora en adelante, denominaremos genéricamente documentos sin discriminar el tipo. Esta es la población que será sometida al análisis cuantitativo. Al considerar todos los documentos publicados por autores de Colombia y presentes en las dos categorías, podemos afirmar que

el estudio es censal para estas dos categorías temáticas.

Figura 5.1 Proceso de búsqueda en WoS.

The screenshot displays the Web of Science search interface. At the top, there are logos for the Spanish Government, Ministry of Science, Innovation and Universities, and the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT). The main navigation bar includes links for 'Web of Science', 'InCites', 'Journal Citation Reports', 'Essential Science Indicators', 'EndNote', 'Publons', 'Kopernio', and 'Master Journal List'. The search bar contains the text 'Colombia' and a dropdown menu set to 'Tema'. A 'Buscar' button is visible next to the search bar. Below the search bar, there are options for 'Período de tiempo' (1900 to 2019) and 'MÁS AJUSTES' (More Adjustments). Under 'MÁS AJUSTES', there are two sections: 'Colección principal de Web of Science: Índices de citas' (Citation Indexes) and 'Colección principal de Web of Science: Índices químicos' (Chemical Indexes). The 'Emerging Sources Citation Index (ESCI) --2005-presente' is selected under the citation indexes. The 'Sugerir de forma automática nombres de publicaciones' (Suggest publication names automatically) option is set to 'Activada' (Activated). The 'Número predeterminado de campos de búsqueda para mostrar' (Default number of search fields to show) is set to '1 campo (Tema)' (1 field (Topic)).

Fuente: Plataforma WoS (2020)

Para descargar la información se eligió el registro completo y las referencias citadas en formato txt. (Figura 5.2; Figura 5.3). Se enumeró cada archivo y posteriormente se juntaron en un solo archivo mediante la aplicación *virtual filesmerge* accesible en internet (<https://www.filesmerge.com/sp/merge-text-files>).

Una vez obtenida la información, esta se volcó en una base de datos *ad hoc* utilizando software para gestionar bases de datos y hojas de cálculo.

Figura 5.2 Modelo de exportación de datos en WoS.

Exportar registros a un archivo

Todos los registros en página

Registros de: 1 hasta 500

No más de 500 registros a la vez.

Contenido del registro:

Registro completo y Referencias citadas:

Formato de archivo

Otro software de referencia

Cancelar Exportar

Fuente: Plataforma WoS (2020)

Figura 5.3 Archivos descargados

Nombre	Fecha de modificación	Tamaño	Clase
savedrecs (1).txt	4/4/20 17:44	3,4 MB	Texto
savedrecs (2).txt	4/4/20 17:45	3,1 MB	Texto
savedrecs (3).txt	4/4/20 17:45	2,8 MB	Texto
savedrecs (4).txt	4/4/20 17:46	2,4 MB	Texto
savedrecs (5).txt	4/4/20 17:46	2,5 MB	Texto
savedrecs (6).txt	4/4/20 17:47	2,3 MB	Texto
savedrecs (7).txt	4/4/20 17:47	1,7 MB	Texto
savedrecs.txt	4/4/20 17:43	3,5 MB	Texto

Fuente: Plataforma WoS (2020)

5.10 Consideraciones iniciales y normalización

El trabajo con las diferentes bases de datos la validez de dichos estudios viene determinada por la integridad y consistencia de los datos descargados (Jiménez, 2016). Diferentes investigadores han señalado que en las bases de datos pueden hallarse con frecuencia errores o confusiones en algunos de los datos que ofrece y que son de vital importancia para los estudios bibliométricos (Costas y Bordons, 2007; Ruiz-Pérez, Delgado, y Jiménez-Contreras, 2002; Serrano-López y Martín-Moreno, 2012).

En muchas ocasiones estas discrepancias o errores se deben a la traducción de las instituciones, al uso de distintas denominaciones para las mismas y también porque ciertos autores varían su firma académica en el transcurso de su vida. En España, para tratar de minimizar estos errores achacables a los autores se han establecido una serie de recomendaciones tanto para autores como para las propias revistas en relación con las buenas prácticas para una adecuada normalización de la información (EC3 y CINDOC-CSIC, 2007).

A partir de toda la información obtenida, se procedió a determinar los campos de interés en este estudio son los propios de los artículos científicos, a saber: autores (AU y AF), filiación (C1), título del artículo (TI), idioma (LA), nombre de la revista (SO), palabras clave de autor (DE) y de WoS (ID), tipo de documento (DT), resumen (AB), referencias (CR) y total de documentos citados (RN), citas recibidas (TC), páginas (PG).

Con la información ya en la base de datos, se procedió a realizar un proceso de estandarización de nombres de las instituciones educativas puesto que, en ocasiones, se hallaban diversas variantes para una misma universidad. El proceso requirió de una revisión exhaustiva de las distintas denominaciones que los autores señalan para una misma universidad por lo que los resultados difieren de los que ofrece WoS mediante la opción de análisis de resultados. A modo de ejemplo, para la Universidad Distrital Francisco José de Caldas se hallaron 10 denominaciones (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Ejemplo de variaciones en la denominación de una misma institución

Univ Distrital Francisco Jose Calden
Univ Francisco José Caldas
Univ Francisco Caldas Bogotá
Univ Dist Francisco José de Caldas
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Univ Francisco José de Caldas
Univ Dis Francisco Caldas
Univ Dist Francisco José Caldas de Colombia
Univ Dist Francisco Jost De Caldas
Univ Francisco Jose Caldas

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, abundan las universidades con nombre similares o parecidos, pero de diferentes países como, por ejemplo: Universidad de los Andes Chile; Universidad Andes Táchira (Venezuela) y Universidad de los Andes (Colombia).

Se tuvo en cuenta la afiliación de los autores firmantes para identificar la colaboración que se produce entre universidades y luego se representó la red de colaboración mediante el software VOSviewer (Versión 1.6.15; Van Eck y Waltman, 2020). La colaboración entre países se determinó a partir del número de autores de cada país.

Para determinar los indicadores de colaboración se contó el número de autores para cada uno de los artículos y se tuvieron en cuenta los siguientes (Descritos en el apartado 2.3.2): El índice de colaboración (IC) (Lawani, 1980), que es una medida del número medio de autores; el grado de colaboración (GD) (Subramanyan, 1983), que es una medida de proporción de múltiples autorías; y finalmente el coeficiente de colaboración (CC)

(Ajiferuke, Burrell y Tague, 1988), que fue diseñado para eliminar algunos problemas relacionados con estos autores que señalaban en relación con el IC y el GD.

Figura 5.4 Ejemplo del proceso automático de recuento del número de autores

A	B
1 Autores	#autores
2 Aguilar-Forero, N; Torres, DFM; Velasquez, AM; Espitia, DF; Pardey, JD; De Poorter, J	6
3 Mansilla, JC; Betancur, LM; Lambach, CQ	3
4 Villa-Ochoa, JA; Alencar, ES	2
5 Villa-Ochoa, JA; Soares, MR; de Alencar, ES	3
6 Sanchez, MTC	1
7 Velasquez, CAA	1
8 Amortegui-Riveros, SA; Chavez-Zaldivar, N; Colina-Bruzon, E	3
9 Salazar, SPG; Ortiz, LFM	2
10 Sanabria, LFM; Ordonez, LMV	2
11 Tascon, VLO; Garcia, TC; Packer, MJ	3
12 Severino-Gonzalez, P; Martin-Friorino, V; Gonzalez-Soto, N	3
13 Triana, MLG; Lopez, IAP	2
14 Rengifo, CAP	1
15 Viveros, WSV	1
16 Galvis, DIB; Garcia, SFC	2
17 Valencia, FMM; Rodriguez, MA; Villalba, CG	3

Fuente: Plataforma WoS (2020)

Para hallar los índices de colaboración se realizó un conteo y asignación de autoría para cada uno de los coautores de los artículos (Figura 5.4), así como para el país de los firmantes. Con el fin de contar los autores de cada documento, se optó por el sistema de cómputo completo, como lo sugirieron Cronin y Overfeld (1994), atribuyendo la autoría total a cada coautor, considerándolos por igual. Se realizará un proceso de estandarización de nombres de autores e instituciones para poder identificar las redes de colaboración.

5.11 Unidades de Análisis

Vinkler (2010) clasifica formalmente la investigación cuantitativa según los *elementos* a los que se refieren en:

- Publicaciones.
- Citaciones y referencias.
- Patentes y potencial (humano, instrumentación, etc.).

De acuerdo con el *tipo*, estas son:

- Cuantitativas.
 - De impacto.
 - Cuantitativas y de impacto

Y en cuanto al *nivel de evaluación*, la investigación se clasifica en:

- Micro.
- Meso.
- Macro indicadores

Atendiendo a estas clasificaciones, en este estudio, según los *elementos* abordaremos las publicaciones, las citaciones y las referencias. De acuerdo con el *nivel*, se tratarán los tres niveles. El macro, mediante el ajuste a leyes bibliométricas, el meso mediante el análisis de las instituciones y las revistas. El nivel micro se tratará al analizar a cada autor en términos de producción.

5.12. Tratamiento de la información

Una vez obtenida la información y estandarizada en las variables a estudiar se procederá a elaborar tablas de frecuencia según el tipo de variable. Se elaborarán gráficos de barras, de sectores circulares según los datos. Por otra parte, se construirán distintos mapas de redes utilizando diferentes programas propios del análisis de redes sociales.

Figura 5.5 Ejemplo de los datos obtenidos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1	PT	AU	BA	AF	BF	C	TI	SO	S	LA	DT									DE	ID	AB	C1
2	J	Aguilar-Forero, N; Torres, DFM; \ Aguilar-Forero, Nicolas		Global CITIZE REVISTA INTERNACIONAL		Spanish	Article													Education; C DISCOURSE	This study ex	[Aguilar-For	
3	J	Mansilla, JC; Betancur, LM; Lamb		Mansilla, Juan C.; Betar		Transmedial	JOURNAL OF CHILDH	English	Article											children; elders; intergen	This article's	[Mansilla, Ju	
4	J	Villa-Ochoa, JA; Alencar, ES		Alexander Villa-Ochoa,		Interfaces b	EDUCAR EM REVISTA	Portuguese	Editorial Material														[Alexander V
5	J	Villa-Ochoa, JA; Soares, MR; de		Alexander Villa-Ochoa,		Mathematic	EDUCAR EM REVISTA	Portuguese	Article											Mathematics Education; \	N This article p	[Alexander V	
6	J	Sanchez, MTC		Castellanos Sanchez, M		Mathematic	EDUCAR EM REVISTA	Portuguese	Article											Teaching practice; Teach	This paper re	[Castellanos	
7	J	Velasquez, CAA		Agudelo Velasquez, Ca		Validation o	VIREF-REVISTA DE EC	Spanish	Article											VALIDITY; CH	The article is	[Agudelo Ve	
8	J	Amortegui-Riveros, SA; Chavez-		Alejandra Amortegui-R		The Initial ar	LUZ	Spanish	Article											Initial education; pupils w	The authors	[Alejandra A	
9	J	Salazar, SPG; Ortiz, LFM		Grimaldo Salazar, Sand		MENTAL HEA	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Elderly adults; mental he	This reflecti	[Grimaldo Sá	
10	J	Sanabria, LFM; Ordonez, LMV		Munoz Sanabria, Luis F.		EDUMAT: gar	CAMPUS VIRTUALES	Spanish	Article											Gamification; Education; (This researc	[Munoz San	
11	J	Tascon, VLO; Garcia, TC; Packer,		Ospina Tascon, Vivian L		Intercultural	JOURNAL OF CHILDH	English	Article											childcare; in: QUALITY	A global phe	[Ospina Tasc	
12	J	Severino-Gonzalez, P; Martin-Fri		Severino-Gonzalez, Pei		Social Respo	ESTUDIOS SOBRE EDI	Spanish	Article											Social respor	VALUES EDU	The current c	(Severino-G
13	J	Triana, MLG; Lopez, IAP		Giraldo Triana, Martha		SOCIOLINGU	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Eclectic method; cultural	The present	[Giraldo Tri	
14	J	Rengifo, CAP		Paramo Rengifo, Carlos		MATHEMATI	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Application of ICT; Pedagi	The identific	[Paramo Rer	
15	J	Viveros, WSV		Viveros Viveros, Walte		SCIENTIFIC E	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Philosophy of science; ac	The presenc	[Viveros Viv	
16	J	Galvis, DIB; Garcia, SFC		Baquero Galvis, Dana It		TRANSVERS	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Competences; social inte	Teaching is a	[Baquero Ga	
17	J	Valencia, FMM; Rodriguez, MA; \		Morantes Valencia, Flo		NARRATIVE	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											HIV; citizens STIGMA	Contempora	[Morantes V	
18	J	Conde, FEM; Arce, LRS		Martinez Conde, Franci		THE ENVIROI	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Responsible Consumption	The Environ	[Martinez Cc	
19	J	Camargo, FF		Fonseca Camargo, Fern		TOTAL QUAL	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Educational quality; evalu	Currently, ex	[Fonseca Car	
20	J	Avella, EYA; Barreto, SAO; Torres		Alarcon Avella, Emilse		THE SCHOOL	REVISTA CONRADO	Spanish	Article											Environmental education	This researc	[Alarcon Ave	

Fuente: Elaboración propia

En algunos casos se determinará la tasa de variación interanual en la producción científica sobre educación en Colombia. Además, se aplicarán las fórmulas específicas para determinar los indicadores bibliométricos. Se procederá a comprobar la ley de Lotka y de Bradford.

Capítulo 6.

Resultados

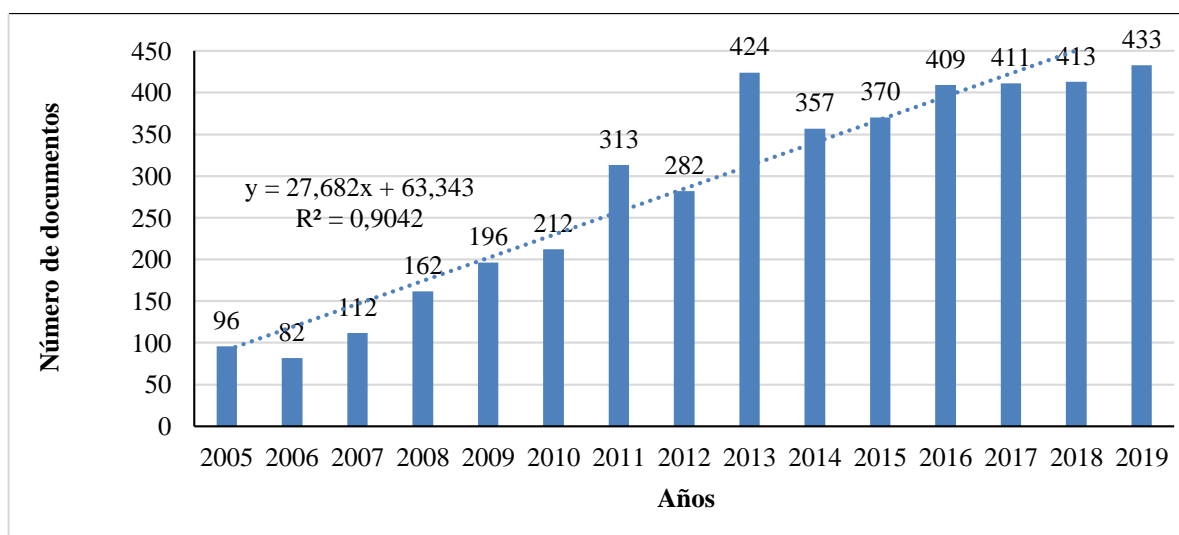
A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este estudio en relación con los indicadores bibliométricos, verificación de algunas leyes bibliométricas y las redes de colaboración a partir de los datos extraídos de la base de datos *Emerging Source Index* (ESCI).

6.1 Indicadores bibliométricos

6.1.1 Producción diacrónica

En el periodo estudiado, desde el año 2005 hasta el 2019, se halló que la producción científica en Educación realizada en Colombia y publicada en las revistas indexadas en ESCI fue de 4272 documentos. El análisis diacrónico revela que se ha producido un incremento paulatino, si bien este aumento no ha sido continuo, porque tuvo como punto mínimo el año 2006 y alcanzó el pico máximo de producción en el año 2019 (Figura 6.1).

Figura 6.1 Evolución del número de documentos por año



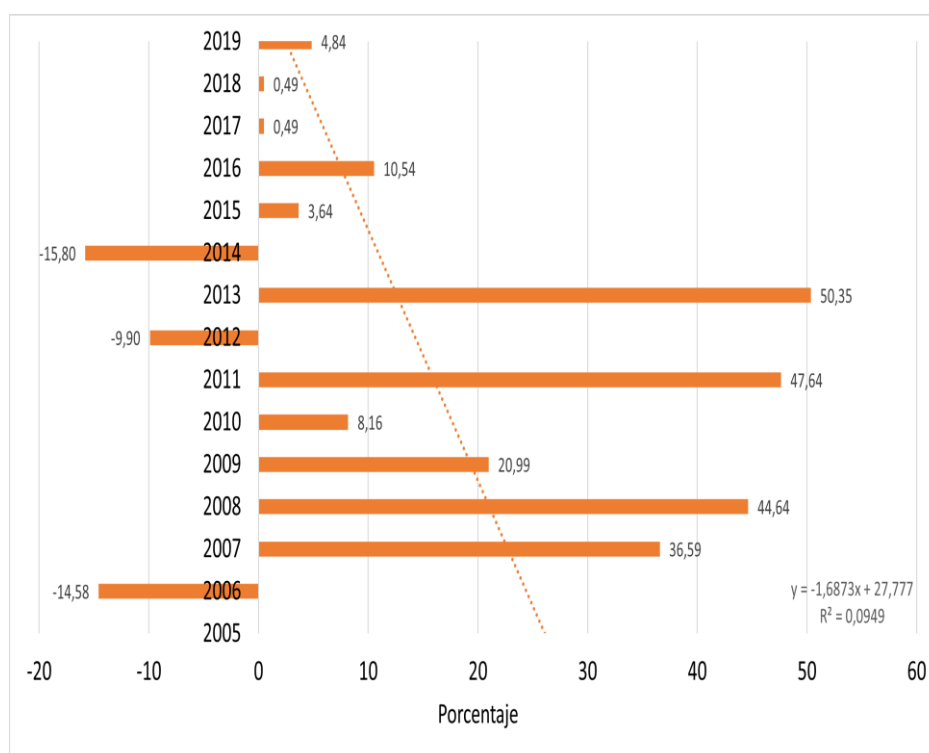
Fuente: Elaboración propia

El patrón de producción general denota que el mejor ajuste a un modelo determinista es el de un crecimiento de tipo lineal ($R^2 = 0,904$), con ciclos de aumento y decrecimiento.

6.1.2 Tasa de variación interanual

En la figura 6.2 se presenta la gráfica de la tasa de variabilidad interanual para la muestra en el periodo 2005-2019. Se puede observar cómo varía la producción de documentos año a año en relación con la anterior. Se muestra el porcentaje relativo al año. Esto ha hecho que haya diversas tasas de variación interanuales (TVI), el mayor valor de la TVI =50,35 se dio en el año 2013 y la menor TVI= -15,80 en el 2014. En general se ha pasado de publicar 96 artículos hasta alcanzar los 433 en el periodo que va del año 2005 al 2019. Se observa que en los últimos cinco años se ha producido más de la mitad de todas las publicaciones en Educación en Colombia (56,0%).

Figura 6.2 Tasa de variación interanual para los documentos de la muestra (ESCI)



Fuente: Elaboración propia

6.1.3 Idioma

Se halló que los documentos han sido publicados de forma mayoritaria en español (86,31%), seguida a distancia por el inglés (11,9%) (Tabla 6.1). Aunque hay documentos publicados en otros 8 idiomas, su número es casi anecdótico ya que entre todos representan menos del 2%.

Tabla 6.1 Idioma de publicación

Idiomas	N.º documentos	%
Español	3687	86,31
Inglés	512	11,99
Portugués	54	1,26
Otros	19	0,44
Total	4272	

Fuente: Muñoz – Ñungo et al. (2020)

6.1.4 Autoría

Los documentos fueron firmados por 7542 autores diferentes que dieron un total de 9048 firmas. El promedio es de 2,1 autores por documento. Este valor es similar al 2 que Bordons y Gómez (1997) establecían para las Ciencias Sociales en los años 90 y para el 2,06 hallado en la categoría de *Estudios Urbanos* en WoS (Maz-Machado y Jiménez-Fanjul, 2018a).

Si comparamos el promedio hallado en otros estudios sobre la producción en Educación, se tiene que Anta (2008) determinó que el promedio para las publicaciones de Educación en revistas españolas tenía una media de 1,8 autores. Fernández-Cano (2011) estableció el promedio en 1,9 autores por artículo para la producción española de Educación en SSCI. Sin embargo, Robinson-García y Amat (2018), hallaron que para España el valor es de 2,9 autores por trabajo en Ciencias Sociales y Educación, por lo que el promedio de

autores por artículo en Colombia en las publicaciones de Educación es cercano al que se tiene en España.

En términos bibliométricos, existen 2 grandes productores. La mitad son mujeres (Tabla 6.2). El 12,11% son medianos productores ($0 < \log n < 1$). Los autores con índice de productividad igual a cero (pequeños productores) constituyen el 85,5% del conjunto (índice de transitoriedad). Este resultado en el campo global de la educación difiere de un estudio que señalaba que en ESCI no había grandes productores en el campo específico de la educación matemática (Muñoz-Ñungo et al., 2020).

Tabla 6.2 Autores más productivos

Autor	N.º de documentos
González Agudelo, Elvia María	10
Zapata Vasco, Jhon Jairo	10
Padilla Beltrán, José Eduardo	9
González Guerrero, Karolina	9
Martínez Lozano, José Joaquín	9
Duque Quintero, Sandra Patricia	9
Gómez Guzmán, Pedro	8
Quintero Quintero, Marta Lucia	8
Villa-Ochoa, Jhony Alexander	8
Buitrago Bonilla, Rafael Enrique	7
Barragán Castrillón, Bernardo	7
Gaviria Cortes, Didier Fernando	7
Sánchez Fontalvo, Iván Manuel	7
Gallego Torres, Adriana Patricia	7

Autor	N.º de documentos
Bocanegra Acosta, Henry	6
Rojas Betancur, Mauricio	6
rincón Caballero, Diego Armando	6
Castillo, Rigoberto	6
Huertas Díaz, Omar	6
Gómez Flórez, Luis Carlos	6
Moreno Gómez, William	6
Parga Lozano, Diana Lineth	6
Palacios Mena, Nancy	6
Quiroz Posada, Ruth Elena	6
Torres Merchán, Nidia Yaneth	6
Hernández Suarez, Cesar Augusto	6
Acevedo Tarazona, Álvaro	6
Escobar Triana, Jaime	6
Jaramillo Valencia, Bairon	6
Uribe Álvarez, Graciela	5

Fuente: Elaboración propia

6.1.5 Citaciones

Sí bien se ha constatado el aumento de la producción, esta no ha ido acompañada de un aumento en la citación en la misma proporción. Se ha incrementado el número de citas, desde 17 en el año 2005 a 32 en el año 2019. El 81,03% de los documentos no han recibido alguna cita y el 10,22% solo han recibido una. Este porcentaje de documentos sin citas son similares a los porcentajes de la producción que ha sido publicada en español (Tabla 6.1) y ello podría ser una de las posibles explicaciones.

Todos los documentos han recibido 2014 citas, lo que indica un promedio de 0,49 citas por documento, siendo este un valor bajo. El 81,04% de los documentos no han recibido ninguna cita en los veinte años de ventana temporal del estudio y el 13,79% han recibido una o dos (Tabla 6.3).

Tabla 8.3 Numero de documentos respecto al número de citas recibidas

N.º de docs	N.º de citas	%
0	3462	81,04
1	437	10,23
2	152	3,56
3	74	1,73
4	43	1,01
5	19	0,44
6	23	0,54
7	20	0,47
8	11	0,26
9	13	0,30
10 ó más	18	0,42

Fuente: Elaboración propia

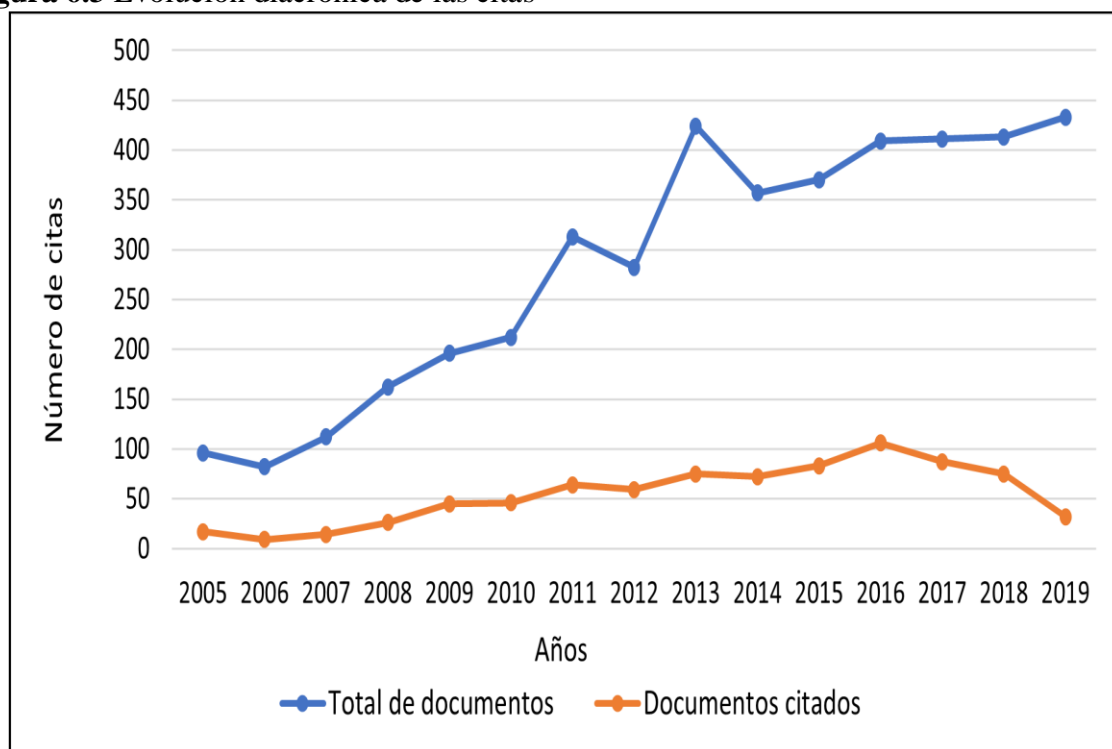
Al analizar si hay alguna correlación entre el número de autores década documento y el número de citas recibidas por documento se obtiene que la correlación es 0,207, significativa a un nivel $p < 0.01$, o que indica que un mayor número de autores está estadísticamente relacionado con mayor número de citas (Tabla 6.4).

Tabla 6.4 Correlación entre número de autores y numero de citas

Correlaciones			
		N.º _autores	N.º _Citas
N.º _autores	Correlación de Pearson	1	,207**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	4272	4272
N.º _Citas	Correlación de Pearson	,207**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	4272	4272
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

Fuente: Elaboración propia

Al analizar la evolución temporal de las citas en la figura 6.3 se observa como a partir del año 2006 se empieza a incrementar muy levemente la citación, aunque siendo escasa respecto al total de documentos publicados. Se alcanza el máximo número de citas en el año 2016 y a partir de ese año se inicia a un descenso paulatino en las citas recibidas. Como señala Jiménez-Fanjul (2016), la dinámica del comportamiento de citación en las ciencias sociales hace que se tarde más en verse reflejado el impacto de los documentos a través a la citación.

Figura 6.3 Evolución diacrónica de las citas

Fuente: Elaboración propia

6.1.6 Revistas

Los documentos tomados de ESCI han sido publicados en un total de 617 revistas. En la tabla 6.5 se presentan las revistas con mayor producción con más de 30 documentos. La revista *Uni-Pluriveridad* editada en Medellín es en la que más han publicado los investigadores colombianos de Educación seguida de la *Revista Científica* editada en Bogotá (Tabla 6.4). Se observa que 37 revistas publican más de la mitad de los documentos (50,57%).

Tabla 6.4 Revistas más productivas son

Revista	N.º docs	%	% acumulado
Uni-Pluriversidad	193	4,52	4,5
Revista científica	179	4,19	8,69
Revista Virtual Universidad Católica del Norte	143	3,35	12,04
Praxis & Saber	123	2,88	14,92
Revista Educación en Ingeniería	119	2,79	17,70
Actualidades Pedagógicas	107	2,50	20,21
Infancias Imágenes	82	1,92	22,13
Magis-Revista Internacional de investigación en Educación	75	1,76	23,88
Zona próxima	72	1,69	25,57
Logos Ciencia & tecnología	70	1,64	27,21
Sophia-Educación	68	1,59	28,80
Praxis-Colombia	66	1,54	30,34
Enunciación	57	1,33	31,68
Educación Física y Deporte	53	1,24	32,92
Hallazgos-Revista de Investigaciones	51	1,19	34,11
Profile-Issues in Teachers Professional Development	51	1,19	35,31
Quaestiones Disputatae	46	1,08	36,38
Revista Iberoamericana de Educación	43	1,01	37,39
Academia y Virtualidad	42	0,98	38,37

Revista	N.º docs	%	% acumulado
Cuadernos de lingüística Hispánica	40	0,94	39,31
Archivos de Medicina	39	0,91	40,22
Colombian Applied Linguistics Journal	38	0,89	41,11
Duazary	36	0,84	41,95
Góndola-Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	36	0,84	42,80
Iatreia	36	0,84	43,64
Panorama	36	0,84	44,48
Viref-Revista de Educacion Física	36	0,84	45,32
Amazonia Investiga	33	0,77	46,10
Revista Colombiana de Bioética	33	0,77	46,87
Gist-Education And Learning Research Journal	32	0,75	47,62
How-A Colombian Journal for Teachers of English	32	0,75	48,37
Revista Colombiana de Sociología	32	0,75	49,12
Revista Conrado	32	0,75	49,87
Entre Ciencia e Ingeniería	30	0,70	50,57

Fuente: Elaboración propia

Atendiendo al país de edición de las revistas se observa que la mayoría de estas revistas son de Colombia y a mucha distancia seguidas de las editadas en España. Esto es un claro indicador que la difusión de este tipo de investigación sobre educación es de carácter más local (Tabla 6.5).

Tabla 6.5 Países de edición de las revistas de la muestra (ESCI)

Países	N.º de documentos	%
Colombia	3177	74,36
España	390	9,12
Inglaterra	84	1,96
Venezuela	78	1,82
México	74	1,73
Brasil	73	1,70
USA	68	1,59
Cuba	64	1,49
Chile	56	1,31
Argentina	26	0,60

Fuente: Elaboración propia

6.1.7 Producción institucional

Tomando en cuenta que la mayor parte de las universidades colombianas imparten programas universitarios relacionados con educación, se determinó cuáles son las más productivas según los datos. La Universidad de Antioquia es la mayor productora con el 11,68% del total seguida por la Universidad Nacional de Colombia con el 7% y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con el 6,67% (Tabla 6.7) siendo las anteriores todas universidades públicas. La primera privada según productividad es la Pontificia Universidad Javeriana. Las 10 primeras universidades producen el 51,25% de los documentos.

Tabla 6.7 Universidades colombianas con mayor producción en Educación en ESCI

Universidad	N.º docs	%	% acumulado
Universidad de Antioquia	499	11,68	11,68
Universidad Nacional de Colombia	299	7,00	18,68
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	285	6,67	25,35
Universidad Pedagógica Nacional	271	6,35	31,70
Pontificia Universidad Javeriana	216	5,06	36,76
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Uptc	196	4,59	41,35
Universidad del Valle	151	3,54	44,88
Universidad de Los Andes	146	3,42	48,30
Universidad de la Salle	126	2,95	51,25
Universidad Industrial de Santander	114	2,67	53,92
Universidad Santo Tomas	107	2,51	56,42
Universidad del Norte	92	2,15	58,58
Universidad Pontificia Bolivariana	88	2,06	60,64
Universidad Cooperativa de Colombia	77	1,80	62,44
Universidad San Buenaventura	72	1,69	64,13
Universidad de Caldas	70	1,64	65,77
Universidad de la Sabana	70	1,64	67,40
Corporación Universitaria Minuto de Dios Uniminuto	66	1,55	68,95
Universidad del Magdalena	66	1,55	70,50
Universidad del Quindío	62	1,45	71,95
Universidad del Cauca	61	1,43	73,38

Universidad	N.º docs	%	% acumulado
Universidad Militar Nueva Granada	58	1,36	74,73
Universidad de Manizales	55	1,29	76,02
Universidad Tecnológica de Pereira	55	1,29	77,31
Universidad del Rosario	52	1,22	78,53
Universidad Eafit	51	1,19	79,72
Universidad del Atlántico	48	1,12	80,84
Universidad del Tolima	45	1,05	81,90
Universidad Externado Colombia	44	1,03	82,93
Universidad Autónoma Bucaramanga	39	0,91	83,84
Universidad de Cartagena	39	0,91	84,75
Universidad Francisco de Paula Santander	38	0,89	85,64
Universidad el Bosque	36	0,84	86,49
Universidad de Medellín	35	0,82	87,31
Universidad Antonio Nariño	34	0,80	88,10
Universidad Icesi	34	0,80	88,90
Universidad Libre	30	0,70	90,33
Universidad Autónoma de Occidente	29	0,68	91,71
Universidad la Gran Colombia	28	0,66	92,36
Universidad Católica Colombia	27	0,63	93,00
Universidad de la Amazonia	26	0,61	94,21
Univ CES	24	0,56	95,38
Universidad Nariño	24	0,56	95,95
Universidad Autónoma de Manizales	24	0,56	96,51

Universidad	N.º docs	%	% acumulado
Universidad Autónoma Latinoamericana	23	0,54	97,05
Fundación Universitaria Luis Amigo	22	0,52	97,56
Universidad Surcolombiana	22	0,52	98,08
Universidad De La Costa	22	0,52	98,59
Universidad Católica de Manizales	20	0,47	99,06
Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano	20	0,47	99,53
Universidad Católica Luis Amigo	19	0,44	99,97
Universidad Córdoba	19	0,44	100,42
Universidad Simón Bolívar	17	0,40	101,26

Fuente: Elaboración propia

6.1.8 Instituciones

En el total de documentos analizados hay 472 instituciones de diverso tipo, universidades, institutos, centros de investigación, agencias gubernamentales, etc., a las que pertenecen los autores firmantes. En la tercera parte de todos los artículos (34,28%) solo aparece una institución de pertenencia para los autores, lo cual es indicativo de no colaboración institucional (Tabla 6.8). El 18,94 % de los documentos es firmado por 4 o más instituciones. Es llamativo que aquellos documentos con alto número de instituciones firmantes (21, 30 y 37) son relacionados con la educación y ámbitos tecnológicos.

Tabla 6.8 Número de instituciones que firman cada documento

N.º de instituciones por documentos	N.º de documentos	%
1	1469	34,28
2	1132	26,50
3	863	20,20
4	360	8,43
5	184	4,31
6	101	2,36
7	65	1,52
8	33	0,77
9	21	0,49
10	11	0,26
11	11	0,26
12	8	0,19
13	4	0,09
14	2	0,05
15	1	0,02
16	2	0,05
17	2	0,05
21	1	0,02
30	1	0,02
37	1	0,02

Fuente: Elaboración propia

6.1.9 Referencias

Los documentos presentan un amplio espectro temporal en las referencias. La referencia más antigua es del año 1555 y corresponde a << *Las Siete Partidas del Sabio Rey Don Alonso el mono, nuevamente Glosadas por el Licenciado Gregorio López del Consejo Real de Indias de su Majestad*. Impreso en Salamanca Por Andrea de Portonaris, Impresor de su Majestad.>>. Si bien hay un buen número de documentos sobre estudios históricos las referencias anteriores a 1900 tan solo representan el 0,51% del total. El 71,10% de las referencias corresponden a literatura publicada entre los años 2000 a 2019. La mayor cantidad de referencias a publicaciones de un mismo año son a las del 2006 (Tabla 6.9).

Tabla 6.9 Frecuencia de referencias citadas por año

Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º
1555	1	1824	3	1869	6	1909	7	1949	28	1989	545
1587	1	1825	5	1870	13	1910	27	1950	31	1990	713
1619	1	1826	10	1871	12	1911	19	1951	31	1991	775
1636	1	1827	7	1872	22	1912	24	1952	22	1992	879
1651	1	1829	2	1873	13	1913	30	1953	31	1993	847
1670	1	1830	2	1874	11	1914	16	1954	36	1994	1113
1678	1	1831	7	1875	10	1915	15	1955	21	1995	1073
1689	1	1832	12	1876	10	1916	22	1956	34	1996	1394
1725	1	1833	8	1877	1	1917	12	1957	31	1997	1549
1747	1	1834	16	1878	4	1918	7	1958	37	1998	1936
1748	1	1835	10	1879	4	1919	6	1959	37	1999	1895
1753	1	1836	9	1880	4	1920	17	1960	52	2000	2370
1755	1	1838	1	1881	5	1921	6	1961	54	2001	2438
1763	1	1840	2	1882	6	1922	9	1962	73	2002	2628

Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º
1765	1	1842	3	1883	2	1923	14	1963	50	2003	2971
1775	2	1843	3	1884	14	1924	11	1964	76	2004	3075
1776	1	1844	3	1885	1	1925	15	1965	53	2005	3388
1784	2	1845	5	1886	7	1926	25	1966	76	2006	3528
1785	2	1846	2	1887	6	1927	17	1967	115	2007	3386
1791	2	1847	1	1888	8	1928	20	1968	109	2008	3497
1792	1	1848	2	1889	4	1929	23	1969	106	2009	3392
1794	1	1849	2	1890	5	1930	17	1970	149	2010	3388
1795	3	1850	1	1891	6	1931	10	1971	143	2011	3052
1803	3	1851	2	1892	5	1932	8	1972	165	2012	2929
1804	1	1852	2	1893	1	1933	20	1973	170	2013	2610
1805	1	1853	4	1894	4	1934	22	1974	134	2014	2311
1806	1	1854	2	1895	7	1935	28	1975	159	2015	1877
1808	1	1855	3	1896	6	1936	19	1976	167	2016	1506
1810	1	1856	6	1897	10	1937	17	1977	189	2017	978
1811	2	1857	6	1898	8	1938	26	1978	243	2018	456
1812	2	1858	4	1899	5	1939	21	1979	258	2019	66
1813	1	1859	6	1900	5	1940	14	1980	240		
1814	2	1860	2	1901	4	1941	19	1981	285		
1816	1	1862	1	1902	6	1942	15	1982	279		
1817	3	1863	4	1903	6	1943	19	1983	326		
1819	2	1864	7	1904	4	1944	22	1984	377		
1820	5	1865	5	1905	10	1945	31	1985	370		

Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º	Año	N.º
1821	8	1866	8	1906	11	1946	21	1986	468		
1822	8	1867	2	1907	7	1947	12	1987	494		
1823	2	1868	4	1908	11	1948	36	1988	555		

Fuente: Elaboración propia

Al analizar el número de referencias de cada documento se halló que el 57,65% aportan menos de 25 referencias, mientras que el 32,54 citan entre 25 a 50 documentos y menos del 1% citan más de 100 (Tabla 6.10). La media de referencias por documento asciende a 25,37 referencias por documento, con una desviación estándar de 18,19. La moda y la mediana son de 11 y 21 referencias por documento respectivamente.

Tabla 6.10 Documentos agrupados según el número de referencias

N.º referencias	N.º de docs	%
[0, 25)	2463,0	57,65
[25, 50)	1390	32,54
[50, 75)	340	7,96
>=100	24,0	0,56

Fuente: Elaboración propia

6.1.10 Descriptores

Todos los documentos contenían un total de 82848 descriptores elegidos por los autores, de los que 10780 son diferentes. En la Tabla 6.11 se presentan los descriptores más frecuentes. Se observa que los autores no toman en cuenta los tesauros para determinar los descriptores. El descriptor más frecuente es Educación que representa el 3,35 de todos. La media de descriptores por documento es 25,37.

Tabla 6.11 Frecuencia de aparición de descriptores (n > 100)

Descriptores	N	Descriptores	N
Education	2768	pedagogical practice	146
Higher education	855	students	144
Pedagogy	781	Participation	143
Learning	583	identity	142
Teaching	548	quality	142
Colombia	508	teachers	139
University	378	Communication	136
Research	365	Reading	135
Knowledge	346	Body	134
Citizenship	309	family	134
Curriculum	289	bioethics	130
Culture	280	teacher education	130
School	280	e-learning	129
Ict	262	human development	129
Evaluation	252	innovation	128
Competences	239	Subjectivity	125
Teacher training	224	Democracy	121
Training	221	Latin America	121
Teacher	212	Gender	120
Ethics	211	Values	119
Physical education	201	Language	118
Writing	183	Health	114

Science	180	Politics	114
School mathematics	174	Diversity	112
Didactics	171	experience	112
Skills	169	inclusive education	111
Motivation	168	peace	110
History	166	society	109
Other notions of Mathematics Education	160	critical thinking	108
Technology	157	autonomy	107
Teaching practice	155	science education	105
Environmental education	153	children	104
Inclusion	151	Methodology	104
Virtual education	149	Globalization	102
Assessment	148		

Fuente: Elaboración propia

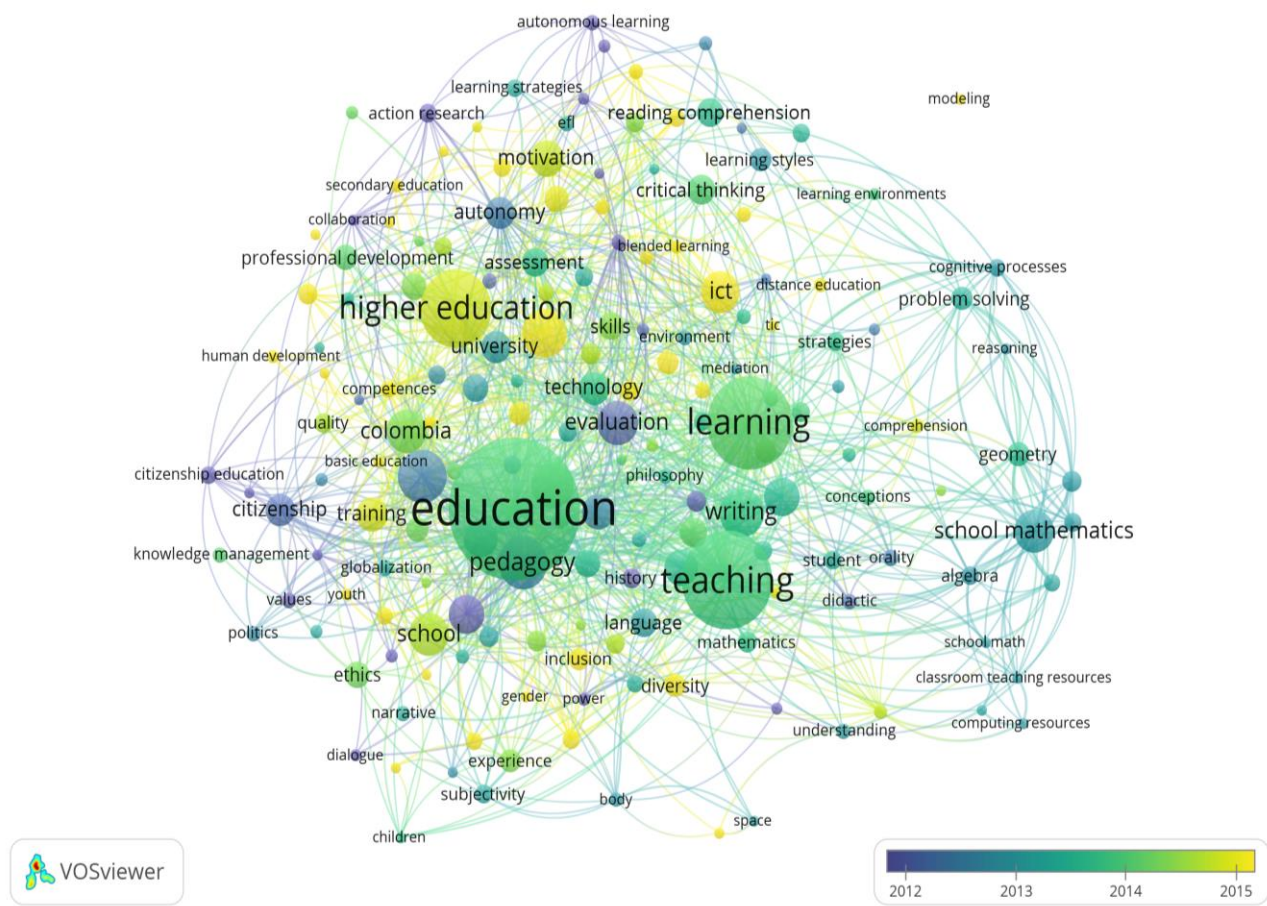
En la figura 6.4 se representa la red de co-aparición de los descriptores. Se observa como en los últimos cinco años empiezan a presentarse descriptores relacionados con TICs (ICT, en color amarillo), *higer education*, *e-learning*, así como *teacher training*, *competences* o *collaborative work*.

Hemos también incluido la red del descriptor *School mathematics* (matemáticas escolares) (Figura 6.5) y se observa que en la variación temporal tan solo se ha incorporado *inclusion* y *comprehension* en los últimos años, peor no se aprecia un vínculo con descriptores de nuevas tecnologías.

Es llamativo que son pocos los documentos relativos a la educación infantil, así al buscar aquellos que contuviesen alguno de los descriptores *primary education*, *childhood*

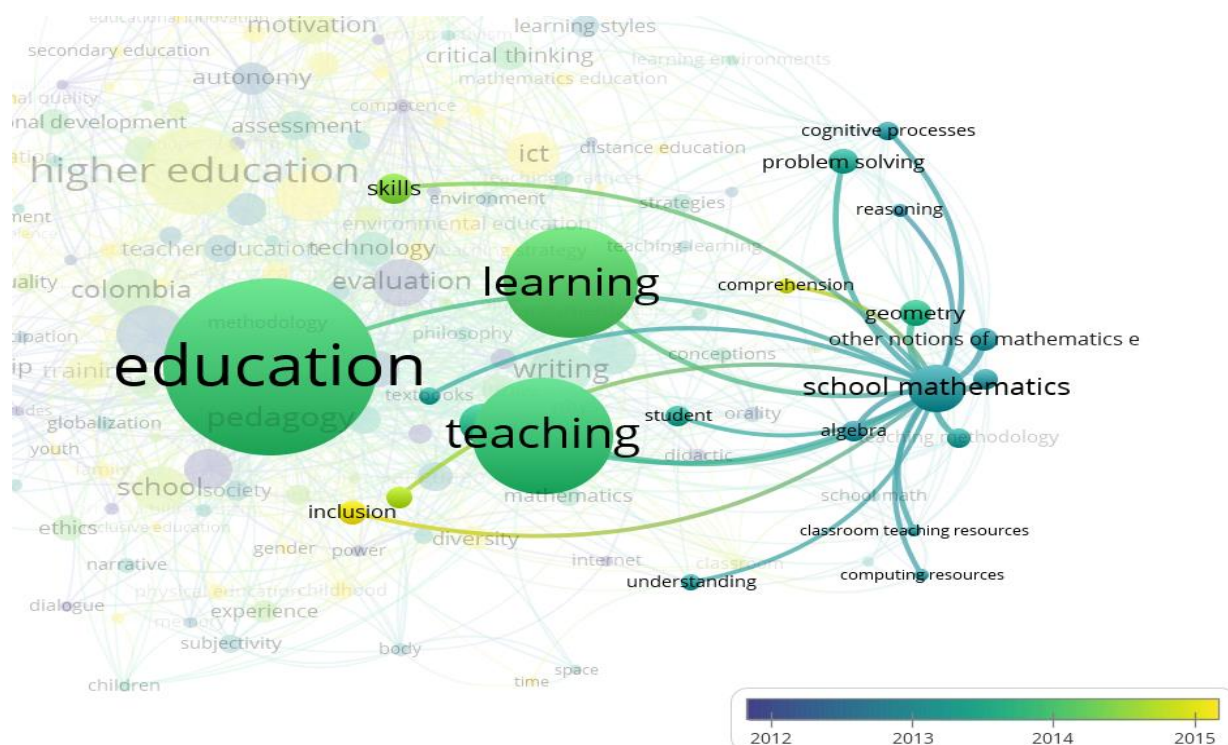
education, preschool, kindergarten y, children y education, solo se hallaron 87 documentos, que representa solo al 1,91% del total.

Figura 6.4 Red de co-aparición de descriptores propuestos por los autores



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.5 Red de co-aparición del descriptor “School mathematics”



Fuente: Elaboración propia

6.2 Leyes bibliométricas

6.2.1 Ley de Lotka en la producción de Colombia en ESCI sobre educación

Como se ha explicado en el apartado 2.2.2, la ley de Lotka permite observar si existe una regularidad en la distribución de autores de acuerdo con el número de documentos producidos. Para la muestra de estudio, en la tabla 6.12 se presenta de forma agrupada la distribución de los autores según el número de publicaciones. Se ha realizado un recuento completo de manera que cada autor presente en un documento es tomado en cuenta de forma igual y total para todos.

Tabla 6.12 Número de autores según el número de artículos publicados (ESCI)

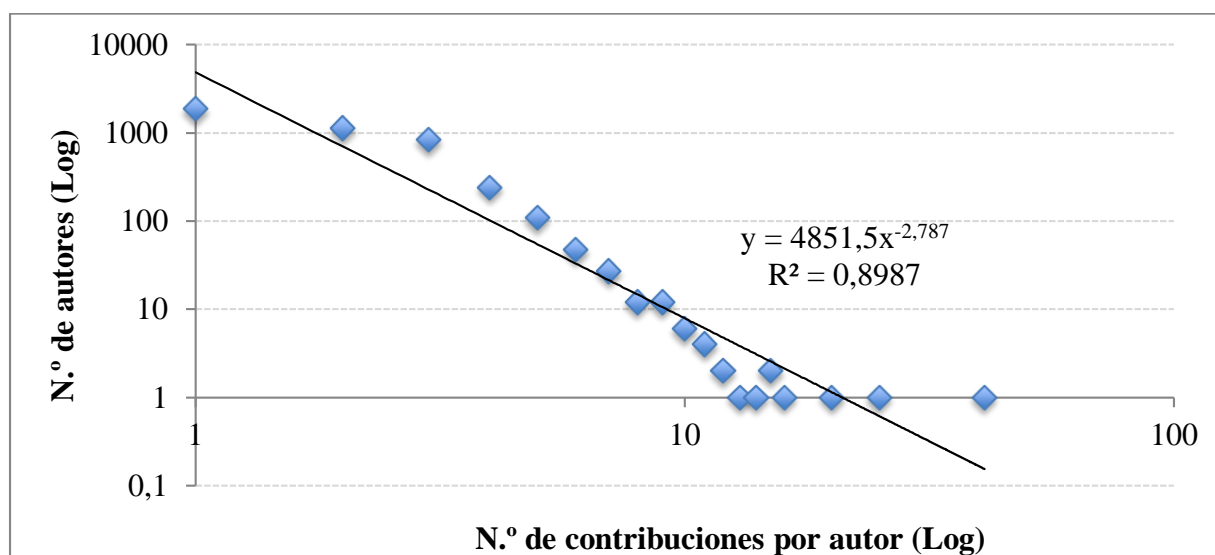
N.º de contribuciones por autor	N.º de autores	Total de artículos		% de autores		% de artículos	% artículos acumul.
x	y	x.y	$\sum x.y$	%y	$\sum \%y$	%x.y	$\sum \%x.y$
1	1856	1856	1856	43,45	43,45	20,5	20,5
2	1119	2238	4094	26,19	69,64	24,7	45,2
3	831	2493	6587	19,45	89,09	27,6	72,8
4	240	960	7547	5,62	94,71	10,6	83,4
5	108	540	8087	2,53	97,24	6,0	89,4
6	47	282	8369	1,10	98,34	3,1	92,5
7	27	189	8558	0,63	98,97	2,1	94,6
8	12	96	8654	0,28	99,25	1,1	95,6
9	12	108	8762	0,28	99,53	1,2	96,8
10	6	60	8822	0,14	99,67	0,7	97,5
11	4	44	8866	0,09	99,77	0,5	98,0
12	2	24	8890	0,05	99,81	0,3	98,2
13	1	13	8903	0,02	99,84	0,1	98,4
14	1	14	8917	0,02	99,86	0,2	98,5
15	2	30	8947	0,05	99,91	0,3	98,9
16	1	16	8963	0,02	99,93	0,2	99,0
20	1	20	8983	0,02	99,95	0,2	99,3
25	1	25	9008	0,02	99,98	0,3	99,5
N.º de	N.º de	Total de		% de		% de	%

contribucion es por autor	autores	artículos		autores		artículos	artículos acumul.
41	1	41	9049	0,02	100,0	0,5	100,0
Total	4272	9049				100,0	

Fuente: Elaboración propia

Tomando los datos de las columnas x e y de la tabla 7 representamos gráficamente la distribución de contribuciones de acuerdo con el número de distribuciones en la figura logarítmica 6.6.

Figura 6.6 Gráfica logarítmica del número de autores Vs número de contribuciones



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la gráfica de la figura 6.6, esta distribución potencial es transformada en una relación lineal para aplicar el método de los mínimos cuadrados para poder determinar los parámetros de la distribución.

A continuación, se halla la distribución de los mínimos cuadrados para la muestra de estudio (Tabla 6.13).

Tabla 6.13 Distribución de los mínimos cuadrados de los datos observados (ESCI)

X	Y	X=log x	Y= log y	X·Y =log x·log y	X² = (log x)²
1	1856	0,0000	3,2686	0,0000	0,0000
2	1119	0,3010	3,0488	0,9178	0,0906
3	831	0,4771	2,9196	1,3930	0,2276
4	240	0,6021	2,3802	1,4330	0,3625
5	108	0,6990	2,0334	1,4213	0,4886
6	47	0,7782	1,6721	1,3011	0,6055
7	27	0,8451	1,4314	1,2096	0,7142
8	12	0,9031	1,0792	0,9746	0,8156
9	12	0,9542	1,0792	1,0298	0,9106
10	6	1,0000	0,7782	0,7782	1,0000
11	4	1,0414	0,6021	0,6270	1,0845
12	2	1,0792	0,3010	0,3249	1,1646
13	1	1,1139	0,0000	0,0000	1,2409
14	1	1,1461	0,0000	0,0000	1,3136
15	2	1,1761	0,3010	0,3540	1,3832
16	1	1,2041	0,0000	0,0000	1,4499
20	1	1,3010	0,0000	0,0000	1,6927
25	1	1,3979	0,0000	0,0000	1,9542
41	1	1,6128	0,0000	0,0000	2,6011
Total	4272	17,6324	20,8947	11,7643	19,0999

Fuente: Elaboración propia

Tomando los datos de la tabla 6.13 se procedió a hallar los parámetros \square y C para utilizarlos en la fórmula de Lotka:

$$f(x) = \frac{C}{x^\alpha} \quad (1)$$

Para determinar el valor de α empleamos la formula indicada por Pao (1985):

$$\alpha = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum x^2 - (\sum X)^2}$$

Donde

N = número de pares de datos observados.

X = logaritmo de base 10 de x .

Y = logaritmo de base 10 de y .

Utilizamos los datos de la tabla 22:

$$\alpha = \frac{19*(11,7643)-(17,6324)*(20,8947)}{19*(19,999)-(17,6324)^2}$$

$$\alpha = -2,7867$$

Como C representa el porcentaje teórico de los autores colaborando con único artículo o trabajo en la distribución de la productividad de autores, se utiliza la función inversa Zeta de Riemann. Para obtener esta estimación del valor, Pao (1985; 1986) proporcionó una fórmula para calcularla con una aproximación exacta que está expresada como:

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^{P-1} \frac{1}{x^\alpha} + \frac{1}{(\alpha - 1)P^{\alpha-1}} + \frac{1}{2P^\alpha} + \frac{\alpha}{24(P - 1)^{\alpha+1}}}$$

Donde,

x = es el número de 1, 2, 3, ... n contribuciones por autor.

α = es el valor del parámetro antes obtenido, $\alpha = -2,7867$.

P = es el número de pares de datos observados, para la muestra P=13.

$$C = \frac{1}{\sum_{x=1}^{P-1} \frac{1}{x^{2,7867}} + \frac{1}{(2,7867 - 1) * 19^{2,7867-1}} + \frac{1}{2 * 19^{2,7867}} + \frac{2,7867}{24 * (19 - 1)^{2,7867+1}}}$$

$$C = \frac{1}{1,247403 + 0,002905 + 0,000136 + 0,000020}$$

$$C = \frac{1}{1,250447} = 0,799713$$

Remplazando los valores de los parámetros α y C en la ecuación 1:

$$F_x = \frac{c}{x^\alpha} = Cx^{-\alpha} = 0,799713 \cdot x^{-2,7867}$$

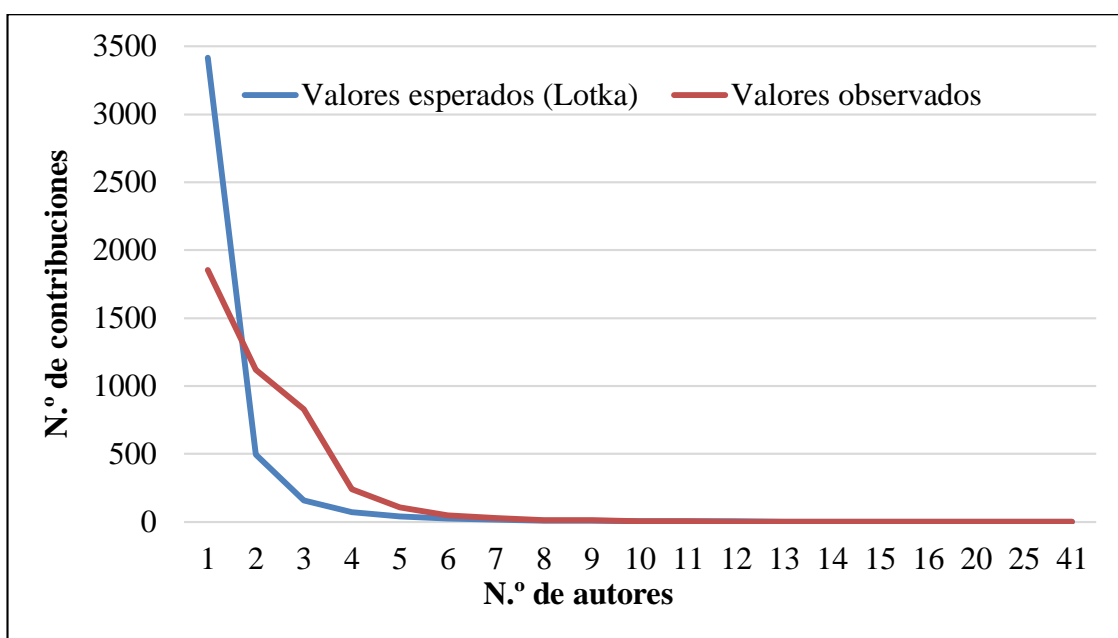
Tabla 6.14 Datos obtenidos mediante aplicación de la ley de Lotka de poder inverso generalizado

Valores observados		Valores esperados (Lotka)	
x	y	$y_x = C \cdot x^{-\alpha}$ normal.	$y = y_x \cdot \sum y$
1	1856	0,799713	3416,3739
2	1119	0,115892	495,0911
3	831	0,037440	159,9453
4	240	0,016795	71,7472
5	108	0,009018	38,5253
6	47	0,005426	23,1788
7	27	0,003531	15,0845
8	12	0,002434	10,3974
9	12	0,001753	7,4882
10	6	0,001307	5,5830
11	4	0,001002	4,2807
12	2	0,000786	3,3590
13	1	0,000629	2,6874
14	1	0,000512	2,1860
15	2	0,000422	1,8036
16	1	0,000353	1,5068
20	1	0,000189	0,8091
25	1	0,000102	0,4344
41	1	0,000026	0,1095
Total	4272		

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6.7 comparamos la distribución de los valores observados en la muestra objeto de estudio frente a los valores esperados calculados mediante el ajuste a la ley del poder inverso generalizado de Lotka.

Figura 6.7 Distribuciones de frecuencias observadas y esperadas luego de aplicar la ley de Lotka.



Fuente: Elaboración propia

Para comprobar si hay diferencias significativas entre las dos distribuciones halladas procedemos a aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) que permite determinar la bondad o no del ajuste entre las distribuciones. Para este cálculo se compara el acumulado de los valores observados normalizados respecto a los valores absolutos esperados acumulados, y estableciendo la diferencia entre ellos en términos absolutos (Tabla 6.15). Se observa que el máximo valor de la Diferencia (D_{max}) es de 5,722282. El valor crítico de D ($D_{crít}$) para un nivel de significación de 0,01 se calcula usando la fórmula:

$$D_{\text{crít}} = \frac{1,63}{\sqrt{N}}$$

Siendo N el valor acumulado del número de autores.

Para $N = 4272$ se tiene que $D_{\text{crít}} = 0,024938$ que es menor que la Desviación (D_{max}) máxima, por lo tanto, podemos concluir que esta distribución no se ajusta a la ley de Lotka al 0,01 de nivel de significación de acuerdo con la prueba K-S (Tabla 6.15).

Tabla 6.15 Prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov de la distribución de la producción de los autores en los documentos analizados

x	y	$y_x/\Sigma y_x$	$\Sigma(y_x/\Sigma y_x)$	$C \cdot x^{-a}$	$\Sigma(C \cdot x^{-a})$	D_{máx}
1	1856	0,434457	0,434457	0,799713	0,799713	0,365256
2	1119	0,261938	0,696395	0,115892	0,915605	0,219210
3	831	0,194522	0,890918	0,037440	0,953045	0,062128
4	240	0,056180	0,947097	0,016795	0,969840	0,022743
5	108	0,025281	0,972378	0,009018	0,978858	0,006480
6	47	0,011002	0,983380	0,005426	0,984284	0,000904
7	27	0,006320	0,989700	0,003531	0,987815	0,001885
8	12	0,002809	0,992509	0,002434	0,990249	0,002260
9	12	0,002809	0,995318	0,001753	0,992002	0,003317
10	6	0,001404	0,996723	0,001307	0,993309	0,003414
11	4	0,000936	0,997659	0,001002	0,994311	0,003348
12	2	0,000468	0,998127	0,000786	0,995097	0,003030
13	1	0,000234	0,998361	0,000629	0,995726	0,002635
14	1	0,000234	0,998596	0,000512	0,996238	0,002358

x	y	$y_x/\Sigma y_x$	$\Sigma(y_x/\Sigma y_x)$	$C \cdot x^{-a}$	$\Sigma(C \cdot x^{-a})$	Dmáx
15	2	0,000468	0,999064	0,000422	0,996660	0,002404
16	1	0,000234	0,999298	0,000353	0,997013	0,002285
20	1	0,000234	0,999532	0,000189	0,997202	0,002330
25	1	0,000234	0,999766	0,000102	0,997304	0,002462
41	1	0,000234	1,000000	0,000026	0,997329	0,002671

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Ley de Bradford para revistas

Interesa conocer cuál es la dispersión de las publicaciones colombianas sobre Educación en ESCI, entre otros aspectos para conocer cuáles son las revistas que conforman el principal canal de difusión del área de investigación. Para ello procedemos a aplicar la ley de dispersión de la bibliografía científica o Ley de Bradford (1948) y determinar las diferentes zonas. En tres de los documentos estudiados no se indicaba el nombre de la revista y por eso, no fueron incluidos en esta parte del estudio. Se analizaron los datos respecto a la productividad de documentos publicados en revistas. En la Tabla 6.16 se presenta la distribución de las revistas según la producción de documentos.

Tabla 6.16 Distribución de revistas según la publicación de documentos

Revistas= a	Docs= b	$a \times b$	Revistas acumuladas= c	$\ln c$	Docs acumulados
1	193	193	1	0,0000	193
1	179	179	2	0,6931	372
1	143	143	3	1,0986	515
1	123	123	4	1,3863	638
1	119	119	5	1,6094	757
1	107	107	6	1,7918	864

Revistas= a	Docs= b	$a \times b$	Revistas acumuladas= c	$\ln c$	Docs acumulados
1	82	82	7	1,9459	946
1	75	75	8	2,0794	1021
1	72	72	9	2,1972	1093
1	70	70	10	2,3026	1163
1	68	68	11	2,3979	1231
1	66	66	12	2,4849	1297
1	57	57	13	2,5649	1354
1	53	53	14	2,6391	1407
2	51	102	16	2,7726	1509
1	46	46	17	2,8332	1555
1	43	43	18	2,8904	1598
1	42	42	19	2,9444	1640
1	40	40	20	2,9957	1680
1	39	39	21	3,0445	1719
1	38	38	22	3,0910	1757
5	36	180	27	3,2958	1937
2	33	66	29	3,3673	2003
4	32	128	33	3,4965	2131
1	30	30	34	3,5264	2161
1	27	27	35	3,5553	2188

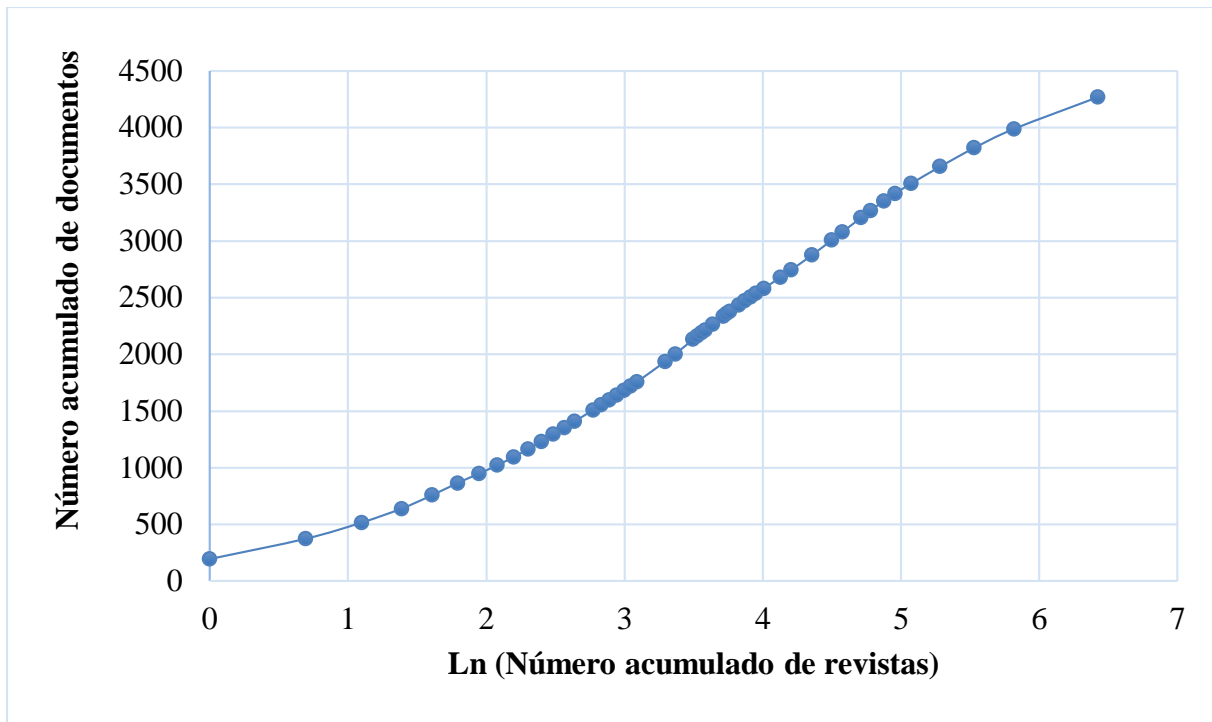
Revistas= a	Docs= b	$a \times b$	Revistas acumuladas= c	$\ln c$	Docs acumulados
1	26	26	36	3,5835	2214
2	25	50	38	3,6376	2264
3	24	72	41	3,7136	2336
1	21	21	42	3,7377	2357
1	20	20	43	3,7612	2377
3	19	57	46	3,8286	2434
2	18	36	48	3,8712	2470
2	17	34	50	3,9120	2504
2	16	32	52	3,9512	2536
3	15	45	55	4,0073	2581
7	14	98	62	4,1271	2679
5	13	65	67	4,2047	2744
11	12	132	78	4,3567	2876
12	11	132	90	4,4998	3008
7	10	70	97	4,5747	3078
14	9	126	111	4,7095	3204
8	8	64	119	4,7791	3268
12	7	84	131	4,8752	3352
11	6	66	142	4,9558	3418

Revistas= a	Docs= b	$a \times b$	Revistas acumuladas= c	$\ln c$	Docs acumulados
18	5	90	160	5,0752	3508
37	4	148	197	5,2832	3656
55	3	165	252	5,5294	3821
84	2	168	336	5,8171	3989
280	1	280	616	6,4232	4269

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Para ilustrar la Ley de Bradford, inicialmente presentamos la representación gráfica en la figura 6.8 El eje horizontal es logarítmico y representa el número de revistas acumuladas en orden descendente de productividad y en el eje vertical se representa el número acumulado de artículos. La curva resultante del número acumulado de documentos por las revistas $R(r)$ es monótona y creciente.

Figura 6.8 Dispersión de la literatura científica según el modelo Bradford



Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Puesto que Bradford no enunció su ley mediante expresiones matemáticas, vamos a encontrar las denominadas zonas Bradford utilizando la Ley de Leimkuhler (1967) quien la expresa en términos matemáticos: $R(r) = a \cdot \ln(1 + b \cdot r)$. Para tal propósito vamos a seguir el procedimiento propuesto por Egghe (1986) y que ha sido probado en otros estudios (Maz-Machado y otros, 2020; Pinto y otros, 2015).

Si consideramos que:

r_0 es el número de revistas en la primera zona Bradford.

y_0 es el número de artículos en cada zona Bradford (cada zona debe ser de igual tamaño).

K es el multiplicador de Bradford.

$R(r)$ es el número acumulado de artículos publicados por las revistas.

a y b son las constantes de la fórmula de Leimkuhler: $R(r) = a \cdot \ln(1 + b \cdot r)$.

Egghe (1986) indica que para hallar los valores de las constantes a y b se utilizan las

siguientes formulas: $a = \frac{y_0}{Lnk}$ y $b = \frac{k-1}{r_0}$. Primero determinamos el número de zonas Bradford que queremos hallar p (número de zonas Bradford), así $p = 3$. Ahora podemos hallar el valor de k , siguiendo a Egghe (1986):

$$k = (e^\gamma \cdot y_m)^{1/p}$$

Donde γ es la constante de Euler, $\gamma = 0,5772$, de manera que $e^\gamma = 1,781$.

$$k = (1,781 \cdot y_m)^{1/p} = (1,781 \cdot 193)^{1/3} = (343,733)^{1/3} = 7,004$$

$$r_0 = \frac{T}{1+k+k^2+\dots+k^{p-1}} = \frac{T \cdot (k-1)}{k^p-1}, T \text{ es el número total de revistas.}$$

$$r_0 = \frac{T \cdot (k-1)}{k^p-1} = \frac{616 \cdot (7,004-1)}{7,004^3-1} = \frac{3698,464}{342,588} = 10,79$$

Una vez obtenidos los valores de k y r_0 , procedemos a hallar a y b .

$$a = \frac{(2170/3)}{\ln(7,004)} = \frac{723,333}{1,946} = 371,70 \text{ y } b = \frac{7,004-1}{10,7957} = 0,556$$

Para calcular el número de revistas en cada una de las zonas Bradford ($r_0, k \cdot r_0, k^2 \cdot r_0, \dots$) el propio Egghe (1990) recomienda utilizar los valores exactos de r_0 y k y por tanto también los valores de a y b en la fórmula de la ley de Leimkuhler.

$$\begin{aligned} R(r) &= a \cdot \ln(1 + b \cdot r) = 371,70 \cdot \ln(1 + 0,556 \times 616) \\ &= 371,70 \cdot 5,83 = 2167,01 \end{aligned}$$

La distribución de todas las revistas en las tres zonas Bradford se presenta en la Tabla 6.17, donde el núcleo lo forman 11 revistas que acumulan 1231 documentos como se indican en la tabla.

Este núcleo está conformado por revistas editadas por las propias universidades con la excepción de *Logos Ciencia & Tecnología* que la publica la Policía Nacional de Colombia (Tabla 6.18).

Tabla 6.17 Distribución de todas las revistas en tres zonas Bradford

Zonas	Revistas	Documentos	K
Núcleo	11	1231	--
Zona 1	76	1645	6,90
Zona 2	529	1393	6,96
Total	616	4269	

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

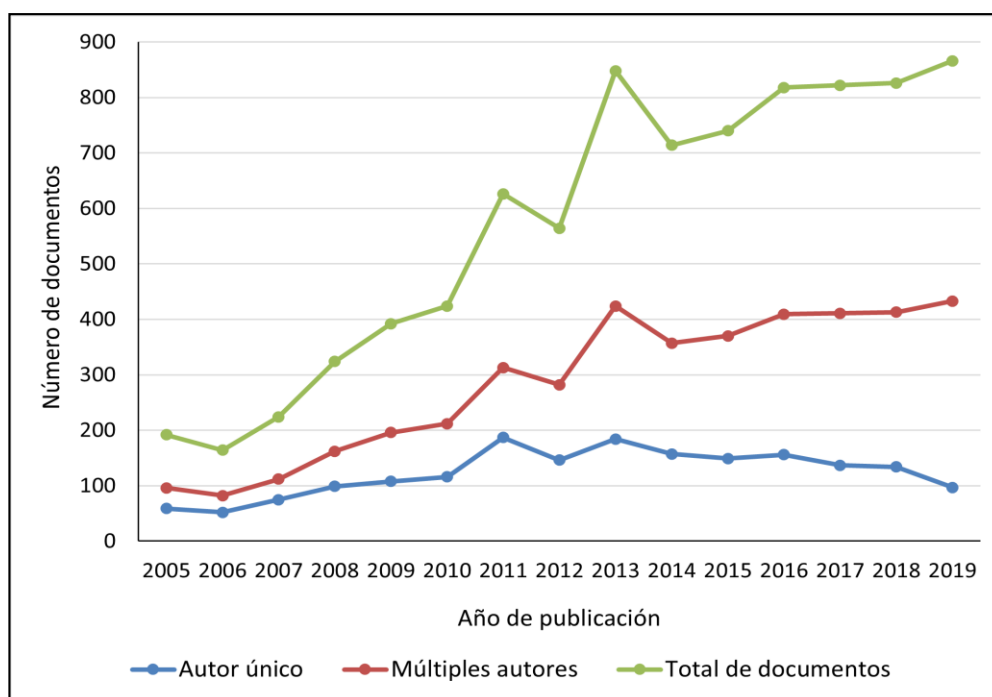
Tabla 6.18 Revistas que conforman el núcleo de Bradford

	Revista	N.º Docs	%
Núcleo Bradford	Uni-Pluriversidad	193	4,5
	Revista Científica	179	4,2
	Revista Virtual Universidad Católica del Norte	143	3,3
	Praxis & Saber	123	2,9
	Revista Educación en Ingeniería	119	2,8
	Actualidades Pedagógicas	107	2,5
	Infancias Imágenes	82	1,9
	Magis-Revista Internacional de Investigación En Educación	75	1,8
	Zona Próxima	72	1,7
	Logos Ciencia & Tecnología	70	1,6
	Sophia-Educación	68	1,6

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

6.2.3 Grado de colaboración entre autores

En la figura 6.9 se muestra el análisis diacrónico del número de documentos de autoría individual respecto a los de múltiple autoría.

Figura 6.9 Número de documentos por tipo de autoría (ESCI)

Fuente: Elaboración propia

Al analizar en detalle el número de autores, se tiene que el 43,45% han sido de autoría única, y aquellos firmados por dos o tres autores representan el 45,65% del total. El patrón de autoría ha sufrido cambios en el periodo, pasando de un inicio en el año 2005 con predominancia en la publicación de documentos con autoría única (61,46%) respecto a los de autoría múltiple (38,54%) hasta llegar a invertir la relación en el 2019 con sólo el 22,40% de autoría única frente al 75,60% de coautoría. En el último año el 17,55% de los documentos tenían cuatro o más autores (Tabla 6.19).

Tabla 6.19 Patrones de autoría en Educación en Colombia en ESCI

Año	Autor único	Dos autores	Tres autores	Cuatro autores	Cinco autores	6 o más autores	Total de documentos
2005	59	24	9	2	1	1	96
2006	52	13	9	3	3	2	82

Año	Autor único	Dos autores	Tres autores	Cuatro autores	Cinco autores	6 o más autores	Total de documentos
2007	75	24	5	2	1	5	112
2008	99	41	13	4	4	1	162
2009	108	52	23	5	3	5	196
2010	116	41	33	10	8	4	212
2011	187	71	32	14	5	4	313
2012	146	65	49	8	9	5	282
2013	184	120	76	31	4	9	424
2014	157	96	72	21	6	5	357
2015	149	97	85	22	10	7	370
2016	156	108	98	24	13	10	409
2017	137	124	106	23	12	9	411
2018	134	109	95	31	17	27	413
2019	97	134	126	40	12	24	433
Total	1856	1119	831	240	108	118	4272

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

A partir de los datos de la tabla 6.19, se determinaron los valores de los tres indicadores de colaboración más frecuentes en la literatura. Así el Grado de Colaboración en el periodo es $GD = 0,79$. El valor mínimo se dio en el año 2007 y el máximo en el 2019 (Tabla 6.20). Este valor es cercano al hallado para el GD (0,75) en las publicaciones científicas colombianas en SciELO (Maz-Machado et al., 2016).

A su vez el IC tiene su valor mínimo en los años 2005 y 2008 y el máximo en 2019. El valor para el periodo es $IC = -1,68$. Este valor es menor y alejado al hallado para la colaboración en las publicaciones colombianas indexadas en WoS entre 2005 y 2016 donde alcanzó un valor $IC = 6,46$ (Maz-Machado y Jiménez-Fanjul, 2018b).

El coeficiente de colaboración para todo el periodo es $CC = 0,35$, que es bajo en comparación con los otros dos indicadores. Esto no es contradictorio, ya que debe recordarse que el CC está basado en la idea de la atribución fraccional de productividad en la producción de documentos y para suplir supuestas deficiencias del GD y IC (Savanur y Srikanth, 2010; Alvarado, 2011).

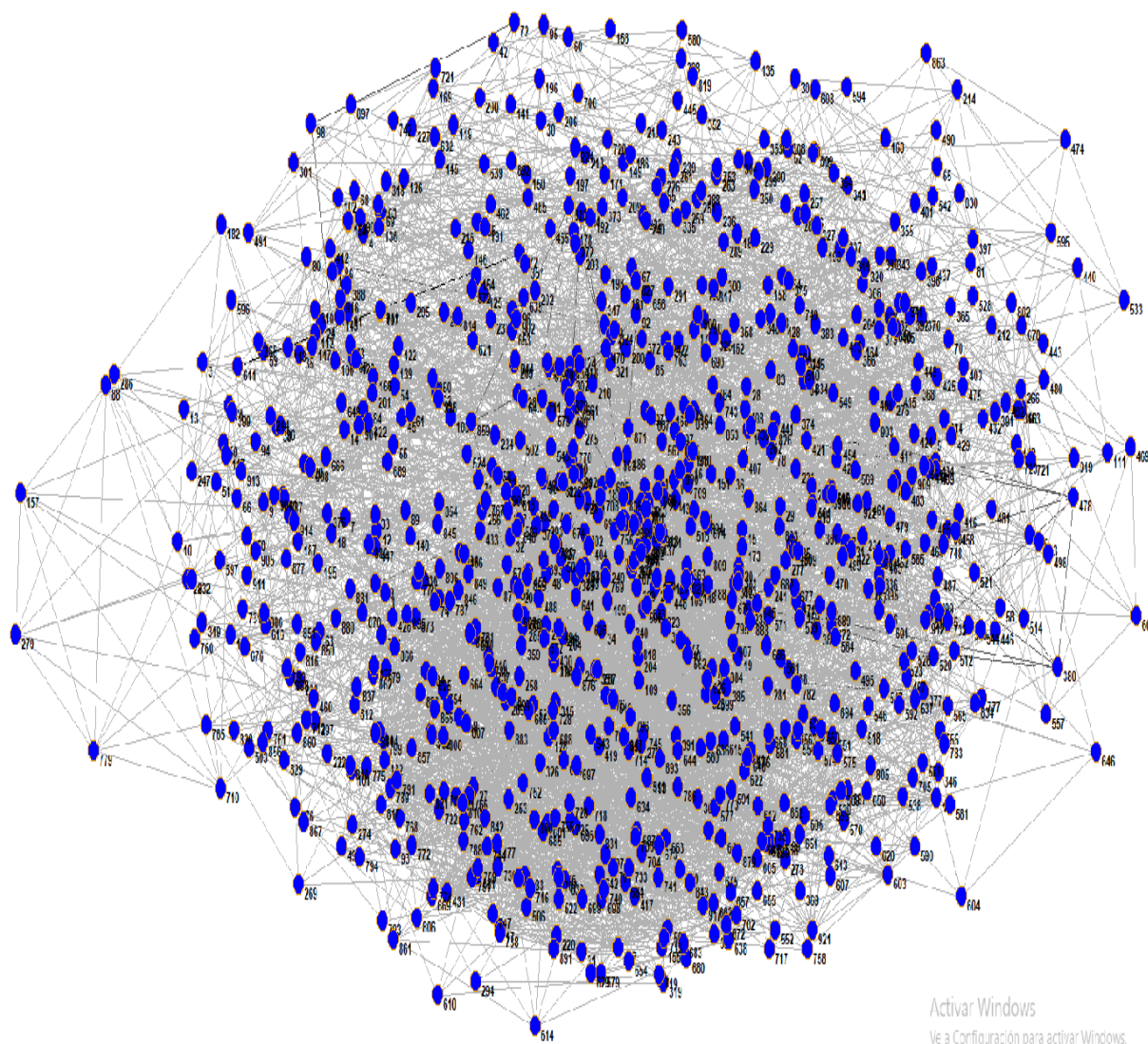
Tabla 6.20 Medidas de colaboración

Año	GD	CC	IC
2005	0,62	0,22	1,02
2006	0,65	0,23	1,20
2007	0,61	0,20	1,05
2008	0,63	0,22	1,02
2009	0,70	0,26	1,30
2010	0,71	0,28	1,36
2011	0,65	0,24	1,10
2012	0,73	0,29	1,39
2013	0,79	0,34	1,62
2014	0,78	0,34	1,57
2015	0,81	0,37	1,75
2016	0,83	0,38	1,84
2017	0,85	0,41	1,94
2018	0,88	0,43	2,29
2019	0,92	0,49	2,42
2005 - 2019	0,79	0,35	1,68

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Estos autores generan una red que se muestra en la figura 6.10. El 43,44% son autores transitorios que solo han publicado un único documento. El grado medio de esta red es 3,3104, lo que indica que de media un autor de la red colaboración entre 3 y 4 autores. La densidad de la red es 0,0005325 un valor común para grandes redes sociales.

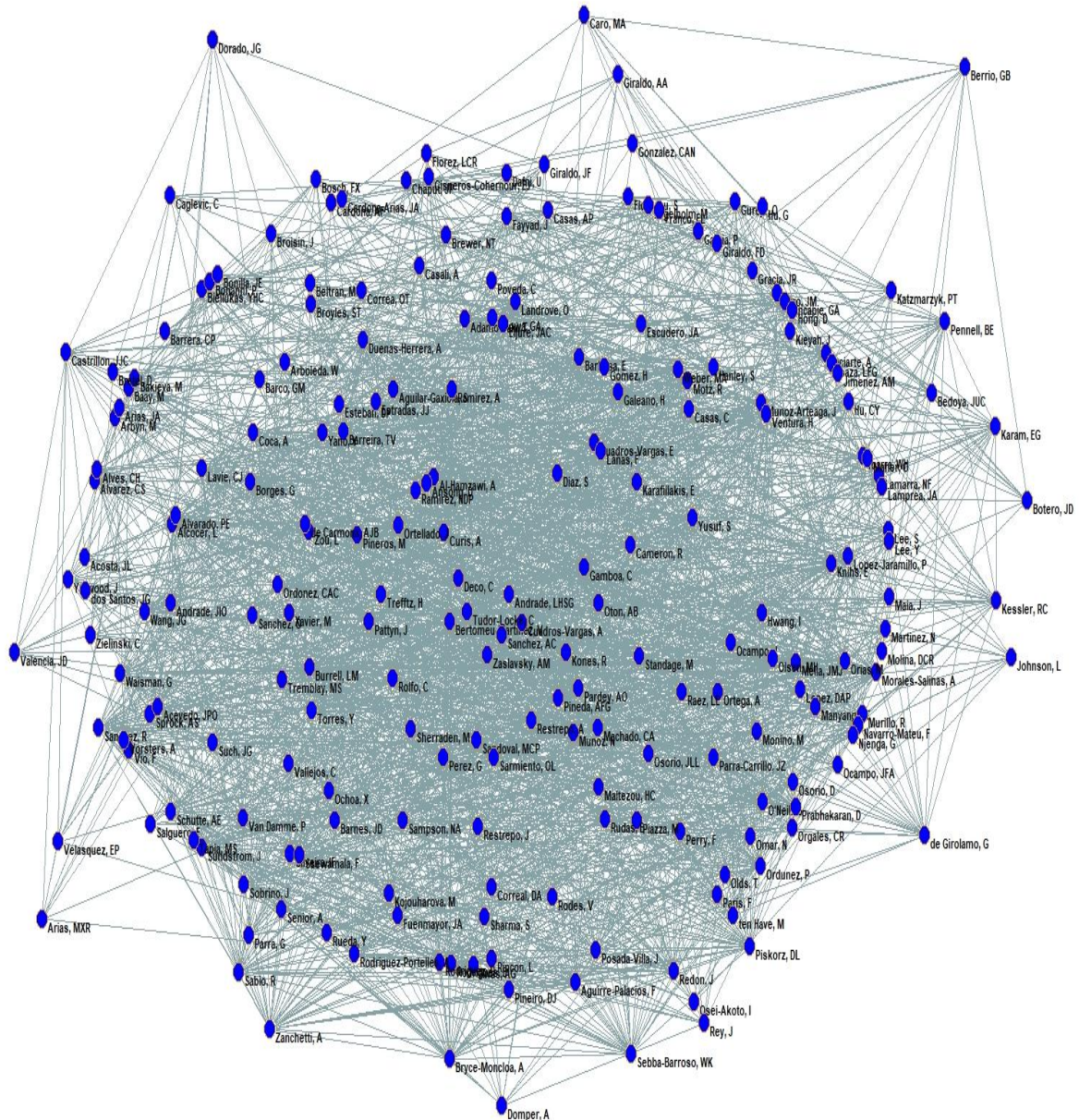
Figura 6.10 Red general de autores de Educación en Colombia (ESCI)



Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado una reducción en la red para visualizarla un poco mejor, de tal forma que se eligieron los autores con al menos 10 conexiones (Figura 6.11).

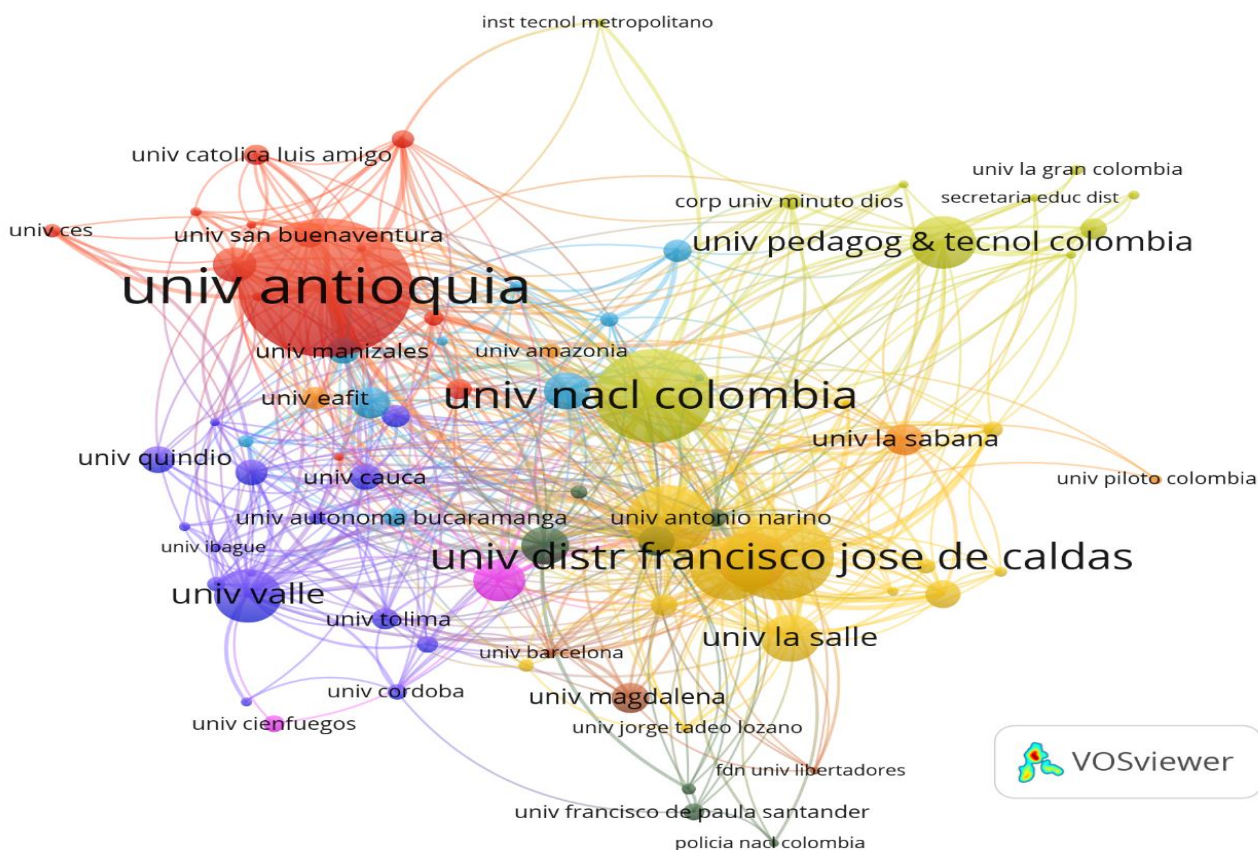
Figura 6.11 Red simplificada de colaboración entre autores ($n \geq 10$)



Fuente: Elaboración propia

Para observar con más detalle en la figura 6.13, se presenta el mapa de colaboración entre universidades e instituciones en la producción científica sobre Educación en Colombia con diez o más colaboraciones. El tamaño representa el número de documentos y el color el clúster.

Figura 6.13 Mapa de colaboración entre Instituciones ≥ 10

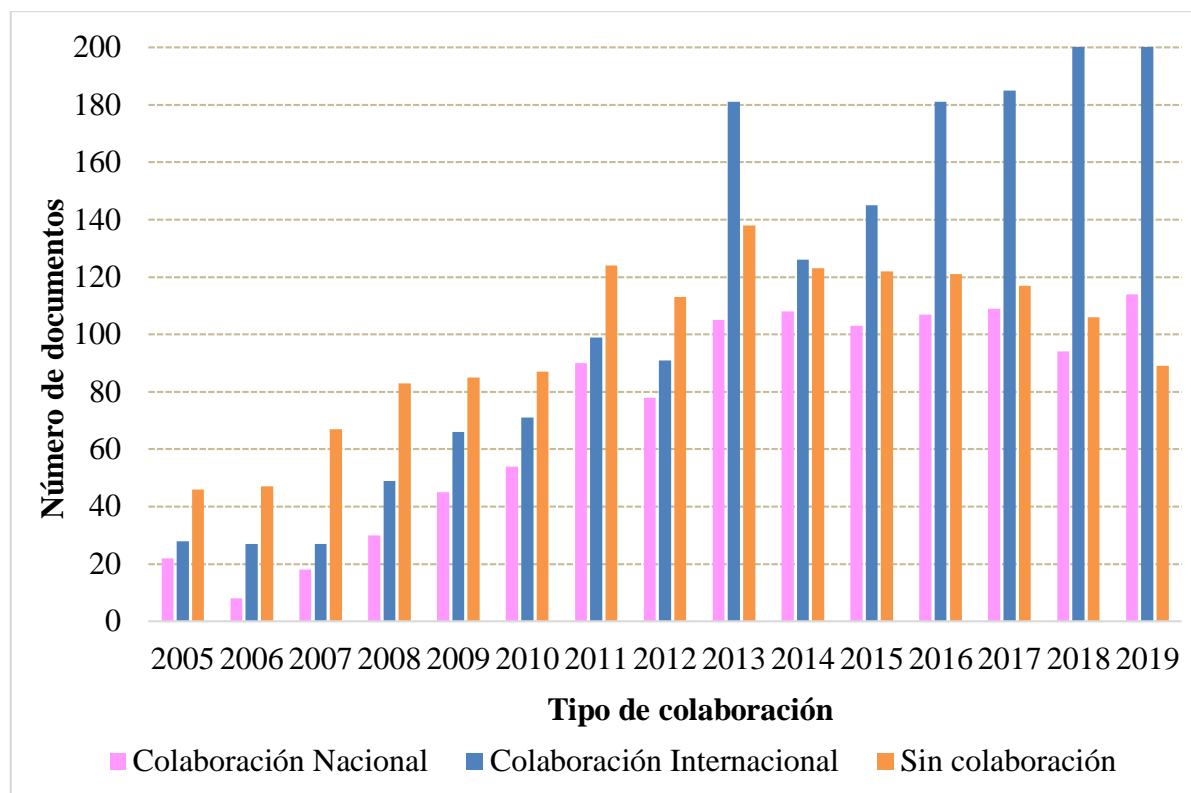


Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

El análisis del tipo de colaboración que se establece en los documentos revela el aumento de la colaboración institucional tanto a nivel internacional como nacional, ambos tipos superan a los documentos sin colaboración. Al inicio del periodo analizado en el año 2005 el 47,9% de la producción se realizaba sin colaboración externa a las propias instituciones. El año 2019 alcanza el 34,4% (Figura 6.14). El mayor porcentaje de colaboración se dio en el año 2019 con el 79,4%.

La media anual de documentos sin colaboración es del 38,7%, esta media es mucho mayor que la hallada en las publicaciones de Colombia en Ciencias Sociales en SciELO que es de 20,9 (Maz-Machado y Jiménez-Fanjul, 2018b).

Figura 6.14 Tipo de colaboración institucional



Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

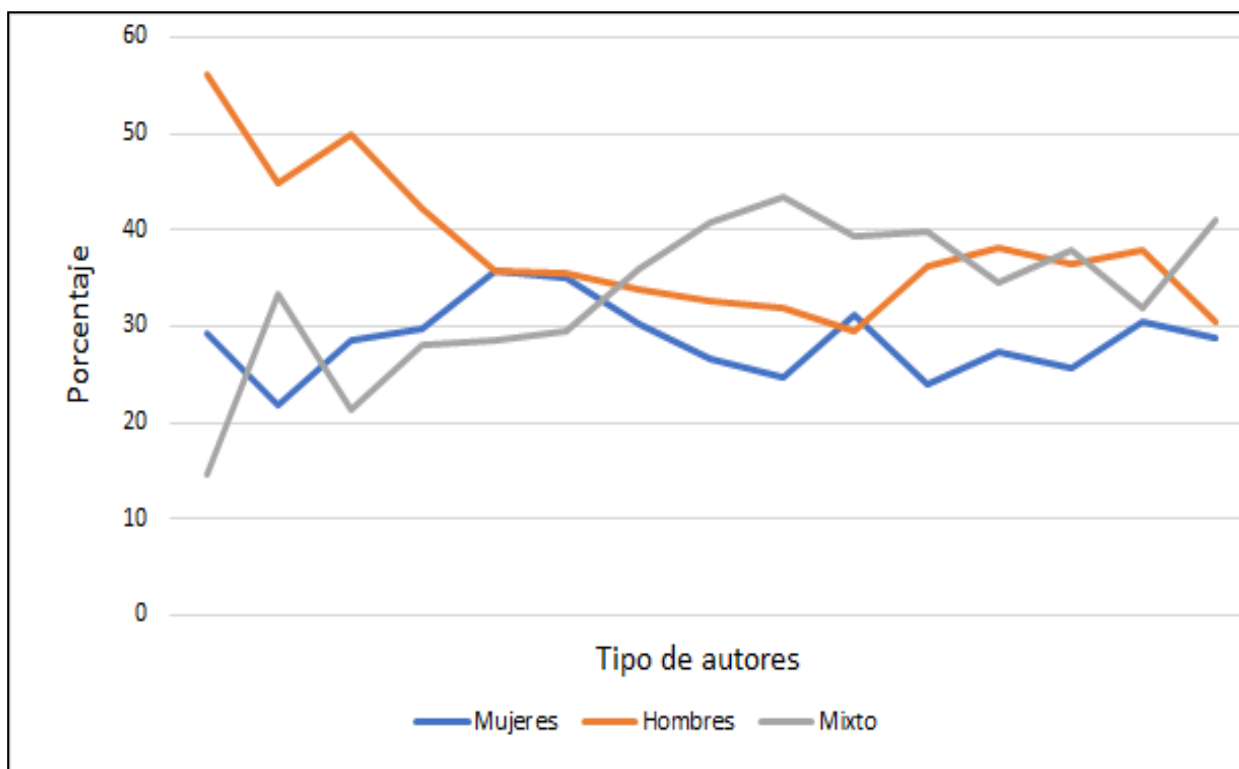
6.3 Producción educativa colombiana en ESCI según el género

Del total de documentos solo fue posible identificar el género de los autores de 3624 documentos. En este sentido, se evidencia un crecimiento de la producción científica en el campo de educación en Colombia. La tasa de variación, en un lapso de 15 años, es del 294%. En los últimos 6 años se ha publicado el 51,59% de toda la producción indexada en el ESCI.

El porcentaje de documentos publicados solo por hombres (35,84%) es similar a los de autoría mixta (35,76%), mientras que los publicados solo por mujeres alcanzan el 28,40%. Al inicio del periodo analizado, en el año 2005, los documentos firmados solamente por hombres (56,18%) casi duplicaban porcentualmente a los firmados solamente por mujeres (29,21%). La coautoría mixta alcanzaba tan solo el 14,61%.

Sin embargo, al final del periodo, aunque las mujeres mantienen unos porcentajes similares, las publicaciones con autores íntegramente masculinos han disminuido hasta valores cercanos a la mitad del 2005 (30,40%); además, la autoría mixta ha ido en aumento paulatinamente hasta convertirse en el tipo de autoría mayoritaria en Colombia en las publicaciones sobre educación presentes en el ESCI (Figura 6.15).

Figura 6.15 Producción según el género de autoría

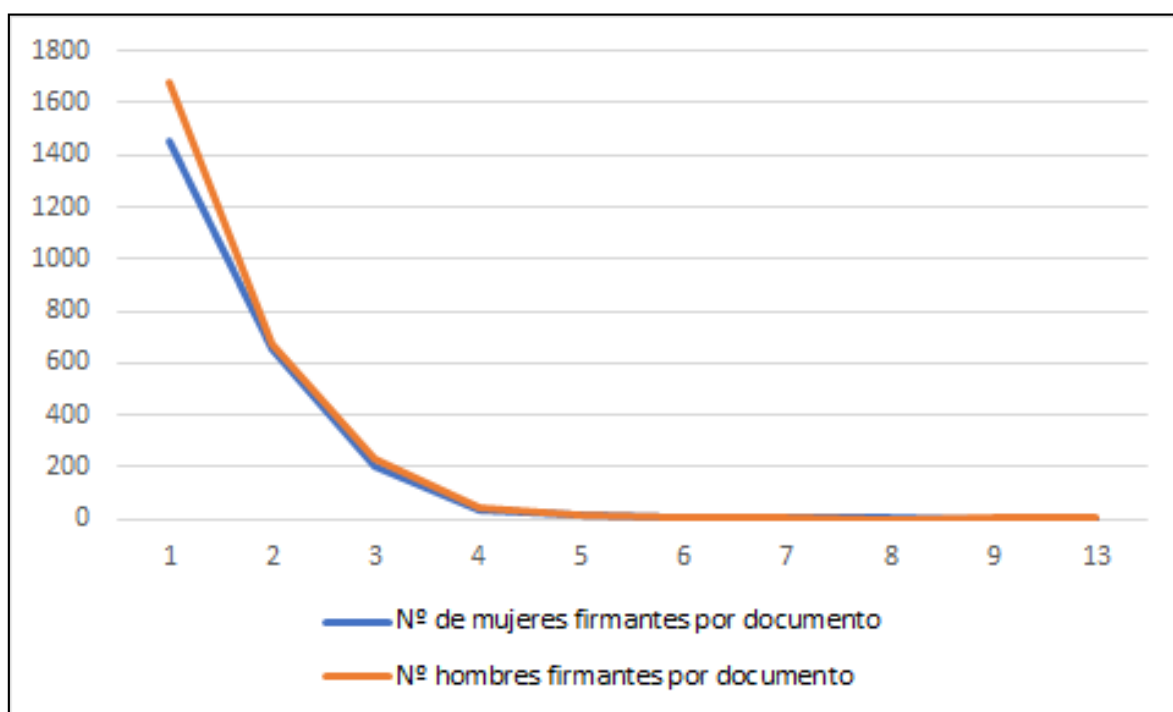


Fuente: Elaboración propia

Se identificaron un total de 7542 firmas en los documentos. Se logró identificar el género de los autores de 3301 documentos (86,14%), por lo que consideramos que es un valor alto que

permite generar una idea global de la participación de la mujer en estas publicaciones. En cuanto al número de autores que firman los manuscritos, la mayor frecuencia es de un solo autor (43,91% como hombres y 37,83% mujeres en autoría individual, respectivamente).

Figura 6.16 Número de mujeres firmantes de educación en el ESCI por artículo



Fuente: Elaboración propia

El máximo número de mujeres en un documento es de 8 mientras que el de hombres es de 13. En términos generales, en los documentos analizados se sigue un patrón similar de firmas (Figura 6.16).

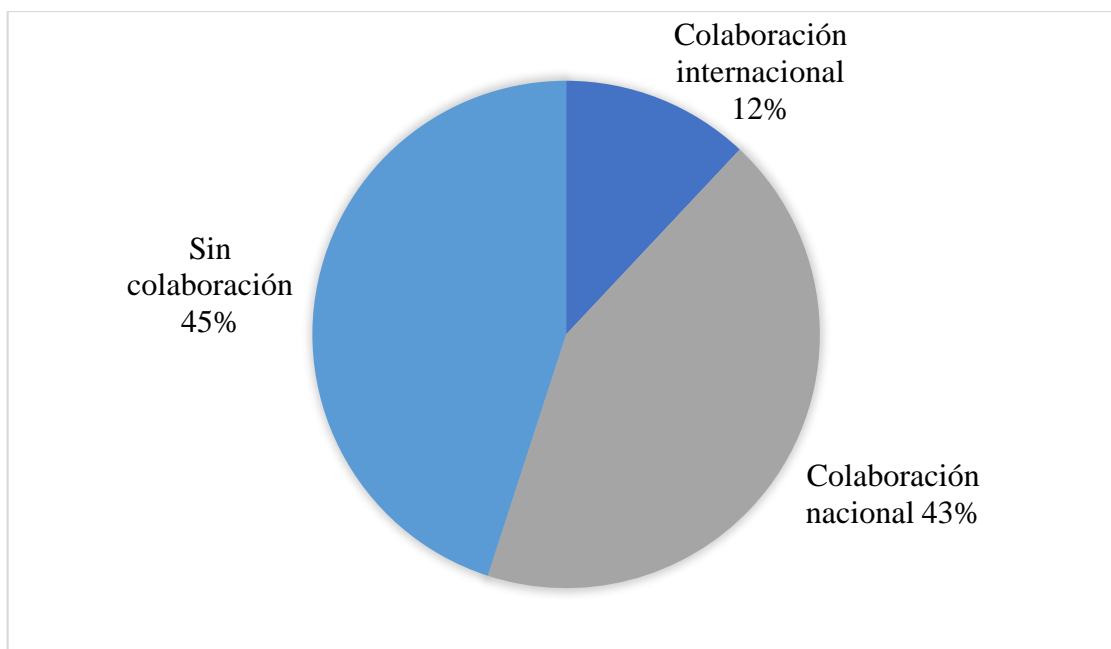
Tabla 6.21 Distribución del número de autores según el número de artículos por autor

N.º Autores	N.º documentos por autor	%	% acumulado
5316	1	87,72	87,72
486	2	8,02	95,74
144	3	2,38	98,12
43	4	0,71	98,83
28	5	0,46	99,29
19	6	0,31	99,60
6	7	0,10	99,70
3	8	0,05	99,75
5	9	0,08	99,83
2	10	0,03	99,87
1	11	0,02	99,88
3	12	0,05	99,93
2	13	0,03	99,96
2	16	0,03	100,00

Fuente: Elaboración propia

El 12% de los documentos no implicó ningún tipo de colaboración, mientras que la colaboración dentro de las fronteras nacionales alcanza el 43%. Asimismo, resulta llamativo el bajo porcentaje de colaboración internacional en la producción de educación (12%), mientras que aquellos documentos sin ninguna colaboración o con colaboración internacional tienen porcentajes muy cercanos (Figura 6.17).

Figura 6.17 Tipos de colaboración



Fuente: Elaboración propia

Analizando el tipo de colaboración según el género de los autores (Tabla 6.22), se observa que el 15,31% de los documentos fueron escritos sólo por mujeres sin ningún tipo de colaboración, mientras que los hombres lo hicieron en el 21,42% de los casos. En relación con la colaboración nacional, esta se dio en porcentajes muy similares (17,35% en mujeres y 18,0% en hombres). Tanto hombres y mujeres inician el periodo analizado con el mismo número de publicaciones en colaboración internacional (1), número que se antoja bajo. Si bien dicha producción ha aumentado de manera casi continua, estos valores siguen siendo bajos, aunque las mujeres casi duplican a los hombres en este tipo de colaboración (6,52% en mujeres y 3,44% en hombres) (Rodríguez-Faneca et al., 2021).

Tabla 6.22 Número de documentos según el género y el tipo de colaboración

Año	Sin colaboración		Colaboración Nacional		Colaboración Internacional		Total
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	
2005	12	29	14	20	1	1	77
2006	13	24	17	29	2	4	89
2007	21	32	11	17	4	4	89
2008	25	47	34	31	12	2	151
2009	32	61	50	22	6	3	174
2010	34	46	46	33	10	4	173
2011	42	54	48	41	20	7	212
2012	41	51	46	54	8	7	207
2013	48	58	100	116	23	16	361
2014	56	47	57	67	23	11	261
2015	37	62	51	45	23	13	231
2016	59	78	48	54	23	13	275
2017	53	80	45	62	30	10	280
2018	61	83	48	50	30	17	289
2019	53	69	50	49	35	20	276
Total	587	821	665	690	250	132	3145

Fuente: Elaboración propia

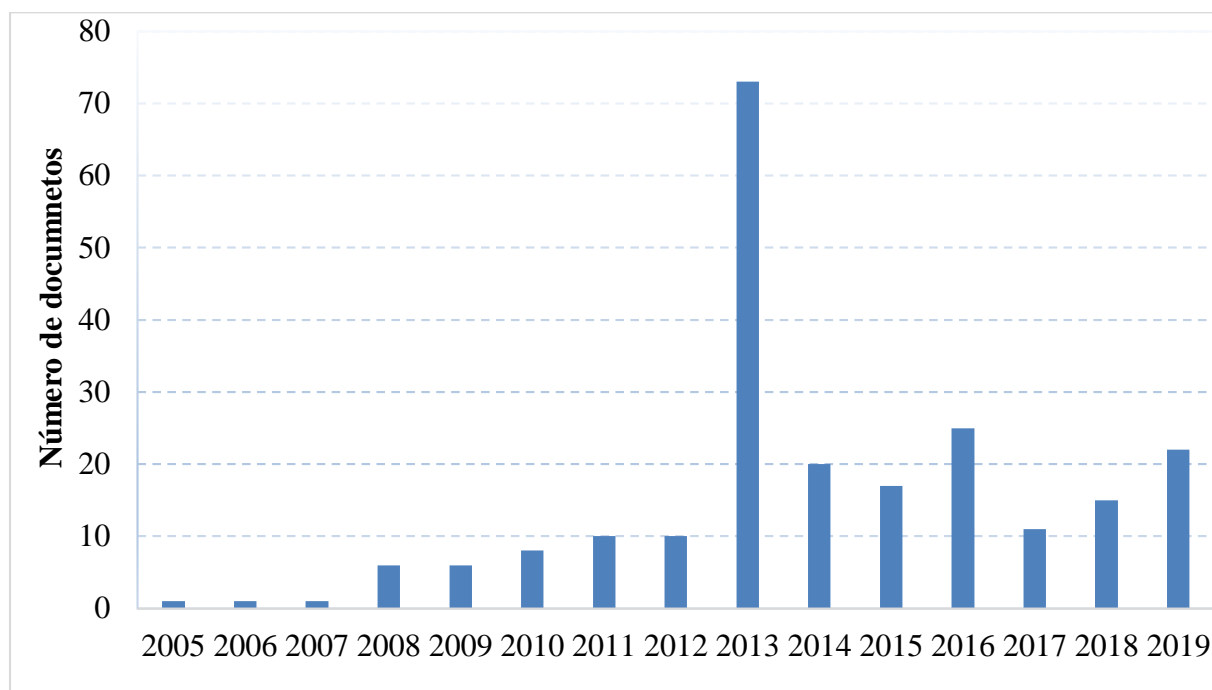
El grado de colaboración GC que se halló para las publicaciones donde firma al menos una mujer es de 0,1, mientras que el GC para aquellos donde hay por lo menos un hombre es de 0,37. Ambos valores son bajos y muestran escasa colaboración si se filtra por género. En cambio, si no se distingue por género, el GD para el periodo es del 0,46, que sigue resultando bajo.

A propósito de la lengua de publicación, el análisis reveló que tanto los documentos publicados solo por hombres o solo mujeres se encuentran escritos en español, el 81,6% y el 71,2%, respectivamente. Sin embargo, las mujeres publican más en inglés que los hombres, con un 27,4% (respecto al 16,8% de publicaciones masculinas en inglés). De manera global, la mayoría de los documentos en el ESCI que han sido analizados se encuentran publicados en español (un 78,3% frente al 20,4% de documentos que se encuentran en inglés). Estos porcentajes son inferiores que los hallados para las publicaciones colombianas sobre educación matemática en el ESCI, donde el 92,6% se encontraban publicados en español y el 6,1% se encontraba publicado en inglés (Muñoz-Ñungo, et al., 2020).

6.4 La investigación de Colombia sobre Educación Matemática en ESCI

Se realizó una búsqueda filtrando por Colombia en dirección y *mathematics education* en tema. Se optó por no hacer la búsqueda “matemáticas educación” porque no siempre se indica como descriptor *mathematics education* o se escribe en el título y por tanto se dejarían de lado documentos que si tratan la educación matemática

De los 229 registros hallados, 227 son artículos, un review y un material editorial. La producción inicia en el año 2005, que es cuando se empiezan a indexar documentos en SSCI. El máximo volumen de la producción se dio en el año 2013 con 73 documentos (Figura 6.21). En los 3 primeros años la producción fue testimonial. El aumento de la producción no ha sido constante, pero sí continuo con altibajos. En general se ha tenido una alta tasa de variación entre el primer año y el último.

Figura 6.18 Producción diacrónica

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

En cuanto al idioma en que se ha publicado la producción colombiana en EMA, prácticamente toda (92,6) ha sido en español, solo 17 documentos en otro idioma (Tabla 6.23).

Tabla 6.23 Idioma de publicación

Idioma	Total docs	%
Español	212	92,6
Ingles	14	6,1
Portugués	3	0,4
Total	229	100,0

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Los resultados sobre el idioma están ligados a las revistas en que se han publicado estos documentos. En total 45 revistas han publicado alguno de los documentos sobre EMA

firmados por investigadores colombianos. La *Revista Científica* es la que ha publicado el mayor número de ellos alcanzando un 35% del total (Tabla 6.24). Esta revista es editada por la universidad Francisco José de Caldas, lo que explica la posición que esta universidad ocupa como productora de investigación EMA. El 82% de la producción se realiza en revistas de Colombia.

Tabla 6.24 Revistas que han publicado 3 o más documentos de EMA de Colombia

Título	N.º	% de 229
Revista Científica	82	35,808
Entre Ciencia e Ingeniería	10	4,367
Revista virtual Universidad Católica del Norte	9	3,930
Logos Ciencia Tecnología	8	3,493
Revista Educación en ingeniería	8	3,493
Uni Pluriversidad	7	3,057
Amazonia Investiga	5	2,183
Infancias Imágenes	5	2,183
Góndola Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias	4	1,747
Academia y Virtualidad	3	1,310
Hombre y la Máquina	3	1,310
Magis Revista Internacional de Investigación en Educación	3	1,310
Praxis Colombia	3	1,310
Praxis Saber	3	1,310
Profesorado Revista de Currículum y Formación de Profesorado	3	1,310
Revista Universidad y Sociedad	3	1,310
Sophia Educación	3	1,310

Título	N.º	% de 229
Zona Próxima	3	1,310

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la autoría, se encontró que 467 autores diferentes han firmado alguno de los documentos. El promedio de firmas es de 2,8 por documentos. El valor del Grado de Colaboración (GC) es igual a 0,89 un valor alto y acorde con el promedio de firmas. Este grado de colaboración es mayor que el determinado para la producción en Educación Matemática publicada en las revistas del área indexadas en SSCI, donde era de $GC = 0,61$ (Jiménez-Fanjul, Maz-Machado, y Bracho-López, 2013).

El autor más productivo es Pedro Gómez con 7 documentos, En la tabla 6.25 se indican los autores con mayor producción. Estos 11 autores producen el 17,5% del total de los documentos de EMA en Colombia en ESCI.

Tabla 6.25 Autores con 3 o más publicaciones

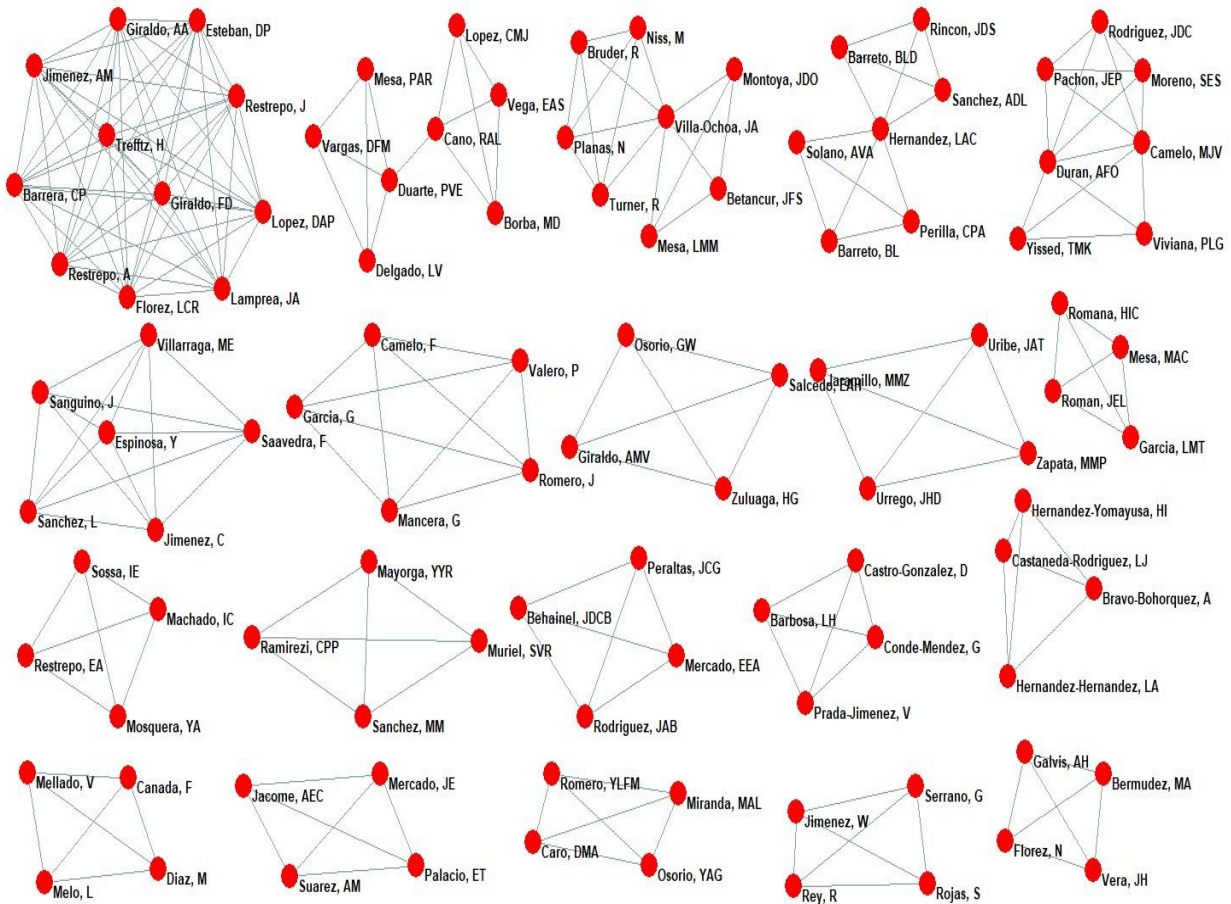
Autor	N.º	% de 229
Gómez, P.	7	3,1
Villa-Ochoa, J. A.	5	2,2
Ortega, M. V.	4	1,7
Vargas, J. L. A.	3	1,3
Cano, D. A. L.	3	1,3
Espinoza, A. J	3	1,3
Hernández, J. D. M	3	1,3
Mosquera, Y. A	3	1,3
Quiceno, D. U. J.	3	1,3
Suarez, C. A. H.	3	1,3
Zuluaga, H. G.	3	1,3

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Estos autores crean una serie de relaciones entre pares nacionales y extranjeros que se manifiestan a través de lo que se denominan redes de colaboración académica y que podemos visualizar en la figura 6.22 en las redes de mayor tamaño. Se observa que no hay redes demasiados grandes o que se interconecten. En algunos casos se identifican ciertos autores que ejercen de vínculo de enlace entre pequeñas subredes, como por ejemplo Villa-Ochoa JA, Duarte PVE, Hernández LAC y Cano RAL. Es decir, son los intermediadores de sus redes.

Un total de 108 instituciones de tipo universitario han participado en las publicaciones. Las instituciones que han producido el mayor número de documentos son la Universidad Francisco José de Caldas en Bogotá y la Universidad de Antioquía en Medellín (Tabla 6.26). Estas once universidades producen el 56,3% de todas las publicaciones en EMA.

Figura 6.19 Redes de colaboración en autoría para más de 2 vínculos



Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Tabla 6.26 Universidades con 4 o más documentos firmados por sus investigadores

Universidad	Frecuencia	% de 229
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	44	19,2
Universidad de Antioquía	32	14,0
Universidad de Quindío	10	4,4
Universidad del Valle	6	2,6
Universidad Pedagógica Nacional	6	2,6
Universidad Católica Pereira	6	2,6
Universidad de los Andes	6	2,6
Universidad Industrial de Santander	6	2,6
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	5	2,2
Universidad del Atlántico	4	1,7
Universidad Antonio Nariño	4	1,7

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

Las instituciones generan también generan redes de colaboración de carácter interinstitucional. En ella se aprecian las relaciones con universidades extranjeras.). En la figura 6.23 se presenta la red, se han excluido los nodos individuales, es decir aquellas instituciones en las que sus publicaciones no participan investigadores de otras. La Universidad de Antioquia es la que tiene mayor número de vínculos con otras universidades, seguida de la universidad Antonio Nariño y la Universidad Francisco José de Caldas.

Es llamativo que algunas universidades no tengan colaboración con otras universidades colombianas que funcionan en las mismas ciudades y en cambio sus colaboraciones sean con universidades extranjeras.

Todos estos documentos dieron origen a 1245 descriptores. Para este estudio, hemos seleccionado todos aquellos que contenían el termino Math* y de esta manera se obtuvieron

102 descriptores. De estos los más utilizados son School Mathematics y Other Notions of Mathematics Education con el 10,5% y 10% respectivamente. Los descriptores presentados en la Tabla 6.27 están presentes en la mitad de todos los documentos publicados (50,2%).

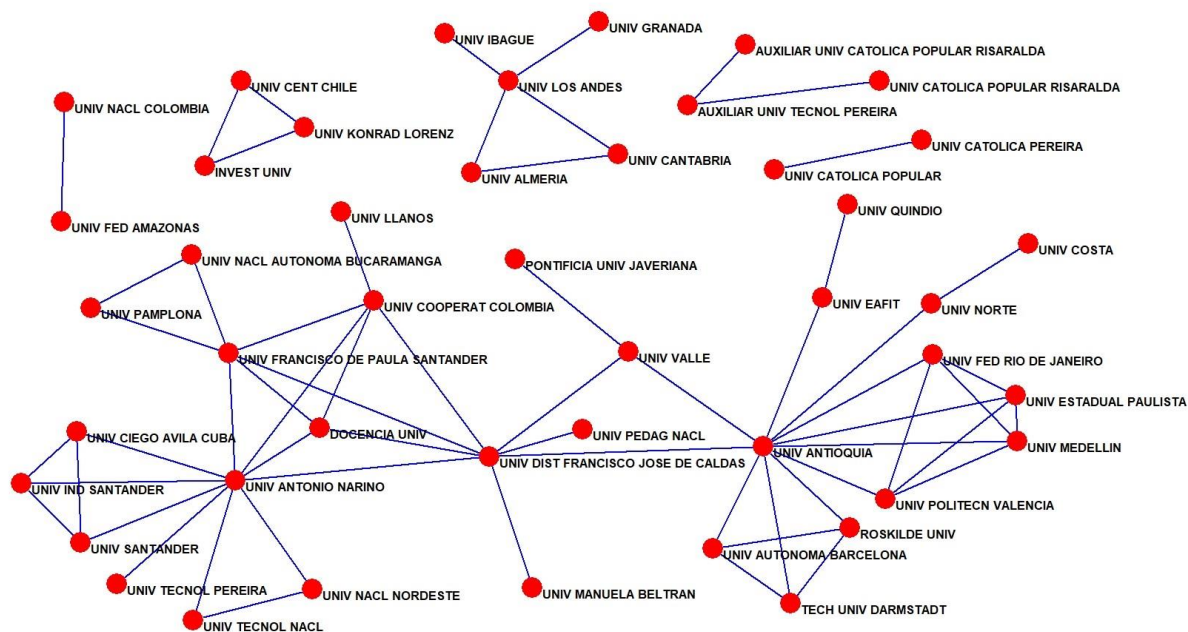
Tabla 6.27 Descriptores que incluyen Math* >3

Descriptor	Frecuencia	% de 129
School Mathematics	24	10,5
Other Notions of Mathematics Education	23	10,0
Mathematics Education	19	8,3
Mathematics	16	7,0
Research and Innovation in Mathematics Education	8	3,5
Mathematical Education	5	2,2
Mathematical Modeling	4	1,7
Mathematical Thinking	4	1,7
Mathematical Processes	4	1,7
Critical Mathematics Education	4	1,7
Ethnomathematics	4	1,7

Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

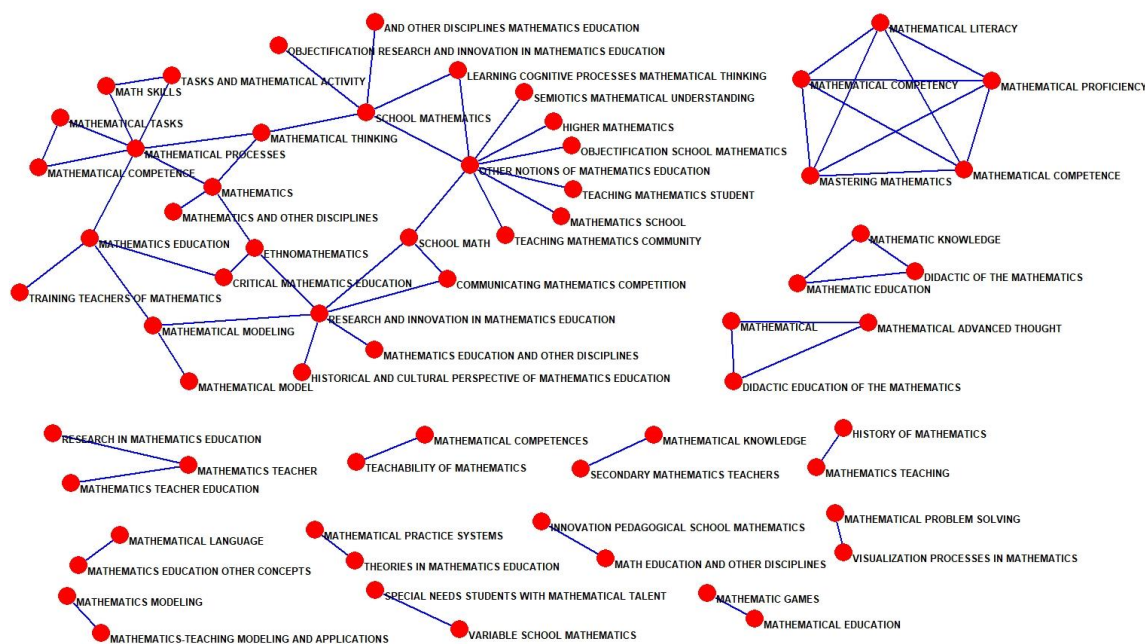
La forma en que estos descriptores se presentan en co-aparición (co-words) con otros en los documentos podemos visualizarla mediante una red (Figura 6.24). Se observa como los tres descriptores más utilizados se conectan en la mayor de las redes.

Figura 6.20 Red de Colaboración interinstitucional en la coautoría en EMA en ESCI



Fuente: Elaboración propia

Figura 6.21 Red de coaparición de descriptores

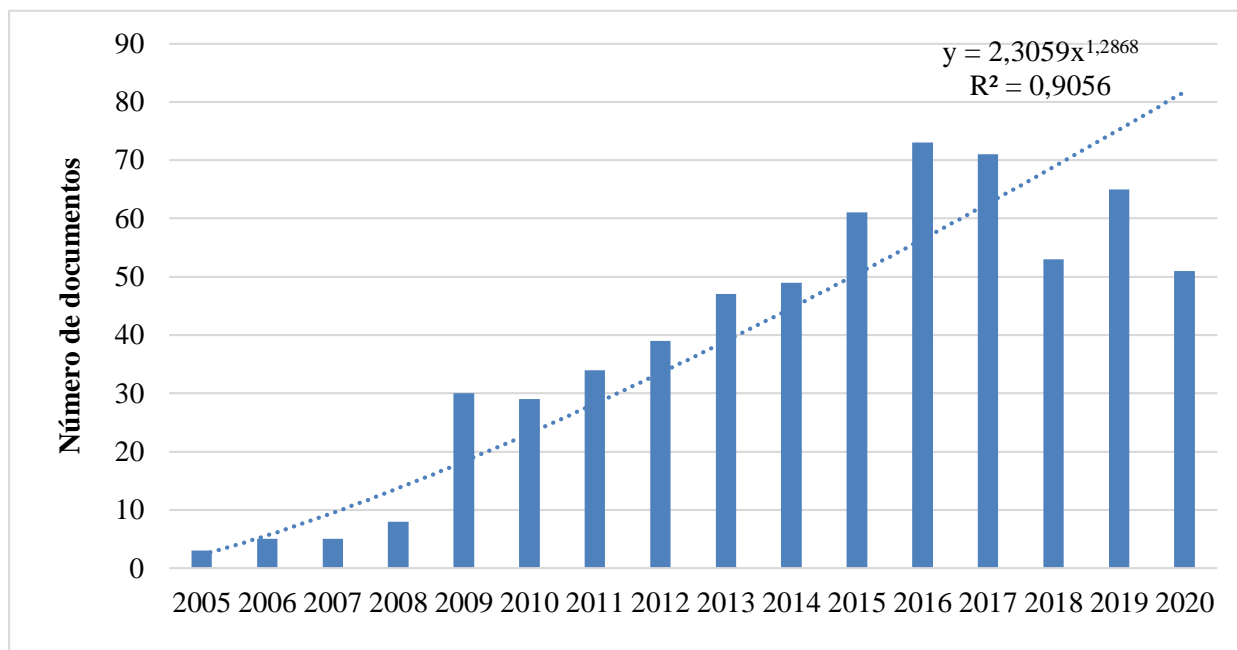


Fuente: Muñoz-Ñungo et al. (2020)

6.5 Producción científica sobre e-learning en Colombia Emerging Sources Citation Index (ESCI)

En el periodo estudiado, desde el año 2005 hasta el 2020, se halló que la producción científica en educación relacionada con el e-learning realizada en Colombia y publicada en las revistas indexadas en ESCI fueron 623 documentos. El análisis diacrónico, revela que se ha producido un incremento paulatino, si bien este aumento no ha sido continuo, tuvo como punto mínimo el año 2005 (inicio) y alcanzando del pico máximo de producción en el año 2016 (Figura 6.25). En general se ha pasado de publicar 3 documentos hasta alcanzar los 51 en el periodo 2005 a 2020. Se observa que en los últimos cinco años se ha producido más de la mitad de todas las publicaciones en educación en Colombia (50,24%).

Figura 6.22 Evolución diacrónica de la producción científica en e-learning en Colombia en ESCI.



Fuente: Muñoz – Ñungo et al. (2020)

El patrón de producción general denota que el mejor ajuste a un modelo determinista es el de un crecimiento de tipo potencial ($R^2 = 0,9056$), con ciclos de aumento y decrecimiento leves. Esto ha hecho que haya diversas tasas de variación interanuales (TVI), el mayor valor de la $TVI = 275$ se dio en el año 2009 y la menor $TVI = -25,35$ en el 2018.

En cuanto a las citas recibidas por los documentos en todas las bases de datos de WoS, se observa que el 69,18% de los documentos no ha recibido ninguna cita. Este valor es muy alto si se tiene en cuenta que en WoS se incluye el SciELO Citation Index en el que están representadas las principales revistas de Latinoamérica sería esperable que, por lo menos, allí se citarían las publicaciones colombianas sobre e-learning. El 14,29 de los documentos ha recibido una sola cita. Los artículos que han recibido más de 10 citas no alcanzan a representar tan siquiera el 1%.

Se halló que la producción es publicada de forma mayoritaria en español (80,9%),

seguida a distancia por el inglés (18,78%) (Tabla 6.28). Aunque hay documentos publicados en otros idiomas, estos son casi anecdóticos.

Tabla 6.28 Idioma de publicación

Idiomas	N.º documentos	%
Español	504	80,90
Inglés	117	18,78
Otros	2	0,32
Total	623	

Fuente: Muñoz – Ñungo et al. (2020)

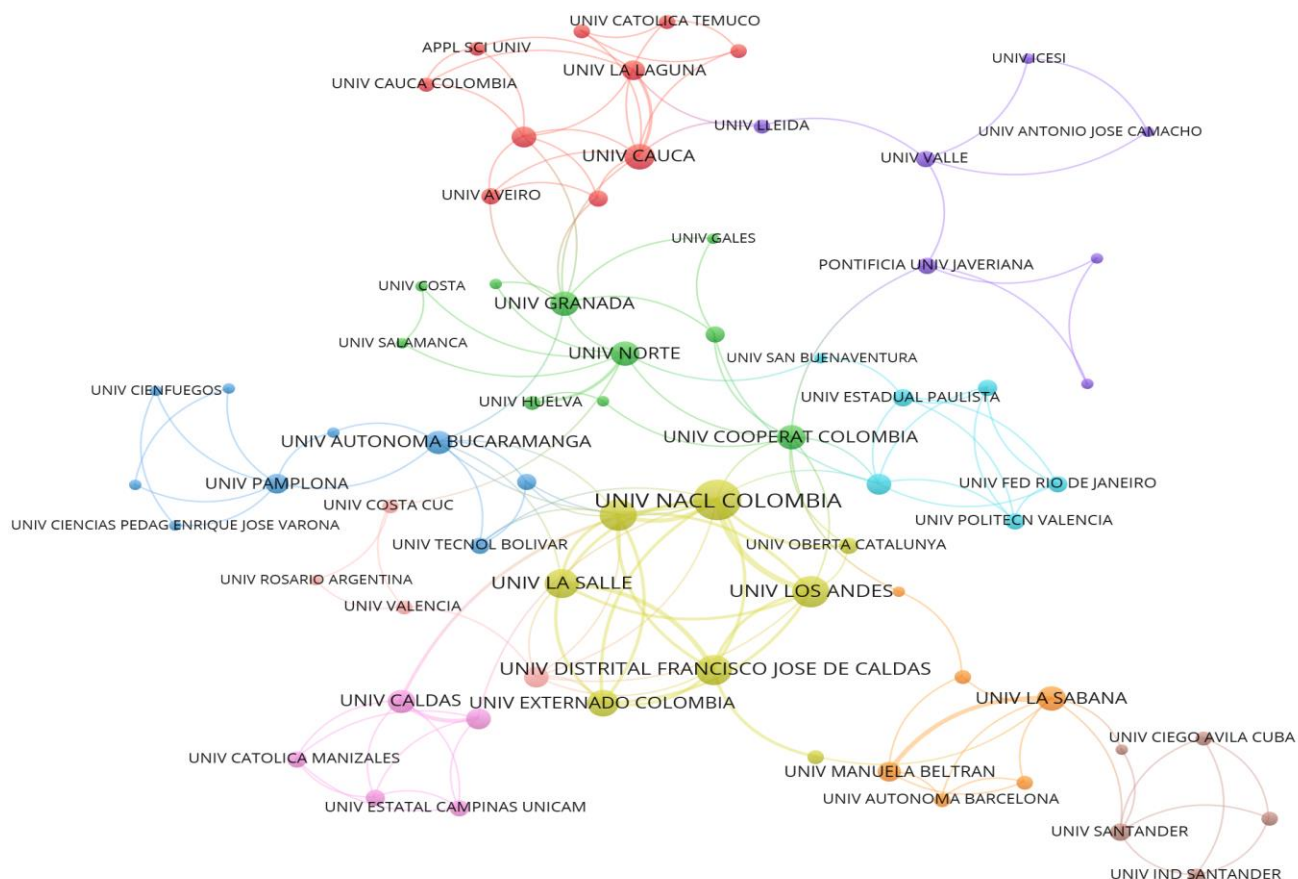
En la producción colombiana han participado investigadores de 180 instituciones universitarias nacionales y extranjeras. Autores de 14 universidades han publicado más de 7 documentos (Tabla 6.29) y suman el 28,1% del total. La Universidad extranjera que más ha colaborado con las colombianas en esta temática es la Universidad de Granada con 6 documentos.

Tabla 6.29 Universidades con mayor producción (n>6)

#	Universidad	N.º	%
1	Univ Norte	24	3,9
2	Univ la Sabana	22	3,5
3	Univ Distrital Francisco José de Caldas	21	3,4
4	Univ Nacl Colombia	17	2,7
5	Univ Antioquia	14	2,2
6	Corp Univ Minuto De Dios	13	2,1
7	Univ Cooperat Colombia	11	1,8
8	Univ Amazonia	9	1,4
8	Univ los Andes	8	1,3
10	Univ Cauca	8	1,3
10	Univ Pedag & Tecnol Colombia	7	1,1
10	Univ Magdalena	7	1,1
10	Pontificia Univ Javeriana	7	1,1
10	Univ Ind Santander	7	1,1

Fuente: Elaboración propia

En total la mayor colaboración con instituciones extranjeras es con las universidades españolas, hay colaboración con 16 de ellas. De forma global prevalece la colaboración entre universidades colombianas y en la mayoría con las cercanas regionalmente (Bogotá, Medellín, la costa atlántica, etc.) (Fig. 6.23).

Figura 6.23 Red de colaboración entre instituciones universitarias

Fuente: Elaboración propia

El promedio de firmas es de 2,83 por documentos. El Grado de Colaboración (GC) en el intervalo 2005-2020 es igual a 0,68 un valor mediano (Tabla 6.30). Este grado de colaboración es mayor que es similar al determinado para la producción en Educación Matemática publicada en las revistas del área indexadas en SSCI, donde era de $GC = 0,61$ (Jiménez-Fanjul et al., 2013).

Se observa como el GC ha aumentado llegando a doblar el valor inicial del 2005. En el año 2018 se halló el valor mínimo para la colaboración.

Tabla 6.30 Grado de colaboración

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2005-2020
GC	0,33	0,40	0,40	0,38	0,63	0,72	0,44	0,56	0,66	0,69	0,72	0,79	0,85	0,85	0,83	0,86	0,68

Fuente: Elaboración propia

Los datos revelan que los más del 50% de los documentos han sido firmados por uno o dos autores (Tabla 6.31) y solamente el 10,6% han sido tenidos más de 3 autores. El mayor número de firmantes en un artículo es 8.

Tabla 6.31 Número de autores por artículo

Número de autores	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	171	27,4	27,4	27,4
2	178	28,6	28,6	56,0
3	208	33,4	33,4	89,4
4	36	5,8	5,8	95,2
5	19	3,0	3,0	98,2
6	7	1,1	1,1	99,4
7	2	0,3	0,3	99,7
8	2	0,3	0,3	100,0
Total	623	100,0	100,0	

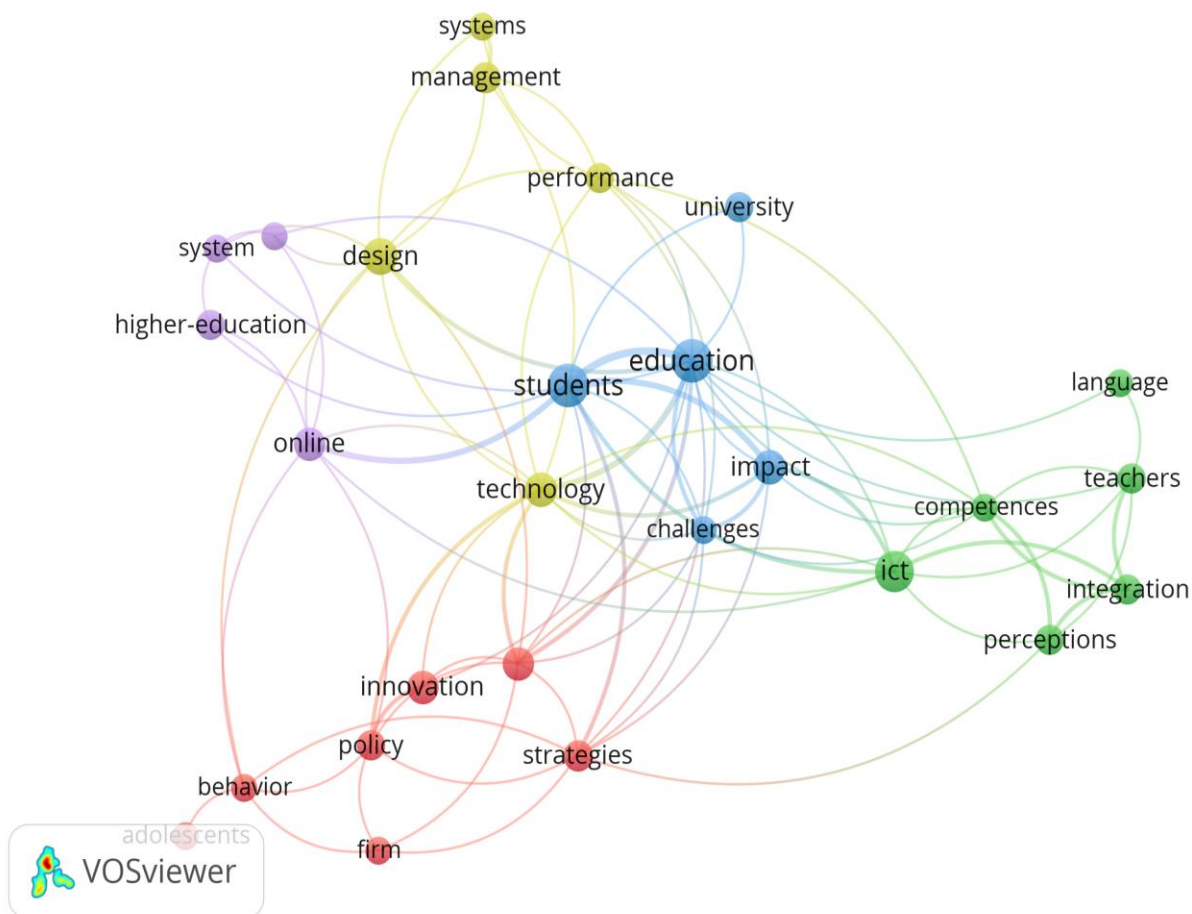
Fuente: Elaboración propia

En WoS los documentos hallados tienen asignados keywords plus (KP) desde el año 2010. Utilizando VOSviewer se graficó la red de co-aparición de estas palabras clave (Figura 6.27). Estos se agrupan en 5 clúster:

- Clúster 1 (Modelos y estrategias): adolescents, behavior, firm, innovation, model, policy, strategies.
- Clúster 2 (Competencias y enseñanza): competences, ict, integration, language, perceptions teachers.
- Clúster 3 (Educación y Universidad): Challenges, education, impact, students, university.
- Clúster 4 (gestión y tecnología): design, management, performance, systems, technology.
- Clúster 5 (entornos educativos): environments, higher-education, online, system.

Llama la atención que en la red no se hallen co-apariciones de los términos <competence> o <teachers> con <University> o <Higher education>, cuando es sabido que hay una estrecha relación entre el profesorado y la educación superior. Asimismo, en la universidad se promueven y fomentan el desarrollo de diferentes competencias tanto sociales como científicas y que mediante e-learning se pueden reforzar.

Figura 6.24 Red de co-aparición de palabras clave.



Fuente: Elaboración propia

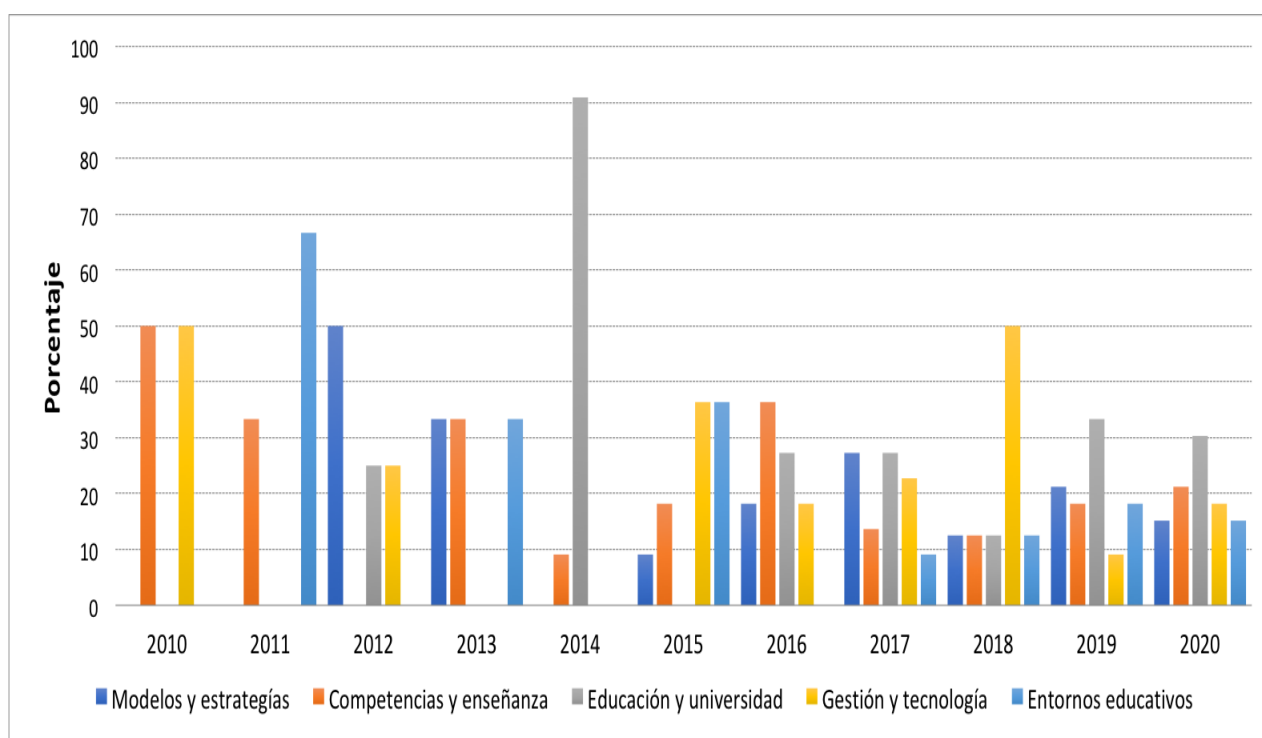
Al analizar los documentos publicados en cada clúster desde un punto de vista temporal, se observa que no hay una continuidad en las temáticas, así por ejemplo *Gestión y tecnología* aparece en el 2010 pero no en 2011, 2013 o 2014, mientras que *Educación y universidad* no aparece en 2010 y 2011. Sin embargo, los temas asociados a *Competencias y enseñanza* si aparecen en todos los 10 últimos años (Figura 6.25). Es llamativo que en el año 2014 el 90% de los documentos corresponde a *Educación y universidad*.

Considerando solamente el número de apariciones de cada descriptor KP, el más utilizado es ICT, seguido de *e-learning* y *education* (Tabla 6.32). Es llamativo la poca presencia del descriptor Software ente los KP.

Tabla 6.32 Frecuencia de los Keywords Plus más utilizados

Descriptor	N.º	Descriptor	N.º
ICT	152	Virtual Learning	12
E-Learning	54	Collaborative Learning	12
Education	46	Innovation	12
Learning	36	Evaluation	10
Teaching	26	Motivation	10
Virtual Education	26	University	9
Information and Communication Technologies	21	Educational Innovation	9
Technology	20	Meaningful Learning	9
Teacher Training	17	Blended Learning	9
Higher Education	16	Knowledge Management	9
Internet	14	B-Learning	9
Information and Communication Technologies (ICT)	14	Assessment	8
Virtual Learning Environments	14	Online Learning	8
Mooc	13	Moodle	8
Communication	13	Distance Education	8
Educational Technology	13	Knowledge	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 6.25 Evolución de la presencia de las temáticas por clúster

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 7.

Conclusiones

La búsqueda, descarga y el análisis de la producción científica que sobre el área de Educación se ha desarrollado y publicado que se halla indexada en la base de datos ESCI, ha permitido tener una comprensión global sobre ella. Además, se han podido identificar patrones de producción y de colaboración. A continuación, se presentan las conclusiones más importantes que se han obtenido.

7.1 Grado de consecución de los objetivos

El objetivo general de esta investigación es analizar la producción en Educación realizada en Colombia a través de un estudio cuantitativo de las publicaciones indexadas en la base de datos *Emerging Sources Citation Index* (ESCI) de WoS. ESCI.

Para lograr este objetivo principal nos planteamos una serie de objetivos secundarios que pormenorizaremos a continuación.

O1. Conocer el desarrollo diacrónico de la producción científica colombiana sobre educación en ESCI.

Consideramos que este objetivo se ha cumplido ampliamente, pues como se mostró en el apartado 6.1.1 y 6.1.2 es posible observar tal desarrollo.

O2. Identificar cuáles son las instituciones que promueven este tipo de investigación.

Este objetivo se alcanzó, en el apartado 6.1.6 se identificaron las universidades más productivas y se listaron las primeras 53 (Tabla 6.7). Se puso en evidencia que las universidades públicas de Colombia son las que lideran la investigación y la producción científica relacionada con la Educación y que se indexa en ESCI.

O3. Describir e identificar las distintas relaciones de redes de conocimiento que se generan.

En los apartados 6.19 se identifican los descriptores presentes en los artículos y la manera como se relacionan. También se identificaron las redes de coautoría y de colaboración institucional (apartado 6.2.3 y 6.2.4) por lo que podemos afirmar que este

objetivo ha sido alcanzado.

O4. Visualizar las redes de colaboración, nacional, internacional tanto a nivel de autoría como institucional.

En las figuras 6.10 y 6.11 se han visualizado las redes generadas por los descriptores. Las figuras 6.15 y 6.16 presenta la red generada por la colaboración entre los autores, así mismo mediante la figura 6.17 se presenta la red de colaboración entre instituciones universitarias tanto nacionales como internacionales.

O5. Identificar patrones de citación y colaboración.

Este objetivo se ha alcanzado a través del apartado 6.2.4, se han calculado los tres índices de colaboración, Grado de Colaboración, Coeficiente de colaboración y el Índice de colaboración tanto para todo el periodo analizado como para cada año (Tabla 6.20). Se identificaron los distintos tipos de colaboración (nacional e internacional) permitiendo observar que la colaboración internación es la que prima en los últimos años (Figura 6.17). En relación con la citación, a través del apartado 6.1.4 se pudo determinar la poca citación de esta producción, las citas no alcanzan siquiera al 20% de total de documentos.

O6. Establecer valores para los indicadores de la dimensión cuantitativa de la producción científica sobre la temática.

A lo largo de todo el capítulo 6 se han establecido los valores cuantitativos para la producción científica tanto en términos de producción, colaboración y además en el apartado 6.3 se establecieron valores según el género de los autores.

O7. Identificar las temáticas abordadas.

Este objetivo se ha alcanzado como se ha mostrado en los apartados 6.1.9 para la producción global y 6.5 en relación con las TICs. y Educación.

7.2 Grado de consecución de las hipótesis

Discutimos aquí el grado de verificación de las hipótesis planteadas en esta investigación (apartado 5.2).

H1. Los artículos de investigación en Educación publicados en revistas indexadas en ESCI y con firmantes vinculados a instituciones de Colombia en el periodo de estudio verifican las principales leyes cuantitativas: Lotka y Bradford.

Se ha refutado la hipótesis en relación con la ley de Lotka porque la producción colombiana analizada no cumple la ley de Lotka. En cuanto a la ley de Bradford para las revistas los datos de la muestra buen ajuste en su verificación.

H2. La colaboración entre autores en esta producción científica es de carácter local o nacional.

Se ha rechazado esta hipótesis como se muestra en el apartado 2.4. En valores absolutos es mayor la colaboración nacional representa el 25,4% respecto a la colaboración internacional que alcanza el 40,2%.

H3. El núcleo de revistas en las que se difunde la investigación de Colombia en Educación es mayoritariamente nacional.

Esta hipótesis se ha confirmado, tal como se observa en la tabla 6.18 las 11 revistas que conforman el núcleo Bradford son editadas en Colombia, y de ellos 10 son editadas por las propias universidades.

7.3 Conclusiones sobre los indicadores cuantitativos

Se ha constatado un significativo incremento anual de la producción científica colombiano en educación, alcanzando un número entre 400 a 430 documentos por año en los últimos cuatro años (Figura 6.1).

Un hallazgo destacado es constatar que los autores colombianos sobre este tema priorizan la publicación en español (86,31%) frente al inglés (11,99%) (Tabla 6.1). Este hecho parece que puede ser una de las causas de la poca citación que reciben los documentos.

El hecho que el 81,04% de los documentos no hayan recibido ninguna citación y el 10,23 % lo haya sido una única vez refleja el poco impacto de la investigación educativa que se realiza en Colombia. Sin embargo, las mujeres publican más en inglés que los hombres, con un 27,4% (respecto al 16,8% de publicaciones masculinas en inglés).

En cuanto a los indicadores de autoría solamente hay dos grandes productores en términos de Lotka y el 85% son autores transitorios. Por otra parte, el promedio de autores por documento (2,1) es similar al hallado para otros campos científicos de las ciencias sociales (Maz-Machado y Jiménez-Fanjul, 2018a; Robinson-García y Amat, 2017). Se determinó que existe una correlación estadística significativa entre el número de autores firmantes por documento y el número de citas que recibe ese documento. Es decir, los artículos con mayor número de autores tienen una mayor probabilidad de ser citados.

Los datos han mostrado que la difusión que se hace de los resultados de la investigación educativa que realizan los investigadores colombianos, es mayoritariamente a través de revistas de carácter local. El 74,36% de todas las revistas en las que han publicado son editadas en Colombia. Las revistas españolas representan el 9,12%.

En relación con las universidades colombianas, 9 de ellas publican más del 50% de toda la producción científica. La Universidad de Antioquia es el motor que lidera e impulsa la investigación colombiana en educación. Este hecho es llamativo por cuanto las universidades Universidad Pedagógica Nacional y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia como su nombre indica se especializan en la formación para la enseñanza, sin embargo, entre las dos no alcanzan el volumen de producción de la Universidad de Antioquía (Tabla 6.7).

Si se observa el número de diferentes instituciones de filiación de los autores, se observa que hay una buena colaboración institucional, porque solo el 34,28 son de la misma institución y el 46,7% de los documentos son firmados por autores de 2 o 3 instituciones.

El promedio de referencias es de 25,37 por cada documento. El 57% de los

documentos utilizan menos de 25 referencias en los reportes de las investigaciones.

En cuanto a la producción científica según el género, se comprobó que los artículos firmados solamente por hombres representan el 56,18% casi duplicando el porcentaje de los que solo firman las mujeres (29,21%). Se hayo que la coautoría mixta de hombres y mujeres ha ido aumentando hasta llegando a representar el mayor porcentaje de todos los documentos publicados en el año 2019.

Un aspecto de interés que se ha hallado es que las mujeres publican menos artículos sin colaboración respecto a los que publican los hombres (15,31% y 21,42% respectivamente). Sin embargo, se evidencia que la autoría tanto de hombres como de mujeres en colaboración internacional es mínima: 3,44% de la producción de hombres frente al 6,52% de la de las mujeres (Tabla 6.22).

7.4 Conclusiones sobre redes

El análisis de la gráfica de la red de descriptores (Figura 6.9) permite observar cómo al inicio del período estudiado los descriptores estaban alrededor de *school*, *evaluation*, *didactic*, mientras que a partir de 2014 se ha pasado a *higher education*, *ICT*, *training*, *diversity*, *inclusión* y *competences*.

Al centrar la atención en el descriptor *school mathematics*, se observó que está ligado a *learning*, *evaluation*, *teaching* y más recientemente a *inclusión* y *comprehension*. En relación con los contenidos matemáticos, aparecen *geometry* y *algebra*.

Los 7542 autores que dieron lugar a 9048 firmas generan una red de coautoría con un grado de media de 1,962 y una densidad de 0,00032. La colaboración entre universidades genera una red de colaboración (Figura 6.15) con un grado medio de 14,6835.

Cuando se ha analizado la producción científica específica que se relaciona con la Educación matemática se observa que los autores crean unas redes de colaboración

académica. Estas no son de gran tamaño si no que se establecen una serie de subredes en la que el tamaño de la mayor solo contiene 11 nodos. En este mismo campo la red de colaboración institucional presenta una subred de tamaño medio que tiene como principales nodos de interconexión a las universidades Universidad Antonio Nariño, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y la Universidad de Antioquia.

En relación con la producción sobre e-learning, se observa que la red de colaboración universitaria, este tema se suele publicar en colaboración con universidades extranjeras, especialmente de España. La red de descriptores de esta área se agrupa alrededor de cinco clústeres: modelos y estrategias, competencias y enseñanza, educación y universidad, gestión y tecnología, y entornos educativos.

7.5 Limitaciones particulares de este estudio

Una de las limitaciones del presente estudio ha tenido que ver con la identificación de la afiliación institucional porque como se ha señalado en algunos apartados, en ciertas universidades parece que no existe una estrategia clara para señalar la forma de nombrarlas a veces en su nombre completo o en su abreviatura. En ocasiones los autores señalan un departamento o un grupo de investigación lo que en ocasiones dificulta la correcta adscripción del autor como para asignar un artículo a estas.

Otro aspecto que ha generado cierta dificultad ha sido la asignación de género a cada uno de los autores. Existen varias razones, algunas son debido a que solamente se indican las iniciales del nombre (generalmente en las más antiguas) y en otras a la firma con nombres neutros o que se usan tanto como para hombres como para mujeres, como es el caso por ejemplo de Rosario porque en Colombia puede ser un hombre mientras que en España es una mujer y así muchos otros.

7.6 Líneas futuras de investigación

Este trabajo ha puesto en evidencia una serie de patrones de publicación sobre educación realizadas por autores colombianos e indexada en ESCI. La metodología utilizada en la que se complementaron técnicas bibliométricas con el análisis de redes sociales puede ser aplicada para analizar la producción colombiana en educación presente en otras bases de datos bien de carácter más regional como SciELO o Redalyc o en otras de carácter internacional como Scopus o SSCI.

Otra línea de investigación que queda abierta en relación con la temática en ESCI es analizar algunos subcampos específicos del campo de la educación, por ejemplo, la educación física y del deporte, la educación en ciencias experimentales, educación en ciencias sociales o en humanidades.

También puede a futuro realizarse un estudio similar tomando como muestra otros países de la región, bien para obtener información de los patrones y tendencias de publicación de cada país como para realizar estudios comparativos entre ellos y Colombia.

Referencias

- Adams, J. D., Black, G. C., Clemmons, J. R. & Stephan, P. (2005). Scientific teams and institutional collaboration: Evidence from U.S. universities, 1981-1999. *Research Policy*, 34, 259-285
- Adamuz, N. (2016). *La investigación en educación más allá de las revistas científicas: Un estudio cuantitativo en libros (1990-2012)*.
<https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/13180/2016000001261.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Albornoz, M. (2003). Evaluación en ciencia y tecnología. *Perspectivas metodológicas*, 3(3).
<http://revistas.unla.edu.ar/epistemologia/article/view/585/620>.
- Aldana, E., Chaparro, L. F., García, G., Gutiérrez, R., Llinás, R., Palacios, M., y Vasco, C. E. (1994). *Colombia: al filo de la oportunidad. Informe conjunto*. Santafé de Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Alvis-Guzmán, N., y La Hoz-Restrepo, D. (2006). Producción científica en ciencias de la salud en Colombia, 1993-2003. *Revista de Salud Pública*, 8, 25-37.
- Adler, R., Ewing, J., & Taylor, P. (2009). Citation statistics: a report from the International Mathematical Union (IMU) in cooperation with the International Council of Industrial and Applied Mathematics (ICIAM) and the Institute of Mathematical Statistics (IMS). *Statistical Science*, 24(1), 1-14.
- Andrés, A. (2009). *Measuring academic research. How to undertake a bibliometric study*. Chandos Publishing.
https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=iAGkAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Measuring+academic+research.+How+to+undertake+a+bibliometric+study.+Chandos+Publishing.&ots=9wjf5C-HMj&sig=_zJrENh3Y2jm74GP1wG6pLuLznQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Measuri

ng%20academic%20research.%20How%20to%20undertake%20a%20bibliometric%20study.%20Chandos%20Publishing.&f=false

- Araújo, J. A., & Arencibia, J. R. (2002). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *Acimed*, 10(4), 5-6.
- Ardanuy, J. (2012). Scientific collaboration in library and information science viewed through the web of knowledge: The Spanish case. *Scientometrics*, 90(3), 877-890
- Ávila-Toscano, J., Vargas-Delgado, L., y Oquendo-González, K. (2020)- Producción científica educativa, redes de autores y enfoques temáticos: Caso Universidad del Atlántico. *Educación y Humanismo*, 22(39), 1-17.
- Azami, M., Khajouei, R., y Rakhshani, S. (2016). Postgraduate medical students' acceptance and understanding of scientific information databases and electronic resources. *Electronic physician*, 8(3), 2066.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4844470/>
- Blanco, R. (1930-1932). *Bibliografía Pedagógica* (4 vols.). Madrid: Imprenta de la Rev de Archivos, Bibliotecas y Museos.
- Bowker, G., & Star, S. L. (1999). *Sorting things out: classification and its consequences*. Cambridge (Massachusetts); London: The Mitt Press.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Gutiérrez-Arenas, M. P., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, 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://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/736/817>
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. Londres: Crosley Lockwood.
- Brandes, U., Kenis, P., y Raab, J. (2005). La explicación a través de la visualización de redes. REDES. *Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 9.

- Braun, T., y Schubert, A. (1985). *Scientometric indicators: a 32 country comparative evaluation of publishing performance and citation impact*. World Scientific.
- Buchanan, R. A. (2006). *Accuracy of cited references: The role of citation databases*.
<https://crl.acrl.org/index.php/crl/article/view/15806/17252>
- Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. (2003). Improving educational research: Toward a more useful more influential and better-funded enterprise. *Educational Researcher*, 32(9), 3-14.
- Burkhardt, H., & Schoenfeld, A. (2003). Improving educational research: Toward a more useful more influential and better-funded enterprise. *Educational Researcher*, 32(9), 3-14.
- Burnham, J. F. (2006). Scopus database: a review. *Biomedical digital libraries*, 3(1), 1-8.
<https://bio-diglib.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1742-5581-3-1.pdf>
- Butt, N. S., Malik, A. A., & Shahbaz, M. Q. (2021). Bibliometric analysis of statistics journals indexed in web of science under emerging source citation index. *Sage Open*, 11(1), 2158244020988870.
<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2158244020988870>
- Cárdenas, L., Hernández, M., Arana, B., y García, M. L. (2010). Evaluación de la investigación educativa en Enfermería en la Universidad Autónoma del Estado de México de 1995 a 2008. *Invest Educ Enferm*, 28(2): 223-231.
<https://www.redalyc.org/pdf/1052/105215405008.pdf>
- Chirita, P. A., Damian, A., Nejdil, W., & Siberski, W. (2005, November). *Search strategies for scientific collaboration networks*. In Proceedings of the 2005 ACM workshop on Information retrieval in peer-to-peer networks (pp. 33-40).
- Clarivarite. (s.f.). *Web of Science: Emerging Sources Citation Index*.
<https://clarivate.com/webofsciencelgroup/solutions/webofscience-esci/>

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. R. B. (2007). *Research methods in education* (6^a ed.). Psychology Press.
- Coile, R. C. (1977). Lotka's frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the American Society for Information Science*, 28(6), 336-370.
- Cole, J. R., & Cole, S. (1973). *Social Stratification in Science*. Chicago/London: University of Chicago Press.
- Costas, R., y Bordons, M. (2007). Algoritmos para solventar la falta de normalización de nombres de autor en los estudios bibliométricos. *Investigación Bibliotecológica*, 21(42), 13-32.
- Crane, J. A. (1986). Evaluation as scientific research. *Evaluation Research*, 12(5), 467-482.
- Cronin, B., & Overfelt, K. (1994). Citation-based auditing of academic performance. *Journal of the American Society for Information Science*, 45(2):61-71.
- De Filippo, D., & Gorraiz, J. (2020). Is the Emerging Source Citation Index an aid to assess the citation impact in social science and humanities?. *Journal of Informetrics*, 14(4), 101088. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2020.101088>
- Del-Fresno-Garcia, M. (2014). Haciendo visible lo invisible: visualización de la estructura de las relaciones en red en Twitter por medio del análisis de redes sociales. *Profesional de la Información*, 23(3), 246-252.
- Doldi, L.M., & Bratengeyer, E. (2005). The web as a free source for scientific information: a comparison with fee-based databases. *Information Review*, 29(4), 400:411. <https://doi.org/10.1108/14684520510617848>.
- Efremenkova, V. M., & Gonnova, S. M. (2016). A comparison of Scopus and WoS database subject classifiers in mathematical disciplines. *Scientific and Technical Information Processing*, 43(2), 115-122.
- Egghe, L. (1991). Theory of collaboration and collaborative measures. *Information*

processing & management, 27(2-3), 177-202.

Elsevier. (2020). *Scopus, Content Coverage Guide*. Elsevier.

Escobar-Córdoba, F., Eslava-Schmalbach, J., & Gómez-Duarte, O. G. (2016). Producción científica de los departamentos de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia entre los años 2000 y 2012. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(2), 189-198.

Eslava-Schmalbach, J., Gaitán-Duarte, H. G., & Escobar-Córdoba, F. (2014). Producción científica de las universidades en el área de Medicina en Colombia, 1940-2014. *Revista de la Facultad de Medicina*, 62(3), 365-372.

Expósito, J., y Fernández-Cano, A. (2002). La productividad de la investigación sobre evaluación de programas educativos españoles (1975-2000). *Revista de Investigación Educativa*, 20(1), 113-129.

Farias, E. A., y Guzmán, A. L. (2009). Desarrollo histórico de los indicadores de Ciencia y Tecnología, avances en América Latina y México. *Revista española de documentación científica*, 32(3), 119-126.
<https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/489/530>

Fernández-Cano, A. (1995). La evaluación de la investigación educativa. *Revista Española de Pedagogía*, 53(200), 131-145. <https://www.jstor.org/stable/23765580>

Fernández-Cano, A., y Expósito, J. (2001). Patrones de citación en la investigación española sobre evaluación de programas educativos (1975-200). *Revista Española de Documentación Científica*, 24(3), 289-305.
<https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/60/121>

Fernández-Cano, A., Torralbo, M., & Vallejo, M. (2004). Reconsidering Price's model of scientific growth: an overview. *Scientometrics*, 61(3), 301-321.
<https://akjournals.com/view/journals/11192/61/3/article-p301.xml>

- Frame, F., & Carpenter, M. P. (1979). International research collaboration. *Social Studies of Science* 9, 481-497.
- Franceschini, F., Maisano, D., & Mastrogiacomo, L. (2013). A novel approach for estimating the omitted-citation rate of bibliometric databases with an application to the field of bibliometrics. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64(10), 2149-2156.
- Franceschini, F., Maisano, D., & Mastrogiacomo, L. (2016a). The museum of errors/horrors in Scopus. *Journal of Informetrics*, 10(1), 174-182.
- Franceschini, F., Maisano, D., & Mastrogiacomo, L. (2016b). Empirical analysis and classification of database errors in Scopus and Web of Science. *Journal of informetrics*, 10(4), 933-953.
- Freeman L. C. (2000) Visualizing Social Networks. *Journal of Social Structure*, 1 (1), <http://www.cmu.edu/joss/content/articles/volume1/Freeman.html>.
- García, V. (1980). La Educación en la España del siglo XX. *Revista Española de Pedagogía*, 38(150), 99-120. <https://www.jstor.org/stable/23764099>
- Garfield, E. (1979). *Citation Indexing: Its Theory and Application in Science, Technology, and Humanities*. New York: John Wiley.
- Gewerc-Barujel, A., Montero-Mesa, L., y Lama-Peñín, M. (2014). Colaboración y redes sociales en la enseñanza universitaria. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 21(42), 55-63.
- Ghafouri, H. B., Mohammadhassanzadeh, H., Shokraneh, F., Vakilian, M., & Farahmand, S. (2014). Social network analysis of Iranian researchers on emergency medicine: a sociogram analysis. *Emergency Medicine Journal*, 31(8), 619-624.
- Glänzel, W. (2002). Coauthorship patterns and trends in the sciences (1980-1998): A bibliometric study with implications for database indexing and search strategies.

- Library trends*, 50(3), 461-475.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2001). Integrating scientometric indicators into sociological studies: methodical and methodological problems. *Scientometrics*, 52(3), 411-434.
- Gómez, N. Y., Jiménez, A. E., Guerrero, S. C., y Ayala, Y. (2014). Análisis de la producción científica colombiana en química. Base de datos wok (2001-2012). *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 6(1), 108-115.
- González-Méijome, J. M., Piñero, D. P., & Villa-Collar, C. (2021). Journal of Optometry ranks high in Emerging Sources Citation Index (ESCI). *Journal of Optometry*, 14(4), 297.
- Gregorio-Chaviano, O., Méndez-Rátiva, C. P., González, M. J. P., y Guzmán, M. F. (2015). Investigación colombiana en enfermería. Un análisis bibliométrico de su visibilidad en ISI WoS (2001-2013). *Enfermería Global*, 14(4), 175-191.
- Hess, D. J. (1997). *Science Studies: An advanced introduction*. New York: New York University Press.
- Hirsch, J. E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 102(46), 16569-16572.
- Hood, W., y Wilson, C. (2001). The literature of bibliometrics, scientometrics, and informaetrics. *Scientometrics*, 52(2), 291-314.
<https://akjournals.com/view/journals/11192/52/2/article-p291.xml>
- Huisman, M., & Van Duijn, M. A. (2003). Software for Social Network Analysis. Heymans Institute/DPMG and ICS/Statistics & Measurement Theory. *University of Groningen*, October.
- Jiménez-Contreras, E. y Moya-Anegón, F. (1997). Análisis de la autoría en revistas españolas de biblioteconomía, 1975-1995. *Revista Española de Documentación Científica*, 20(3), 252-266.

http://eprints.rclis.org/13011/1/Jimenez_Contreras%2C_E%2C_Moya_Anegon%2C_F_Analisis_de_la_autoria_en_revistas_espannolas_de_biblioteconomia_y_documentacion_1975-1995_Revista_Espagnola_de_Documentacion_Cientifica_1997%2C_20%283%29_252-270.pdf

- Jiménez-Fanjul, N. N. J. (2016). *Producción científica internacional en educación matemática. Estudio bibliométrico (1983-2012)*. Tesis Doctoral Universidad de Córdoba.
- Kaz J. S., & Martin, B.R. (1997). What is research collaboration?. *Research Policy*, 26(1), 1-18.
- Korpan, C. A., Bisanz, G. L., Bisanz, J., & Henderson, J. M. (1997). Assessing literacy in science: Evaluation of scientific news briefs. *Science Education*, 81(5), 515-532.
- Lawani, S. M. (1980). *Quality, collaboration, and citations in cancer research: a bibliometric study* (PhD thesis). Florida: Florida State University.
- Lee, S., & Bozeman, B. (2005). The impact of research collaboration on Scientific productivity. *Social Studies of Science*, 35(5), 673-702.
- León, O., y Montero, I. (1997). *Diseño de Investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Leydesdorff, L., & Milojević, S. (2012). *Scientometrics*. arXiv preprint arXiv:1208.4566.
- Leydesdorff, L., & Milojević, S. (2015). *Scientometrics. International encyclopedia of the social & behavioral sciences*, 21(2), 322-327.
- Lis-Gutiérrez, J. P., y Bahos-Olivera, C. A. (2016). Patrones de la producción académica colombiana en Economía y Administración (1974-mayo 2014): un análisis bibliométrico basado en Scopus. *Administración y Desarrollo*, 46 (1), 49-71.
<http://esavirtual.esap.edu.co/ojs/index>

- Liu, W. (2019). The data source of this study is Web of Science Core Collection? Not enough. *Scientometrics*, 121(3), 1815-1824. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03238-1>
- Lodico, M. G., Spaulding, D. T., & Voegtle, K. H. (2010). *Methods in educational research: From theory to practice* (Vol. 28). John Wiley & Sons. [https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=J-aNet5eEFoC&oi=fnd&pg=PA19&dq=Methods+in+educational+research:+From+theory+to+practice+\(Vol.+28\).+John+Wiley+%26+Sons.&ots=EirPLO8EK4&sig=w0ZnF_sDGzKWKZuJ71CIqYGVjCs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=J-aNet5eEFoC&oi=fnd&pg=PA19&dq=Methods+in+educational+research:+From+theory+to+practice+(Vol.+28).+John+Wiley+%26+Sons.&ots=EirPLO8EK4&sig=w0ZnF_sDGzKWKZuJ71CIqYGVjCs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- López, P. (1996). *Introducción a la bibliometría*. Promolibro.
- López-Piñeiro, C. (2015). *Los sistemas de organización del conocimiento en la evaluación científica. Implicaciones para las Humanidades y las Ciencias Sociales*. (Tesis doctoral, Universidad da Coruña. A Coruña). https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/16033/LopezPineiro_Carla_TD_2015.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Luukkonen, T. (1995). The impacts of research field evaluations on research practice. *Research Policy*, 24(3), 349-365.
- Luukkonen, T., & Ståhle, B. (1990). Quality evaluations in the management of basic and applied research. *Research Policy*, 19(4), 357-368.
- Luukkonen-Gronow, T. (1987). Scientific research evaluation: a review of methods and various contexts of their application. *R&D Management*, 17(3), 207-221.
- Madaan, G., & Jolad, S. (2014). *Evolution of scientific collaboration networks*. In 2014 IEEE International Conference on Big Data (Big Data) (pp. 7-13). IEEE.
- Madrid, M. J., Jiménez-Fanjul, N., León-Mantero, C., y Maz-Machado, A. (2017). Revistas brasileñas de Educación en SCOPUS: un análisis bibliométrico. *Biblios*, (67), 30-41. <http://www.scielo.org.pe/pdf/biblios/n67/a03n67.pdf>

- Majeed, S., Uzair, M., Qamar, U., & Farooq, A. (2020, November). Social Network Analysis Visualization Tools: A Comparative Review. In *2020 IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC)* (pp. 1-6). IEEE.
- Maltras, B. (1996). *Los indicadores bibliométricos en el estudio de la ciencia. Fundamentos conceptuales y aplicación en política científica*. (Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca). Salamanca.
- Marín, V., y Cabero, J. (2019). Las redes sociales en educación: desde la innovación a la investigación educativa. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 22 (2), 25-33.
- Maz-Machado, A., Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Gutiérrez-Arenas, M. P., y Hidalgo-Ariza, M. D. (2011). La investigación en Educación Matemática en España: los simposios de la SEIEM. *PNA*, 5(4), 163-184. <http://eprints.rclis.org/15963/1/Maz2011LaInvestigacion.pdf>
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., & Madrid, M. J. (2015). *Collaboration in the Iberoamerican journals in the category Information Science & Library Science in WOS*. *Library Philosophy and Practice* (e-journal).
- Maz-Machado, A., y Jiménez-Fanjul, N. (2018a). Collaboration and Citation Analysis Within Social Sciences: A Comparative Analysis Between Two Fields. En M. Jibu y Y. Osabe (Eds.), *Scientometrics* (pp. 65-82). Londres: IntechOpen. doi: 0.5772/intechopen.76732.
- Maz-Machado, A., Madrid, M. J., Jiménez-Fanjul, N., & León-Mantero, C. (2017). Empirical examination of Lotka's law for information science and library science. *Pakistan Journal of Information Management & Libraries (PJIM&L)*, 19, 37-51.
- Maz-Machado, A., Muñoz-Ñungo, B., Gutiérrez-Rubio, D., & León-Mantero, C. (2020). Patterns of Authorship and Scientific Collaboration in Education: The Production

- of Colombia in ESCI. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*. 4278.
<https://core.ac.uk/download/pdf/345181296.pdf>
- Maz-Machado, A., Tzima, S., Gutiérrez-Rubio, D., y Rodríguez-Faneca, C. (2022). Análisis bibliométrico de las revistas latinoamericanas de Business, Management and Accounting en SCOPUS. *E-Ciencias de la Información* 12.2 (2022): 20-38.
<https://www.scielo.sa.cr/pdf/eci/v12n2/1659-4142-eci-12-02-020.pdf>
- McAllister, J. T., Lennertz, L., & Atencio Mojica, Z. (2021). Mapping A Discipline: A Guide to Using VOSviewer for Bibliometric and Visual Analysis. *Science & Technology Libraries*, 1-30.
- McKenney, S., Nieveen, N., & Van den Akker, J. (2006). Design research from a curriculum perspective. In van den Alkker, J., Gravemijer, K. McKenney, S. y Nieveen, N. (Eds.): *Educational design research* (págs. 110-143). London: Routledge.
- Menéndez, L. S. (2014). La evaluación de la ciencia y la investigación. *RES. Revista Española de Sociología*, (21), 137-148
- Molina, J. L. (2001). El análisis de redes sociales: una introducción. *El análisis de redes sociales*, 11-123.
- Munera-Alemán, J. L., y Sarabia-Sánchez, F. J. (2013). Estilos de investigación y cualidades del investigador. En Sarabia-Sánchez, F. J. (Coord.). *Métodos de investigación social y de la empresa* (págs. 67-88). Madrid: Pirámide.
- 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.uniandes.edu.co/23841/1/Mu%C3%B1oz2020La.pdf>

- National Academy of Sciences Staff, National Academy of Engineering Staff, & Institute of Medicine Staff. (1999). *Evaluating federal research programs: Research and the Government Performance and Results Act*. National Academies Press.
- Newman, M. E. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the national academy of sciences*, 98(2), 404-409.
- Orduña-Malea, E., y López-Cózar, E. D. (2018). Dimensions: re-discovering the ecosystem of scientific information. *arXiv preprint arXiv:1804.05365*.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.05365>
- Organización Europea para la Cooperación Económica. (1993). *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Practice for surveys of Research and Experimental Development*. «Frascati Manual». Paris: OECD
- Pao, M. L. (1986). An empirical examination of Lotka's law. *Journal of the American Society for Information Science*, 37(1), 26-33.
- Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., y De-Moya-Anegón, F. (2010). *Redes de colaboración científica: análisis y visualización de patrones de coautoría*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Porter, J. H. (2000). Scientific databases. *Ecological data: Design, management and processing*, 48-69.
- Price, D. J. D. S. (1963). *Little science, big science*. Columbia University Press.
- Price, D. J. D. S. (1964). *Science since Babylon* (3rd ed.). Yale University Press, New Haven.
- Price, D. J. D. S. (1965). Networks of scientific papers. *Science*, 149(3683), 510- 515.
<https://www.science.org/doi/pdf/10.1126/science.149.3683.510>
- Prieto-Gutiérrez, J. J. & Alhuay-Quispe, J. (2020). Social visibility by Ibero-American scholarly journals in Arts and Humanities from ESCI-WoS (Emerging Source Citation

- Index): an altmetric approach. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, 13 (3), 936-962, 24(2), 962-936. <https://brapci.inf.br/index.php/res/v/146243>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of documentation*, 25(4), 348-349.
- Prosser, G., y Romo-Medina, I. (2019). Investigación en educación ambiental con menores en Iberoamérica: Una revisión bibliométrica de 1999 a 2019. *Revista mexicana de investigación educativa*, 24(83), 1027-1053. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v24n83/1405-6666-rmie-24-83-1027.pdf>
- Qiu, L. & Tague, J. (1990). Complete or incomplete data set. The groos drop investigated. *Scientometrics*, 19(3), 233-237.
- Ramírez, E. A. (2011). La investigación cualitativa en educación. Balance y retos en el contexto colombiano. *Revista interamericana de investigación, educación y pedagogía*, 4(1), 81-91.
- Ravichandra, R. I. K. (1998). *Informetrics: scope, definition, methodology and conceptual questions*, Proc. Work shop on Informetrics and Scientometrics, Banga lore, <http://drtc.isibang.ac.in:8080/bitstream/handle/1849/101/AA.pdf?sequence=2>
- Ríos, R., Mattar, S., y González, M. (2011). Análisis bibliométrico de las publicaciones sobre enfermedades infecciosas en Colombia, 2000-2009. *Revista de Salud Pública*, 13, 298-307.
- Robinson-García, N., y Amat, C. B. (2018). ¿Tiene sentido limitar la coautoría científica? No existe inflación de autores en Ciencias Sociales y Educación en España. *Revista española de documentación científica*, 41(2), 201.
- Rodríguez-Faneca, C., Muñoz-Ñungo, B., Cuida, A. y Maz-Machado, A. (2021). Comunicación y género: la mujer en la producción científica de educación en Colombia. En Civila, S. (Coord.): *la revolución de los prosumers: youtubers e instagramers* (p.

262). Ediciones Egregius.

- Rodríguez, V. (1987). *Curso de metodología de investigación cuantitativa, técnicas estadísticas y modelos de simulación*. Escuela de posgrado y especialización. CSIC.
- Rousseau, R., Egghe, L., & Guns, R. (2018). *Becoming metric-wise: A bibliometric guide for researchers*. Cambridge, MA: Chandos Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-01828-1>
- Ruiz-Pérez, R., Delgado, E., y Jiménez-Contreras, E. (2002). Spanish personal names variations in national and international biomedical databases: implications for information retrieval and bibliometric studies. *Journal of the Medical Library Association*, 90(4), 411-430. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC128958/>
- Ruiz-Pérez, R., & Jiménez-Contreras, E. (2019). The Emerging Sources Citation Index and the internationalization of Spanish scientific journals, with special reference to Psychology journals. *Psicothema*, 31(4), 376-383.
- Sánchez-Bello, N. F., Galván-Villamarín, J. F., & Eslava-Schmalbach, J. (2016). Producción científica en las facultades de Medicina en Colombia en el periodo 2001-2015. *Revista de la Facultad de Medicina*, 64(4), 645-650.
- Sancho, R. (2001). Medición de las actividades de ciencia y tecnología. Estadísticas e indicadores empleados. *Revista Española de Documentación Científica*, 24(4), 382-404. <https://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/68/129>
- Sauvayre, R. (2022). Types of Errors Hiding in Google Scholar Data. *Journal of Medical Internet Research*, 24(5), e28354. <https://www.jmir.org/2022/5/e28354/>
- Savanur, K., & Srikanth, R. (2010). Modified collaborative coefficient: A new measure for quantifying the degree of research collaboration. *Scientometrics*, 84(2), 365-371.

- Sengupta, I. N. (1992). Bibliometrics, informetrics, scientometrics and librametrics: an overview. *Libri*, 42(2), 75-98.
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/libr.1992.42.2.75/html>
- Selivanova, I. V., Kosyakov, D. V., & Guskov, A. E. (2019). The impact of errors in the scopus database on the research assessment. *Scientific and Technical Information Processing*, 46(3), 204-212.
- Serrano-López, A. E., y Martín-Moreno, C. (2012). Normalización automática de registros obtenidos de la Web of Science. *Aula Abierta*, 40(2), 65-74.
- Severino, A. J. (2019). Pesquisa educacional: da consistência epistemológica ao compromisso ético. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação, Araraquara*, 14(3), 900-916, DOI: 10.21723/riaee.v14i3.12445
- Sierra, R. (1999). *Tesis doctorales y trabajos de investigación científica*. Quinta edición. Madrid: Paraninfo.
- Shin, J. C., Toutkoushian, R. K., & Teichler, U. (2011). *University Rankings: Theoretical Basis, Methodology and Impacts on Global Higher Education*. Dordrecht: Springer.
- Sloane, F. (2006). Normal and design sciences in education: why both are necessary. In van den Alkker, J., Gravemijer, K. McKenney, S. y Nieven, N. (Eds.): *Educational design research* (págs. 19-44). London: Routledge.
- Somoza-Fernández, M., Rodríguez-Gairín, J. M., & Urbano, C. (2018). Journal coverage of the emerging sources citation index. *Learned Publishing*, 31(3), 199-204.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/leap.1160>
- Spinak, E. (1996). Los análisis cuantitativos de la literatura científica y su validez para juzgar la producción latinoamericana. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)*; 120 (2), feb. 1996.
- Spinak, E. (2001). Indicadores cuantitativos. *ACIMED*, 9(4), 16-18.

- Stafeev, S. S. (2017). Indexing of computer optics in the Emerging Sources Citation Index database. *Компьютерная оптика*, 41(4), 592.
<https://cyberleninka.ru/article/n/indexing-of-computer-optics-in-the-emerging-sources-citation-index-database>
- Stichweh, R. (1990). *Self-organization and autopoiesis in the development of modern science*. In Krohn, W., Küppers, G. and Nowotny, H. (Eds), *Self Organization: Portrait of a Scientific Revolution*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 195-207.
- Suarez, Y., y Pérez-Anaya, O. (2018). La evaluación de la actividad científica: indicadores bibliométricos. En Ávila-Toscano y otros (Org.), *Cienciometría y bibliometría: el Estudio de la producción científica. Métodos, enfoques y aplicaciones de las ciencias sociales* (págs 95-118). Barranquilla: Ediciones Corporación Universidad Reformada.
- Tague-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to informetrics. *Information processing & management*, 28(1), 1-3.
- Tejedor, J. M., & Tejedor, R. A. (2019). Visibilidad e impacto científico: el caso de las revistas colombianas de economía. *Investigación bibliotecológica*, 33(78), 121-141.
- Tretyakova, O. V. (2021). Russian economic journals in the ESCI: Retrospective overview and forecast. *Terra Economicus*, 19(4), 92-109.
<https://te.sfedu.ru/evjur/data/2021/4/tretjyakova.pdf>
- Tufte, E. R. (1997). *Visual Explanations. Images and Quantities, Evidence and Narrative*. Cheshire/Connecticut: Graphics Press
- Tukey, J. (1972). Some Graphic and Seigraphic Displays. En T. A. Bancroft (Ed.) *Statistical Papers in Honor of George W. Snedecor* (pp. 293-316). Ames: Iowa State University Press.

- Urbizagástegui, R. (2005). La productividad científica de los autores. Un modelo de aplicación de la ley de Lotka por el método del poder inverso generalizado. *Información, cultura y sociedad*, 12, 51-73.
- Wallace, D. P. & Van Fleet, C. (2012). *Knowledge into action*. Research and evaluation in library and information science. Libraries Unlimited.
- Valle, S. (2018). Retos de las ciencias sociales en la producción científica. En Ávila-Toscano y otros (eds.): *Cienciometría y bibliometría. El estudio de la producción científica: Métodos, enfoques y aplicaciones en el estudio de las Ciencias Sociales* (pp. 49-76). Corporación Universitaria Reformada.
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2017). Citation-based clustering of publications using CitNetExplorer and VOSviewer. *Scientometrics*, 111(2), 1053-1070.
- Van Raan, A. F. (2004). Measuring Science. Capita Selecta of Current Main Issues. En H. F. Moed, W. Glänzel y U. Schmoch (Eds.), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research: The Use of Publication and Patent Statistics in Studies of S&T Systems* (pp. 19-50). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Vickery, B. C. (1948). Bradford's Law os Scattering. *Journal of Documentation*, 4(3), 198-203.
- Vinkler, P. (2010). *The evaluation of research by scientometrics indicators*. Chandos Publishing.
- Walker, R. (2020). Finding a Silent Voice for the Researcher: Using Photographs in Evaluation and Research1. In *Qualitative voices in educational research* (pp. 72-92). Routledge.
- Waltman, L., & Van Eck, N. J. (2019). Field normalization of scientometric indicators. In *Springer handbook of science and technology indicators* (pp. 281-300). Springer, Cham.

- Wang L, Thijs B, Glänzel W. (2015). Characteristics of international collaboration in sport sciences publications and its influence on citation impact. *Scientometrics*, 105(2), 843-862
- Wang, Y., Wu, Y., Pan, Y., Ma, Z., y Rousseau, R. (2005). Scientific collaboration in China as reflected in co-authorship. *Scientometrics*, 62(2), 183-198.
- Web of Science. (s.f.). *Web of Science: the next generation*.
<http://wokinfo.com/nextgenwebofscience?elq=4e2a3b0638fb400cae0565fc0e03a24e&elqCampaignId=8201>
- Whitley, R. (1984). *The Intellectual and Social Organization of the Sciences*. Oxford, England: Oxford University Press.
- White, H. D. & Mc Cain, K. W. (1989). Bibliometrics. En M. E. Williams (Ed.), *Annual Review of Information Science and Technology* (pp. 119-186). Elsevier Science Publisher.
- Watts, D. J., & Strogatz, S. H. (1998). Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 393, 440-442
- Wilson, C. S. (1999). Informetrics. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, 34, 107-247. <https://www.learntechlib.org/p/92547/>.
- Wouters, P. (1999). *The Citation Culture*. Amsterdam: Unpublished Ph.D. Thesis, University of Amsterdam.
- Xu, S., Hao, L., An, X., Zhai, D., & Pang, H. (2019). Types of DOI errors of cited references in Web of Science with a cleaning method. *Scientometrics*, 120(3), 1427-1437.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-019-03162-4>
- Zhongjing, F. U. (2017). International academic influence of Chinese Sci-Tech journals indexed in ESCI database. *Chinese Journal of Scientific and Technical Periodicals*, 28(8), 757.