



Universidad de Córdoba
Departamento de Educación

TESIS DOCTORAL

La Investigación en Educación
Matemática más allá de las Revistas
Científicas: Un Estudio Cienciométrico
en libros (1990-2012)

Para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Córdoba de
Dña. Natividad Adamuz Povedano

Vº Bº del director:

Dr. D. Alexander Maz Machado

CÓRDOBA, 2015



TITULO: *La investigación en educación matemática más allá de las revistas científicas: un estudio cuantitativo en libros (1990-2012)*

AUTOR: *Natividad Adamuz Povedano*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. 2016
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es



TÍTULO DE LA TESIS: La Investigación en Educación Matemática más allá de las revistas científicas: Un estudio Cienciométrico en libros (1990-2012)

DOCTORANDA: Natividad Adamuz Povedano

INFORME RAZONADO DEL DIRECTOR DE LA TESIS

La Tesis Doctoral titulada “LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA MÁS ALLÁ DE LAS REVISTAS CIENTÍFICAS: UN ESTUDIO CIENCIOMÉTRICO EN LIBROS (1990-2012)”, de la que es autora D^a. Natividad Adamuz Povedano, ha sido realizada bajo mi tutela y cumple las condiciones exigidas por la legislación vigente para optar al título de Doctora por la Universidad de Córdoba.

Relacionados con el tema de la tesis se han realizado los siguientes trabajos:

Artículos:

- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Bracho-López, R. y Adamuz-Povedano, N. (2015). Análisis bibliométrico de la revista RELIME (1997-2011). *Investigación Bibliotecológica*, 29(86), 90-102. (Revista indexada en SSCI y SCOPUS)
- Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Maz-Machado, A. y Adamuz-Povedano, N. (2014). Tendencias temáticas de la investigación en educación matemática en España. *BOLEMA-Boletim de Educação Matemática*, 28(59). (Revista indexada en SSCI y SCOPUS)
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2014). Spanish journals of education & Educational research in the JCR: A bibliometric analysis of the citations. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*. Paper 1121. (Revista indexada en SCOPUS)

- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N. y Adrián, C. (2013). Análisis de género en el gobierno de las universidades españolas. *Administración & Ciudadanía*, 8(1), 33-42
- Adamuz-Povedano, N., Jiménez-Fanjul, N. y Maz-Machado, A. (2013). Búsqueda de descriptores que caracterizan una disciplina emergente en WoS y SCOPUS: el caso de la Educación Matemática. *BIBLIOS. Revista electrónica de bibliotecología, archivología y museología*, 50, 1-14
- Maz-Machado, A.; Jiménez-Fanjul, N., Gutiérrez-Arenas, P., Adrián, C., Vallejo, M. y Adamuz-Povedano, N. (2012). Estudio bibliométrico de la investigación educativa en las universidades de Andalucía en el SSCI (2002-2010). *Revista Iberoamericana de Psicología y Salud*, 3(2), 125-136
- Maz-Machado, A., Bracho-López, R., Torralbo-Gutiérrez, M., Gutiérrez-Arenas, M.P., Jiménez-Fanjul, N. y Adamuz-Povedano, N. (2012). Redes académicas generadas por las tesis doctorales en Educación Matemática en España. *Revista de Investigación Educativa RIE*, 30(2), 271-286
- 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.

Presentaciones en congresos

- Adamuz-Povedano, N., Maz-Machado, A., Bracho-López, R. y Albanese, V. (2015) El proyecto PISA. Un análisis de su repercusión en la investigación internacional en Educación Matemática a través de publicaciones científicas (1990-2012). Póster presentado en el 4º Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática. Ilhéus (Brasil)
- Adamuz-Povedano, N., Maz-Machado, A., Bracho-López, R. y Jiménez-Fanjul, N. (2013). El proyecto PISA en la investigación en educación matemática. Un análisis en las bases de datos SCOPUS y SSCI. Póster presentado en el X Foro sobre evaluación de la calidad de la investigación y de la educación superior. Granada 25-28 de junio.
- Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Gutiérrez-Arenas, P., Adrián, C., Vallejo, M. y Adamuz-Povedano, N. (2012). Estudio bibliométrico de la investigación educativa en las universidades de Andalucía en el SSCI (2002-2010). Póster presentado en el IX Foro sobre evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior (IX Foro).
- Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N., Maz-Machado, A. y Bracho López, R. (2012). La producción científica en las revistas de educación

Matemática en el Social Sciences Citation Index (SSCI). Póster presentado en el IX Foro sobre evaluación de la Calidad de la Investigación y de la Educación Superior (IX Foro)

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 10 de noviembre de 2015

Firma del director

Fdo.: D. Alexander Maz Machado

Esta tesis doctoral la sido realizada en el seno del Grupo de Investigación “Educación, Diversidad y Sociedad” SEJ477 del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Junta de Andalucía.

*A Juan, por ser mi compañero en nuestro viaje de vida.
A Juan, Javier y Jorge por ser nuestra vida.
Sin vuestro amor, besos, abrazos y sonrisas esto
hubiera sido imposible*

Agradecimientos

Faltan palabras para expresar mi agradecimiento a tantas personas que han hecho posible que haya llegado este momento, especialmente me gustaría decir ¡GRACIAS de corazón!:

Al doctor D. Alexander Maz Machado por haberme guiado en esta larga aventura.

Al doctor D. Manuel Torralbo Rodríguez, por su apoyo incondicional desde el primer día, cuando apenas si me conocía.

Al doctor D. Rafael Bracho López por su acompañamiento y consejos en este proceso de aprendizaje, pero sobre todo a mi AMIGO Rafa, por su apoyo diario, su buen hacer y sus lecciones de vida.

To the doctors Tony Brown and Alexandre Pais to let me work together and to let me learn from both along my academic visit to the Manchester Metropolitan University.

To Pauline Palmer, 'my teacher in the MMU', I will never forget the six months I spent being your shadow, learning with and from you.

A la doctora y amiga Mônica Mesquita, por su energía y empuje en la última etapa, ¡al final fueron dos meses de pijama!

A mi querido Pepe Nieto, por abrir mis ojos hacia otra educación.

A Vero y Emilse, por ser parte de mi vida y de este trabajo desde el primer día.

A Teresa García, por su luz.

A mi GRAN FAMILIA, sin ellos y ellas no sería lo que soy. Y especialmente a los que ya no están, sé que les hubiera encantado compartir este momento con nosotros.

A mis compañeros y compañeras de departamento, Paco, Noelia y Carmen, que han vivido este proceso como algo propio.

Por último, quería agradecer la colaboración prestada por el personal de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Córdoba.

CONTENIDO

Contenido.....	i
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
CAPÍTULO 0. Summary in English.....	1
0.1. Introduction.....	3
0.1.1. Approach to the research problem.....	3
0.1.2. Review of literature	4
0.1.3. Resources used.....	5
0.1.4. Thesis structure.....	6
0.2. Mathematic Education as a field of study	6
0.3. Scientometrics applied to the assessment of scientific production.....	10
0.4. Gender matters within the scientific production	11
0.5. Scientific collaboration	12
0.6. Methodology	14
0.7. Conclusions.....	18
0.7.1. Conclusions about the Scientometric Analysis	18
0.7.2. Conclusions about Content Analysis.....	20
0.7.3. Range of the Objectives.....	20

0.7.4. Hypotheses Verification.....	22
0.7.5. Limitations of the research.....	23
0.7.6. Future lines of research and recommendations.....	24
CAPÍTULO 1. Introducción.....	25
1.1. Planteamiento del problema de investigación.....	27
1.2. Revisión de la literatura.....	28
1.3. Fuentes utilizadas.....	29
1.4. Estructura de la tesis.....	30
CAPÍTULO 2. La Educación Matemática como Campo de Estudio.....	33
2.1. De Matemáticas y Educación a Educación Matemática.....	35
2.1.1. Educación Matemática o Didáctica de la Matemática.....	37
2.2. La Educación Matemática en España.....	38
2.3. La investigación en Educación Matemática.....	40
2.4. Canales de difusión de la producción científica en Educación Matemática.....	45
2.5. Evaluación de la producción científica en Educación Matemática.....	46
CAPÍTULO 3. La Cienimetría Aplicada a la Evaluación de la Producción Científica.....	49
3.1. Bibliometría.....	52
3.2. Informetría.....	54
3.3. Cienimetría.....	55
3.4. Relación entre las tres especialidades métricas.....	56
3.5. Leyes métricas básicas.....	58
3.5.1. Leyes de Price.....	58
3.5.2. Ley de Bradford o Ley de la Distribución de la Literatura Científica.....	60
3.5.3. Ley de Lotka.....	61
3.6. Evaluación de la producción científica.....	62
3.7. Indicadores Bibliométricos.....	64
3.7.1. Indicadores personales.....	65
3.7.2. Indicadores de productividad.....	66
3.7.3. Indicadores de contenido.....	67

3.8. La Cienciometría en la Educación Matemática.	69
CAPÍTULO 4. Cuestiones de género en La producción científica	71
4.1. Género y Matemáticas.....	74
4.2. Estudios de Género y Cienciometría.....	76
CAPÍTULO 5. Colaboración Científica	79
5.1. Definición de colaboración científica	82
5.1.1. Colegios invisibles	83
5.2. Tipos de colaboración científica.....	84
5.3. Medida de la colaboración científica.....	88
5.3.1. Indicadores de colaboración	90
5.4. Redes de colaboración científica	91
5.4.1. Tipos de redes	92
5.4.2. Características de las redes de colaboración científica	93
CAPÍTULO 6. Metodología	95
6.1. Objetivos	97
6.2. Hipótesis de trabajo	98
6.3. Diseño de la investigación.....	98
6.3.1. Validez del diseño y mecanismos de control.....	99
6.3.2. Fases de la investigación.....	100
6.4. Población y Muestra.....	101
6.5. Variables del estudio	105
6.6. Instrumentos de recogida de datos	107
6.7. Tratamiento de los datos.....	108
6.7.1. Consideraciones iniciales y normalización	108
CAPÍTULO 7. Análisis de los Resultados de las Editoriales Internacionales.....	109
7.1. Indicadores personales.....	111
7.2. Indicadores de productividad.....	112
7.2.1. Tipo de documentos	112
7.2.2. Producción por autores.....	114
7.2.3. Producción diacrónica.....	116

7.2.4. Tasa de crecimiento interanual	119
7.2.5. Aplicación de las Leyes de Price	121
7.2.6. Aplicación de la Ley de Lotka	124
7.2.7. Producción por país	129
7.2.8. Análisis por instituciones	131
7.2.9. Aplicación de la Ley de Bradford	134
7.3. Indicadores de contenido	139
7.3.1. Variable A: General, Matemáticas y Educación.....	141
7.3.2. Variable B: Política educativa y sistemas educativos.....	142
7.3.3. Variable C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática	143
7.3.4. Variable D: Educación e instrucción en Matemáticas	144
7.3.5. Variable E: Fundamentos de las matemáticas.....	145
7.3.6. Variable F: Aritmética. Teoría de números.....	146
7.3.7. Variable G: Geometría	147
7.3.8. Variable H: Álgebra	148
7.3.9. Variable I: Análisis	149
7.3.10. Variable K: Estadística	149
7.3.11. Variable M: Modelización matemática. Matemáticas aplicadas.....	150
7.3.12. Variable N: Matemáticas numéricas.....	152
7.3.13. Variables P: Informática y Variable Q: Educación Informática.	152
7.3.14. Variable R: Aplicaciones de la Informática.....	153
7.3.15. Variable U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa	154
7.3.16. Análisis de las variables conceptuales por países.....	155
7.4. Análisis de colaboración.....	157
7.4.1. Colaboración en autoría	157
7.4.2. Indicadores de colaboración según genero	160
7.4.3. Colaboración en países	162
7.4.4. Colaboración en instituciones.....	163
7.4.5. Redes de colaboración de autoría	164

7.4.6. Redes de colaboración de autoría según género	169
7.4.7. Redes de colaboración entre países	173
7.4.8. Redes de colaboración entre instituciones	177
7.4.9. Redes de cocitación de categorías	177
7.4.10. Red de cocitación de términos de los títulos de documentos.....	180
CAPÍTULO 8. Análisis de las Editoriales Españolas	185
8.1. Indicadores personales.....	187
8.2. Indicadores de productividad.....	188
8.2.1. Tipo de documentos	188
8.2.1. Producción diacrónica.....	189
8.2.2. Producción por autores.....	191
8.2.3. Tasa de crecimiento interanual.....	194
8.2.4. Producción por país.....	194
8.2.5. Análisis por instituciones	195
8.3. Indicadores de contenido	197
8.3.1. Variable A: General, Matemáticas y Educación	199
8.3.2. Variable B: Política educativa y sistemas educativos	200
8.3.3. Variable C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática.....	200
8.3.4. Variable D: Educación e instrucción en Matemáticas.....	201
8.3.5. Variable E: Fundamentos de las matemáticas	201
8.3.6. Variable F: Aritmética. Teoría de números	202
8.3.7. Variable G: Geometría.....	202
8.3.8. Variable H: Álgebra.....	203
8.3.9. Variable I: Análisis.....	203
8.3.10. Variable K: Estadística	204
8.3.11. Variable M: Modelización matemática. Matemáticas aplicadas	204
8.3.12. Variables N, P, Q y R.....	205
8.3.13. Variable U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa.....	205
8.4. Análisis de colaboración	205

8.4.1. Colaboración en autoría	205
8.4.2. Indicadores de colaboración según genero	207
8.4.3. Colaboración en países	209
8.4.4. Colaboración en instituciones.....	210
8.4.5. Redes de colaboración de autoría	210
8.4.6. Redes de colaboración de autoría según género.....	212
8.4.7. Redes de colaboración entre instituciones.....	214
8.4.8. Redes de cocitación de categorías	216
8.4.9. Red de cocitación de términos de los títulos de documentos	218
CAPÍTULO 9. Conclusiones.....	219
9.1. Conclusiones sobre el análisis ciencométrico.....	221
9.1.1. Indicadores personales	221
9.1.2. Indicadores de productividad	221
9.1.3. Análisis de colaboración.....	223
9.2. Conclusiones sobre el análisis de contenido	223
9.3. Alcance de los objetivos.....	224
9.4. Verificación de hipótesis	226
9.5. Limitaciones del estudio.....	227
9.6. Líneas de investigación futuras y recomendaciones	227
Referencias Bibliográficas.....	229
Anexos.....	247
Anexo 1. Listado de editoriales internacionales, en la categoría de Educación, producido por el <i>Book Citation Index</i> (BKCI)	249
Anexo 2. Listado de editoriales españolas, en la categoría de educación, producido por el <i>Scholarly Publishers Indicators</i> (SPI)	251
Anexo 3. Clasificación temática de MathEduc	255

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de objetivos de investigación, papel de evidencias y teorías (Adaptado de (Bishop, 1992, p. 713).....	43
Tabla 3.1 Tipología para la definición y clasificación de la Bibliometría, Informetría y la Ciencimetría. Adaptado de McGrath (1989).....	57
Tabla 5.1 Características de la cooperación, coordinación y colaboración (Fuente: Mattesich, Murray-Close y Monsey (2001), citado por Carro (2002))	83
Tabla 5.2 Clasificación intra/inter en los diferentes niveles de colaboración. Adaptada de (Katz & Martin, 1997)	85
Tabla 6.1 Listado de editoriales internacionales	102
Tabla 6.2 Listado de editoriales nacionales	103
Tabla 6.3 Muestra definitiva de las editoriales internacionales.....	104
Tabla 6.4 Muestra definitiva de las editoriales nacionales	105
Tabla 6.5 Variables cuantitativas	105
Tabla 6.6 Hoja de recogida de datos.....	107
Tabla 7.1 Clasificación de los autores atendiendo al género.....	112
Tabla 7.2 Producción diferenciada por libros y capítulos de libros de las editoriales internacionales	112
Tabla 7.3 Datos sobre número de firmas y autores por editorial	114
Tabla 7.4 Frecuencias de contribuciones por autor	115
Tabla 7.5 Autores con más documentos publicados	115

Tabla 7.6 Descripción de valores para la Ley de Price	121
Tabla 7.7 Ajuste por el método de mínimos cuadrados para la aplicación de la Ley de Price	122
Tabla 7.8 Frecuencias de contribuciones por autor.....	125
Tabla 7.9 Distribución de mínimos cuadrados de los datos observados.....	126
Tabla 7.10 Datos obtenidos mediante aplicación de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado	127
Tabla 7.11 Prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov de la distribución de autores del estudio	129
Tabla 7.12 Número de países por documento publicado.....	130
Tabla 7.13 Número de documentos por país	130
Tabla 7.14 Número de instituciones que firman cada documento	132
Tabla 7.15 Instituciones más productivas de la muestra.....	132
Tabla 7.16 Distribuciones de las instituciones según el tipo.....	134
Tabla 7.17 Distribución del número de documentos por institución y número de instituciones.....	135
Tabla 7.18 <i>Distribución en orden decreciente de productividad de documentos por instituciones</i>	136
Tabla 7.19 <i>Distribución de las zonas Bradford.....</i>	138
Tabla 7.20 <i>Porcentajes del número de instituciones y de documentos en cada zona Bradford.....</i>	139
Tabla 7.21 <i>Reparto de etiquetas por variables</i>	140
Tabla 7.22 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable A</i>	141
Tabla 7.23 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable B.....</i>	142
Tabla 7.24 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable C</i>	143
Tabla 7.25 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable D</i>	144
Tabla 7.26 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable E.....</i>	145
Tabla 7.27 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable F.....</i>	146
Tabla 7.28 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable G</i>	147
Tabla 7.29 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable H</i>	148
Tabla 7.30 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable I.....</i>	149
Tabla 7.31 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable K</i>	150
Tabla 7.32 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable M ...</i>	151
Tabla 7.33 <i>Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable N.....</i>	152

Tabla 7.34 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable R....	153
Tabla 7.35 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable U ...	154
Tabla 7.36 Frecuencias de variables conceptuales por países	156
Tabla 7.37 Índice de colaboración por editoriales.....	158
Tabla 7.38. Número de autorías por documentos diferenciando por género...	162
Tabla 7.39 Grado de centralidad en la red de autores.....	166
Tabla 7.40 Índice de intermediación de la red de colaboración de autores	167
Tabla 7.41 Métricas de la red de cocitación de términos de títulos de documentos.....	183
Tabla 8.1 Clasificación de los autores de editoriales nacionales atendiendo al género	187
Tabla 8.2 Producción diferenciada por libros y capítulos de libros de las editoriales nacionales.....	188
Tabla 8.3 Frecuencias de contribuciones por autor (muestra nacional)	191
Tabla 8.4 Tabla de autores con más documentos publicados (muestra nacional)	192
Tabla 8.5 Tabla de autores con más libros publicados (muestra nacional)	193
Tabla 8.6 Tabla de autores con más capítulos de libros publicados (muestra nacional)	193
Tabla 8.7 Tasa de variación interanual de la producción publicada en	194
Tabla 8.8 Número de documentos por país	195
Tabla 8.9 Número de instituciones que firman cada documento	195
Tabla 8.10 Instituciones más productivas de la muestra de editoriales nacionales	196
Tabla 8.11 Distribuciones de las instituciones según el tipo	197
Tabla 8.12 Reparto de etiquetas en las editoriales nacionales clasificado por variables	197
Tabla 8.13 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable A....	199
Tabla 8.14 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable B ...	200
Tabla 8.15 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable C....	200
Tabla 8.16 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable D ...	201
Tabla 8.17 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable E ...	202
Tabla 8.18 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable F ...	202
Tabla 8.19 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable G....	203
Tabla 8.20 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable H ...	203
Tabla 8.21 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable K....	204
Tabla 8.22 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable M...	204

Tabla 8.23 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable U.... 205

Tabla 8.24. Número de autorías por documentos diferenciando por género ... 209

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Línea de tiempo del ICMI (Fuente: Kilpatrick (2008)).....	36
Figura 2.2 Modelo tetraédrico de la Educación Matemática de Higginson (Fuente: Elaboración propia)	41
Figura 2.3 Relación de la Didáctica de las Matemáticas con otras disciplinas (Fuente:(Gutiérrez, 1991))	42
Figura 3.1 Relación entre especialidades métricas. Adaptado de (Gorbea-Portal, 1994)	58
Figura 3.2 Representación de la curva logística. Fuente (Price, 1986)	60
Figura 3.3 Ciclo información-investigación-comunicación. Fuente: Elaboración propia.....	65
Figura 5.1 Grafo con dos componentes.....	92
Figura 7.1 Distribución de autores según su género	112
Figura 7.2. Porcentaje de libros por editoriales internacionales	113
Figura 7.3 Producción por editoriales internacionales	114
Figura 7.4 Producción diacrónica de los documentos publicados en las editoriales internacionales	117
Figura 7.5 Producción diacrónica diferenciando capítulos de libro de libros completos de un solo autor	117
Figura 7.6 Producción diacrónica para libros de un solo autor	118
Figura 7.7 Producción de documentos publicados en editoriales internacionales clasificada por género.....	119

Figura 7.8 Representación de la Tasa de Variación Interanual para los documentos publicados en editoriales internacionales	120
Figura 7.9 Ajuste de Price	123
Figura 7.10 Línea de saturación según la 2ª Ley de Price	124
Figura 7.11 Distribuciones de las frecuencias observadas y esperadas tras la aplicación de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado	128
Figura 7.12 Producción de las instituciones clasificada por tipo de institución	134
Figura 7.13 Distribución de Bradford de documentos por institución	138
Figura 7.14 Frecuencia de categorías generales en la muestra	141
Figura 7.15 Evolución diacrónica de la variable A	142
Figura 7.16 Evolución diacrónica de la variable B	143
Figura 7.17 Evolución diacrónica de la variable C	144
Figura 7.18 Evolución diacrónica de la variable D	145
Figura 7.19 Evolución diacrónica de la variable E	146
Figura 7.20 Evolución diacrónica de la variable F	147
Figura 7.21 Evolución diacrónica de la variable G	148
Figura 7.22 Evolución diacrónica de la variable H	149
Figura 7.23 Evolución diacrónica de la variable K	150
Figura 7.24 Evolución diacrónica de la variable M	151
Figura 7.25 Evolución diacrónica de la variable N	152
Figura 7.26 Evolución diacrónica de la variable R	154
Figura 7.27 Evolución diacrónica de la variable U	155
Figura 7.28 Diagrama de sectores del porcentaje de categorías	157
Figura 7.29 Representación diacrónica de la autoría	159
Figura 7.30 Representación diacrónica del grado de colaboración de autores	159
Figura 7.31 Comparativa de género en la producción individual	160
Figura 7.32 Comparativa por género de las publicaciones en coautoría	161
Figura 7.33. Evolución en el tiempo del grado de colaboración masculino y femenino	161
Figura 7.34. Evolución diacrónica del grado de colaboración entre países	163
Figura 7.35 Evolución diacrónica del grado de colaboración entre instituciones	164
Figura 7.36 Red de colaboración de autoría	165
Figura 7.37 Red de colaboración de autores. Clúster 1	168

Figura 7.38 Red de colaboración de autores. Clúster 2	169
Figura 7.39 Red de colaboración entre autores masculinos	170
Figura 7.40 Red de colaboración entre autoras	171
Figura 7.41 Red de colaboración entre autores mixtos	172
Figura 7.42 Red de colaboración entre países (1990-2001).....	174
Figura 7.43 Red de colaboración entre países (2002-2012).....	175
Figura 7.44 Red completa de colaboración entre países	176
Figura 7.45 Red de cocitación de categorías	177
Figura 7.46 Red de cocitación de subcategorías.....	178
Figura 7.47 Red de cocitación de categorías (clúster 1).....	179
Figura 7.48 Red de cocitación de categorías (clúster 2).....	179
Figura 7.49 Red de cocitación de categorías (clúster 5).....	180
Figura 7.50 Red de cocitación de términos de títulos de documentos.....	181
Figura 7.51 Red de cocitación de términos de títulos de documentos ampliada	183
Figura 8.1 Porcentaje de libros por editoriales nacionales	189
Figura 8.2 Producción por editoriales nacionales	189
Figura 8.3 Producción diacrónica de los documentos publicados en las editoriales nacionales	190
Figura 8.4 Producción diacrónica diferenciando capítulos de libro de libros completos de un solo autor	190
Figura 8.5 Producción de documentos publicados en editoriales nacionales clasificada por género.....	191
Figura 8.6 Representación de la Tasa de Variación Interanual para los documentos publicados en editoriales nacionales.....	194
Figura 8.7 Producción por tipo de institución	197
Figura 8.8 Representación de la frecuencia de las categorías de contenido.....	199
Figura 8.9 Representación diacrónica de la autoría (muestra nacional).....	206
Figura 8.10 Representación diacrónica del grado de colaboración de autores. 207	
Figura 8.11 Comparativa de género en la producción individual.....	208
Figura 8.12 Comparativa por género de las publicaciones en coautoría	208
Figura 8.13. Evolución en el tiempo del grado de colaboración masculino y femenino.....	209

Figura 8.14 Evolución diacrónica del índice de colaboración entre instituciones	210
Figura 8.15 Red de colaboración de autores	212
Figura 8.16 Red de colaboración autoras (muestra nacional).....	212
Figura 8.17 Red de colaboración entre autores masculinos (muestra nacional).....	213
Figura 8.18 Red de colaboración entre autores mixtos (muestra nacional)	213
Figura 8.19 Red de colaboración entre instituciones (muestra nacional).....	215
Figura 8.20 Red de cocitación de categorías.....	217
Figura 8.21 Red de cocitación de términos de los títulos de documentos (muestra nacional).....	218

CAPÍTULO 0. SUMMARY IN ENGLISH

- 0.1. Introduction
- 0.2. Mathematic Education as a field of study
- 0.3. Scientometrics applied to the assessment of scientific production
- 0.4. Gender matters within the scientific production
- 0.5. Scientific collaboration
- 0.6. Methodology
- 0.7. Conclusions

0.1. Introduction

0.1.1. Approach to the research problem

The written dissemination of scientific knowledge has several directions, namely: articles in scientific magazines, communications in conferences, theses, books, and patents. Most of the bibliometric research has focused on the articles and sporadically on conferences and patents. Books have been left aside, among other reasons, due to the difficulty of carrying out a thematic indexing according to thesauri, since they are not always the result of research, since in many cases they are not assessed by other experts, or due to the great number of them which are published every year, quite often by local or regional publishing houses. However, this trend has started to change with the introduction, in 2010, of the Book Citation Index by Thomson Reuters in its range of databases on Web of Science (WoS) and the Scholarly Publishers Indicators (SPI), produced by *Grupo de Investigación de Evaluación de Publicaciones Científicas (EPUC)* (Research Group of Assessment of Scientific Publications), which belongs to the *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)* (Spanish Higher Council for Scientific Research).

These tools provide us with new ways of studying books and, therefore, many disciplines of Social Sciences and Humanities, where publications have traditionally consisted of books, could be analysed in order to infer their publication patterns.

Particularly, the production on Mathematics Education has only been studied through articles, doctoral theses and seminars, but never through books, whereas in the macro-area of Social Sciences, most cited information is produced in non-scientific literature and, therefore, not in scientific magazines (Glänzel & Schoepflin, 1997).

Along these lines, Spinak (1998) claims that most of the studies about assessment of the scientific production have been carried out through publications included in large databases, which work very well with what has been called dominant science. Nevertheless, it presents great epistemological and instrumental failures when we intend to include the production by less-developed countries in this analysis.

Mathematics Education is an essential part of an individual as a member of society; it ranges from the most basic concept of quantity to the most complex processes of deduction that can be taught in higher courses. It can be defined as a group of ideas, knowledge, processes and, in general, of activities involved in the construction, representation, transmission and assessment of mathematical knowledge that take place intentionally (Luis Rico, Sierra, & Castro, 1999).

The need to assess Mathematics Education is more than justified, not only due to the interest it raises as a scientific discipline, but also to its social character. Since assessment is one of the most important parts in every educational process, it is reasonable to think Mathematics Education will also be susceptible to be assessed. Torralbo (2002) highlights the difficulty of this assessment making a connection with the uncertainty principle in Physics:

When trying to analyse Mathematics Education, the assessor feels subject to an uncertainty principle, in the sense that, the more this is assessed, the more its failure is detected. But when such assessment is omitted, the more we miss it, and the more we need to know about the assessment that has already been made (p. 12).

The concern about the quality of the research in Mathematics Education has been a constant since this field of research appeared, but one of the problems detected when assessing the quality of the research is that there is not an agreement about the way to establish the quality of such research in Mathematics Education (Maz-Machado & Torralbo-Rodríguez, 2007).

At this point, our research question is: Is it possible to identify the research agendas in the field of Mathematics Education from the published books?

0.1.2. Review of literature

After identifying the research problem, the logical process is to carry out a thorough bibliographic review about the subject matter. It is about “carrying out a review of the state of knowledge on the research problem” (Forner & Latorre, 1996, p. 132).

In our case, this review has been made in different approaches. On the one hand, as for the analysis tool, Scientometrics, we have found researches that specifically analysed the dissemination of knowledge through books. Thus, we have come across works such as the one by Haba, Osca, Muñoz and López (1999), where they take a bibliometric approach to the publication of books on cardiology in Spain, based on the conceptual categorization provided by the ISBN (International Standard Book Number), or the work carried out by some members of the research group EC3 of Assessment of Science and Scientific Communication on the *Book Citation Index* by Thomson Reuters (Torres-Salinas, Robinson-García, Jiménez-Contreras, & Delgado-López-Cózar, 2012). This article exposes the lack of books and chapters of books in databases indexes. This lack is crucial, especially in certain fields, such as Humanities and Social Sciences, where the book is a very important dissemination means.

On the other hand, the review of literature in Mathematics Education becomes more complex due to the wide range of aspects that can have an impact on this research field. We may say that Mathematics Education as a discipline is approximately 40 years old. In this relatively short period of time, there have been several attempts to analyse the research agendas in the field. In most cases, these analyses have been carried out on doctoral theses, both at an international and national level. At an international level, we can highlight the works by Fiorentini (1993) in Brazil, by Donoghue (2001) in the United States or Reys and Kilpatric (2001), who focused their analysis on the historical evolution of the discipline between the years 1980 and 1998 through doctorate programmes on Mathematics Education in the United States. At a national level, we can highlight the works by Torralbo (2002) and Vallejo (2005). In both cases, they carry out a scientometric, conceptual and methodological analysis of the doctoral theses on Mathematics Education in Spain. There are also other studies that have analysed the production on the area through articles that have been published in magazines indexed in prestigious databases (Noelia Jiménez-Fanjul, Maz-Machado, & Bracho-López, 2013a; Llinares, 2008; Maz-Machado & Torralbo-Rodríguez, 2007).

0.1.3. Resources used

The bibliographic references used for this thesis can be classified in three main groups.

The first group is located in the area of Mathematics Education, as this thesis is made on and for this area. We have used a wide range of references, from the beginning of this research field until the latest international Handbook published in the area. We thought it was essential to carefully read this publication as it can be considered a state of the question.

The second group of references can be classified within Scientometrics and Bibliometrics as basic tools of this thesis. Our working tools can be extracted from here; in this sense, some articles published in magazines like *Scientometrics* become especially relevant.

And the third group is made up of publications related to scientific collaboration, social networks and their analysis.

0.1.4. Thesis structure

The structure of the thesis is divided in three main groups: in the first one, we introduce the theoretical framework that supports our study; in the second one, we explain the methodology used in our research, and, lastly, the third group contains the results and conclusions of the research work.

The theoretical framework includes chapters two, three, four, and five. Each of these chapters refers to each of the areas we have mentioned in the previous section. Chapter two is dedicated to Mathematics Education as a field of study, where we start from the beginning of this research area from Mathematics and Education. Afterwards, we deal with social, political and cultural aspects of Mathematics Education, as well as its assessment. In chapter three: Scientometrics applied to the assessment of scientific production, we show a historical overview through the three metric specialities, Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics, and we describe the main bibliometric laws and indicators. In chapter four, we talk about gender, both in Mathematics Education and in Scientometrics. Lastly, in chapter five: Scientific collaboration, we describe in detail the concept of scientific collaboration and the different types of collaboration that can be found. We show the indicators that measure it as well as the networks that describe it.

The second part of the thesis includes chapter six, dedicated to the methodology used, we outline the goals of the research and the work hypotheses, we describe the population and a sample of it, as well as the tools to collect and analyse data; chapter seven, dedicated to analysing international publishing houses; chapter eight, with the analysis of results from Spanish publishing houses. We finish with the chapter of conclusions of the research.

Finally, the paper includes a list with bibliographic references and annexes.

0.2. Mathematic Education as a field of study

Mathematics Education is a field characterised by a very complex reference and action domain, mainly due to its relationship with Mathematics and other sciences like

Philosophy, Psychology or Sociology, the complex education system in different societies and the various factors that take part in learning, its relationship with culture, etc. Apart from this mixture of factors, this complexity becomes even greater if we add all the people who take part in all these processes with different roles.

Education started to be considered an independent discipline in a long process that started with the first academic post in Education in 1779 (Kilpatrick, 1998). But it was not until the end of the 19th century when the paths of Mathematics and Education started to converge towards Mathematics Education. German universities began to offer a practical training on teaching Mathematics thanks to Felix Klein, who organised those courses. He directed the first doctoral thesis on Mathematics Education (Schubring, 1988).

Another crucial point that made Mathematics Education take off internationally was the revision of the curricula carried out after the Second World War, in response to social, political, cultural and economic demands, which were requested by the new western societies (Rico, 1996). Klein, during his presidency of the ICMI, laid a great emphasis on this curricular change. He believed that a new approach to the Faculty's Training could be reached if the curricula of Secondary Education and a higher education were closer.

Mathematics and Mathematics Education walked together until the middle of the 20th century. From that moment on, we started to feel the need to redefine the role of Mathematics Education, which involves a cultural breakdown with Mathematics (Furinghetti, Matos, & Menghini, 2013). That breakdown was championed by Freudenthal, acting over the two questions where that power or presence of Mathematics was felt. On the one hand, on magazines, thus Freudenthal created *Educational Studies in Mathematics (ESM)* in 1968. This initiative was supported by other groups, and for instance, the *Zentralblatt für Didaktik de Mathematik (ZDM)* appeared in 1969, or the *Journal for Research in Mathematics Education (JRME)*, in 1970. On the other hand, as for the second question, on congresses, with the celebration of the first *International Congress on Mathematical Education (ICME)*, held in Lyon, France, in 1969. Since that moment on, the ICME has always been held every four years. But it was not until ICME-3 when the first international study groups were created: the *History and Pedagogy of Mathematics (HPM)* and the *Psychology of Mathematics Education (PME)*. From that moment, a wide range of research topics have been opened in the field of Mathematics Education, which Furinghetti, Matos and Menghini (2013) classify in three main concepts: relationship between Mathematics Education and Psychology, the social, cultural and political dimension of Mathematics Education, and the importance of theory for Mathematics Education.

In Spain the research on Mathematics Education is mainly carried out by universities, as there are no research centres exclusively dedicated to it. At the beginning there were few professors. Mathematics educators have that double role, as educators and researchers. On that point, (Rico and Sierra, 2000) claim that Mathematics Education in Spain has been present in teachers' training since the creation of the first Normal School but it was not until the 70s when the degree in Teaching recovered its university character, after the General Law of Education (*Ley General de Educación*, LGE, in Spanish) was enacted.

In 1983 the Law of University Reform (*Ley de Reforma Universitaria* in Spanish) was enacted, establishing a legal framework for the creation of the area of knowledge *Didactics of Mathematics*, which boosted the creation of four specific departments in the University of Granada, Complutense University of Madrid, University of Seville and University of Valencia. In the rest of universities, they are part of areas of knowledge within Mathematics departments, such as, for example, the University of Córdoba, in departments together with Didactics of Experimental Sciences and even departments of Education. These departments are in turn organised in lines of research (Torrallbo, Maz, Rico, & Fernández-Cano, 2001). Another key element in the development of this discipline in Spain is the creation of the *Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (SEIEM) (Spanish Society of Research on Mathematics Education) in 1996.

Research on Mathematics Education

According to Romberg (1988), in order for a field of study to be considered a scientific discipline, the following circumstances must take place:

- The existence of a group of researchers with common interests to guide their work
- The theory must provide with enough explanations so as to make predictions about the phenomenon
- The terms used are commonly accepted by that community, and there are also some procedures accepted by the group to prove the statements.

Most authors believe that these premises are not valid for all fields of research. The phenomena in Mathematics Education is so complex that the coexistence of different schools of thought is believed to provide different approaches to the research problems (Bunge, 1985; Godino, 2010; Shulman, 1986). The mixture of disciplines within Mathematics Education does not help us either to apply Romberg's premises to our field of study. This mixture of disciplines has been addressed by different authors, such as Higginson (1980), who claims that many of the difficulties found when establishing consistent theories and methodologies in Mathematics Education are due to the fact that many factors which influenced the foundation of this discipline have

been disregarded. The author states that Mathematics Education consists of four disciplines, namely: Psychology, Sociology, Mathematics, and Philosophy. Therefore, if we pay attention to the tetrahedral arrangement of these disciplines, we will be in a better position to understand many factors.

The idea of achieving a common theoretical framework for the discipline has been a constant concern for researchers of the area. A proof of this was the creation of the working group *Theory of Mathematics Education* at ICME-5. Kilpatrick (1981) in the PME of 1981 complained about the lack of attention to the theory in many researches carried out in the United States and he criticised the fact that some theories were borrowed from other fields of research instead of creating own ones. However, authors like Steiner (1990) believe that it would be dangerous to insist on the use of own theories, as he thinks that Mathematics Education needs interdisciplinary approaches. Therefore, it would be a mistake not to use properly the theories from other disciplines, if we take into account that this interdisciplinary idea does not mean borrowing already-made theories, but it involves the existence of much deeper relationships and connections among the disciplines.

Traditionally, the research on Mathematics Education has been placed around three main ideas (Bishop, 1992):

- *Pedagogical tradition*: It collects everything that happens in the classroom, the teacher is the main subject
- *Empirical-scientific tradition*: It treats Mathematics Education as an experimental science, using its research methods
- *Scholastic-philosophical tradition*: It deals with the critical theorization of the discipline

Later on, the research perspectives and lines have been extended, and Godino (2010) establishes the following classification:

- *Theory and Philosophy of Mathematics Education*
- *Psychology of Mathematics Education*
- *Problem Solving and Modelling*
- *Sociocultural Views*
- *Sociocritical Views*
- *Semiotic Perspectives*
- *Symbolic Interactionism*
- *Basic Mathematics Didactics*
- *Freudenthal's Didactic Phenomenology*
- *Curriculum and Training*
- *Dissemination channels of scientific production in Mathematics Education*

- *Mathematics as a means of scientific communication.*

Glänzel and Schoepflin (1997) claim that, in Social Sciences, a considerable part of the quotes in researches are not published articles, but books play an essential role in these references. In this sense, Hicks (1999) argues that the fragmented and multilingual character of the scientific production in Social Sciences, in general, makes it difficult to find a preferential dissemination channel. Thus, he claims that the coverage of the database *Social Science Citation Index (SSCI)* is much less thorough than *Science Citation Index (SCI)*. There are works in the area of Mathematics Education where they analyse the quotes used by Spanish authors in this field in articles published in the database *Social Science Citation Index*, concluding that 39.76% of the quotes are books (Noelia Jiménez-Fanjul, Maz-Machado, & Bracho-López, 2013b). Therefore, we believe that Mathematics Education, as a Social Science, repeats these behavioural patterns. For this reason, we consider books to be an important dissemination channel in this area.

0.3. Scientometrics applied to the assessment of scientific production

In this chapter of the thesis, we study in depth the main analysing tool of this work, Scientometrics. We start with a brief overview of the evolution, along their short history, of the main specialities of the information sciences, that is, Bibliometrics, Informetrics and Scientometrics. In the next section, we will describe the most important bibliometric laws, such as Prices's Law, Lotka's Law, Zipf's Law and Bradford's Law. Afterwards, we will go into the description of those bibliometric indicators that will allow us to analyse the relationship among authors, working centres, topics, and in general, most factors that take part in the scientific production in Mathematics Education. All this will allow us to talk about the assessment of the scientific production in the last section of the chapter.

According to Gorbea-Portal (2005), a way to identify the scientific regularities of every phenomenon to be studied is by using quantitative expression of its behaviour, as well as the mathematical and statistical representation of the scientific knowledge. At this intersection of Mathematics with other disciplines is where the *metrics of scientific knowledge* arises, which has been defined by Morales-Morejón (quoted by Gorbea-Portal, 2005, p.21) as "the application of mathematical methods and models for the qualitative analysis of the object of study of a given science, as well as the revelation of its laws and regularities".

The metric studies of information are experiencing a considerable growth in the specialities of information sciences, not only due to their usefulness within this

discipline but due to the connections that are being established with other disciplines, such as Medicine, Psychology, Pshychopedagogy or Mathematics Education, among others.

Since Vassily V. Nalimov coined the term *Scientometrics* in 1960, it has been used to describe the behaviour of the science; its growth, structure, productivity, etc. Scientometrics is very closely related to Bibliometrics and Informetrics, in fact, on many occasions these terms are used interchangeably as there is some overlapping among them, especially in the mathematical methods and models used, but each of them has its specific object of study (Araújo-Ruiz & Arencibia-Jorge, 2002). However, it is quite paradoxical how the terminological instability has persisted since the origins in a very rigorous discipline from a methodological point of view. In this chapter, we present a review of the literature related to the etymology and conceptual significance of these three metric disciplines.

0.4. Gender matters within the scientific production

There is no doubt that, in the 21st-century society, the woman has a decisive role in all its spheres, but in many cases, she does not have the proper visibility. This is known as Matilda Effect, in honour of Matilda J. Gage, an American activist who fought for women's right to vote. The expression was coined by historian Margaret W. Rossiter with the aim of indicating the fact that women scientists get less credit and acknowledgement for their work. Matilda Effect is a corollary of Matthew Effect postulated by the famous sociologist Robert K. Merton (1968).

The fact that publications are usually signed with the surname and the initial of the name does not contribute to make the work by women researchers more visible. In this sense, there are already some magazines which ask for the authors' full name, such as *Scientometrics*, which has been doing so since the year 2000. Some organisations, like The Helsinki Group, promote the inclusion of gender data in researches (The Helsinki Group, 2014). The database Thomson Reuters ISI Web of Science has also included authors' full names since 2007.

Since 2012, gender equality has been one of the key points in Europe's research programmes (European Comission, s.f.). In this sense, there are numerous researches being carried out on the role of women in research, trying to draw patterns and find indicators of their productivity (De Torres & Torres-Salinas, 2007; Leta & Lewison, 2003; Lewison, 2001; Lundberg, Brommels, Skar, & Tomson, 2008).

If we focus on the area we are particularly interested in, we can see that there are numerous researches analysing the relationship between Mathematics and gender from different perspectives and different countries (Hanna, 2002b). However, there are

no researches that analyse the scientific production in Mathematics Education from the perspective of gender. That is why we think this analysis is relevant and novel. Besides, since the study we have intended covers quite a long period of time, we hope to observe the trends and patterns of women's participation in the research on this area.

0.5. Scientific collaboration

Collaboration is an intrinsic part of the scientific activity. The idea of the researcher alone in his laboratory remains in the past, whereas it is not conceived nowadays. Even though there are works published under one signature, being it there is the participation, in certain way, of other people or institutions that support that author. The main incentives that lead to this collaboration are: economic and political reasons (Beaver & Rosen, 1978, 1979; Beaver, 2001), greater visibility of the works (Lewison, 1991; Narin, Stevens, & Whitlow, 1991) and the individual need to achieve acknowledgement in order to continue with the academic career (Filippo, Morillo, & Fernández, 2008).

Academic institutions promote collaboration through agreements, scholarships or stays of their researchers in other research centres. Governments also motivate scientific collaboration through different grants for projects. Examples of this are the European initiatives within the framework of Horizon 2020. We cannot conceive the idea of a single research team presenting a project on its own; most subsidised projects include different countries.

There are many examples in literature about scientific collaboration, especially from the 1970s. The first review about it was carried out by Katz and Martin (1997). In their work, they question several factors that are taken for granted in the whole process of collaboration, such as, for example, the fact that the concept of collaboration is understood by all, as we will see along the paper, which is not a trivial matter. At the same time, they classify the works published up to that moment; thus they distinguish among those works:

- Focused on the way collaboration is measured
- Which analyse factors that improve collaboration
- Focused on the role of communication and the effects of physical and social proximity on collaboration
- Which are focused on the effects collaboration has on productivity and the impact of the research

However, we cannot simplify what collaboration involves at all. Therefore, we will dedicate this chapter to defining what we understand by collaboration, we will try to identify different types of scientific collaboration, we will find out the way to measure it and we will try to analyse the reading of its results.

Most definitions of scientific collaboration emphasise the relationships, thus, the main characteristic of collaboration is the creation of bonds that allow to obtain benefits or achieve an objective that could not be possible if done individually. This poses the following question: how close must those bonds be to be considered collaboration? In this sense, we could position ourselves in a half-way point between what can be considered a soft definition of collaborator, that is, anyone who contributes with something to a research, and what can be considered a strong definition, according to which only that person directly contributing throughout the whole research process can be considered a collaborator. In that sense, Carro (2002) establishes a classification between these two extremes, distinguishing among contact, cooperation, coordination and collaboration, which in many cases are used as synonyms.

Measuring scientific collaboration

In bibliometric studies, scientific collaboration is usually measured according to the rate of coauthorship. In order to do so, documents are assigned to the different signatory authors and institutions. From the different possible counts, in this paper we have chosen a complete count of authors in order to obtain the individual and institutional production in a clearer way. This means that all the authors of a publication receive a credit for it, so that this will have a multiplying effect on the final number of publications. This process will lead us to the personal productivity rate.

A direct consequence of measuring scientific collaboration is the authors' productivity and visibility.

It is clear that collaboration increases the authors' productivity, but it is not always a linear increase. If we analyse the works that study the relationship between productivity and the number of members in research groups, we can see that productivity is higher in smaller, rather than bigger, groups (Hicks & Skea, 1989).

As for productivity, the most productive authors tend to collaborate more frequently and the least productive authors tend to collaborate more with the most productive, rather than with those with an average productivity (Persson, Glänzel, & Danell, 2004). This has been called "Matthew Effect", which, mentioned for the first time in this context by Merton (1968), the author claimed that eminent scientists received a disproportionate acknowledgement for their contributions, whereas less famous scientists received much less acknowledgement.

Therefore, it seems that signing with more productive scientists increases the visibility and the chances to make contact with other researchers. Some claim that the authors' visibility is higher when there is collaboration rather than when a work is signed individually (de Moya-Anegón, Chinchilla-Rodríguez, Vargas, & González, 2006; de Moya-Anegón, Vargas-Quesada, et al., 2006).

Networks of scientific collaboration

The origin of the networks theory goes back to the 18th century, with the famous problem of the seven bridges in the city of Königsberg, Prussia. Since that moment, up to now, it has become an essential mathematical tool in very diverse fields, like Operations Research, Linguistics, Chemistry, Physics, Genetics, Networks Theory or Decision Theory.

In this paper we will analyse the networks of scientific collaboration from coauthorship; they will be very useful to identify Invisible Colleges, to analyse institutional collaboration, as well as to represent the research agendas in the area through networks of descriptors. Its application involves a great advance in the representation and analysis of the structure of the areas of knowledge at different levels; that is, at a geographic level, topic, institutions or individual level (Perianes-Rodríguez, Olmeda-Gómez, & de Moya-Anegón, 2008).

We can highlight some qualities of the networks of collaboration (Carro, 2002):

- They describe the features of the academic society
- They show the structure of scientific knowledge

They are constantly growing, which guarantees new nodes that describe their dynamic evolution.

0.6. Methodology

Objectives

The main objective of this research is to analyse the production in Mathematics Education through a scientometric and conceptual study of the publications outside the main scientific dissemination channels, such as articles and congresses. That is why the paper has focused on those books published on the area in a period between 1990 and 2012.

In parallel with this, we will study a sample of books published by the main Spanish publishing houses on the field of Education, and more specifically, on Mathematics Education, in order to have a view of the national outlook, thus

complementing previous studies in Mathematics Education in Spain in articles (Bracho-López et al., 2012), congresses (Maz-Machado, Bracho-López, Torralbo-Rodríguez, Gutiérrez-Arenas, & Hidalgo-Ariza, 2011) and doctoral theses (Vallejo-Ruíz, Fernández-Cano, Torralbo-Rodríguez, & Maz-Machado, 2007).

In order to meet this general objective, we suggest the following specific objectives:

SO 1. Identify trends and patterns in the working topics in the area of Mathematics Education.

SO 2. Identify and describe the networks of collaboration at an institutional, geographic and personal level.

SO 3. Identify the most productive authors of this disciplinary field.

SO 4. Identify the most productive institutions of this disciplinary field.

SO 5. Check if the production in Mathematics Education disseminated through books verifies the main bibliometric laws.

SO 6. Quantify the rate of variation from year to year in the production of books about Mathematics Education.

SO 7. Analyse the production on Mathematics Education disseminated through books, from the perspective of gender.

SO 8. Identify and quantify the scientific production on Mathematics Education in Spain disseminated through books.

Working hypotheses

- H1. The production on Mathematics Education disseminated through books between 1990 and 2012 includes a wide range of topics, but most of them are focused or have to do with educational institutions.
- H2. In general, the production on Mathematics Education disseminated through books verifies some scientometric laws.
- H3. The presence of women in the research on Mathematics Education has gained an increasingly important role in the production of the area disseminated through books.
- H4. Most of the books published on the area of Mathematics Education are signed by one single author.

Design of the research

From a scientometric and conceptual point of view, this research involves a descriptive-retrospective study of the international scientific production on

Mathematics Education through those books published within a sample consisting of a representative selection of the most outstanding publishing houses on this area of research.

Our study will use the scientific methodology typical of scientometric studies, quantitative methodology, oriented to obtaining general information through the analysis of individual cases. In order to do so, we will use bibliometric techniques and analysis of social networks. We can consider this research as an inductive one (Bizquerra, 1989).

If we pay attention to the nature of the data and its statistical treatment, the study can be considered a sample study based on quantitative methodology typical of physical-natural sciences.

The current paper can be understood as *ex post facto* (León & Montero, 1997), since, on the one hand, it does not allow a contrast of causal relationships in a deterministic way, as the independent variable cannot be manipulated, and, on the other hand, it tests the relationships among variables in the past.

According to temporality, we can say that it is a longitudinal study (Cohen, Manion, & Morrison, 2007), as it analyses the international scientific production on Mathematics Education and its evolution in a period of 23 years, between 1990 and 2012.

Phases of research

The methodology used can be summarised in 5 phases of research: documentation steps, collection and organisation of the information, analysis of the information, updating the bibliographical review, and, finally, elaboration and dissemination of the final paper.

1st PHASE: Documentation steps

It means the search for bibliographic documentation of researches on the working areas involved in the research, that is: Mathematics Education, Scientometrics, and Networks of Collaboration.

2nd PHASE: Collection and organisation of the information

We selected the publishing houses to be checked, and looked for the necessary data from each book. In many cases, data were available online; when this was not possible, books were found through the library loan system of the University of Cordoba and on different visits to the library of the Faculty of Educational Sciences of the University of Granada, for those older volumes which were not available through the loan service among Andalusian university libraries (CBUA, Spanish abbreviation).

The data object of analysis was recorded on a guide created for that purpose, and also a database was created *ad hoc* for its later analysis.

3rd PHASE: Analysis of the information

Bibliometric techniques were used, and a quantitative analysis was carried out with all the resulting numeric information from the research.

Several levels of quantitative analysis have been established: personal productivity, distribution of authors according to areas, productivity at an institutional level, etc.

We have taken into account the operational variables and the measuring procedure explained in detail in the section *Variables del estudio* the Study, as well as the collecting tools from the section *Instrumentos de recogida de datos*.

4th PHASE: Updating the bibliographical review

Before concluding the work, the theoretical framework of the thesis has been updated, which we have considered necessary due to the time passed since the documentation phase.

5th PHASE: Elaboration and dissemination of the final paper.

Final composition of the thesis outlining the discoveries found, the difficulties and the general conclusions of the study.

Population and Sample

The population of our study are all the books on Mathematics Education published between 1990 and 2012, both by international and Spanish publishing houses.

It is obvious that a census study of this population would be almost impossible to carry out for several reasons; the most important of them is the fact that books on a specific topic area are not only published by publishing houses specialised in that area, but also by any publishing house on different fields, that is: international, national or local levels. Therefore, the search for these books should start by finding all the existing publishing houses on the different fields we have mentioned. For this reason, we have selected a sample for the study consisting of a list of international publishing houses, on the one hand, and a list of Spanish ones, on the other, so that both results could be compared.

The selection of publishing houses was made through enquiries to experts on the area, starting with the list provided by the Book Citation Index (BKCI) for the area of Social Sciences and Humanities. The experts enquired could also add any other

publishing house if they considered it necessary. That is how the final list for the sample was obtained.

0.7. Conclusions

0.7.1. Conclusions about the Scientometric Analysis

Personal Indicators

As for the gender analysis, it can be concluded that the representation of both male and female authors in the international sample is very matched, since they both represent 50 %, as can be seen in section 7.1. On the other hand, in the Spanish sample there is a slight difference between the two groups, as women account for 40 % of the documents whereas men represent almost 60 % (section 8.1). This difference can be explained due to the general delay in the development of this area in Spain, as well as the social circumstances at the end of the 1970s and beginning of the 1980s. An evidence of this is that there are no individual publications by women until 1997.

Productivity Indicators

As for the authors' productivity, according to what Lotka's Law predicts, there are numerous authors who publish few documents; more specifically, as for the international sample, almost 70 % of the authors publish a single document, whereas in the Spanish sample that figure rises to 76.60 %. Therefore, both samples show a high rate of transience.

The most productive authors in the international sample are Bharath Sriraman (31 documents), Paul Cobb (27 documents), and Ole Skovsmose (23 documents), and in the Spanish sample, Luis Rico (16 documents). In order to see a more thorough list of the authors' production, see *Tabla 7.4* and *Tabla 8.4*.

In the analysis of the production from a gender perspective, we can conclude that virtually a third of the production in the international sample is signed by individual female authors (32.16 %); this figure slightly increases for individual male authors (39.70 %) and it decreases for those documents where both men and women take part (28.15 %).

The greatest producers, according to Bradford's classification, are Gilah C. Leder with 11 documents, Lyn D. English, and Norma C. Presmeg with 10 documents each.

In the Spanish sample there is a more significant difference between male and female production. Male authors represent 58.21 % of the production, whereas women

only account for 22.39 %. Therefore, in this case we can consider there is a gender bias in the publication of books within the field of Mathematics Education in Spain.

As for the analysis of the production according to countries, it can be concluded that there is a clear predominance of English-speaking countries, with the United States in the lead, accounting for 47.47 % of the documents. The first ranked country with an official language different from English is France (2.86 %), followed by Israel (2.77 %), Germany (2.20 %) and Italy (2.04 %). However, we remind that all the documents in the sample are written in English.

In the Spanish sample, as expected, the most frequent country is Spain, with 82.85 % of the production. If we leave it aside, the United States is again the country with more signed documents (5.84 %), followed by Portugal (3.10 %), although with incidental percentages compared to that of Spain. This shows how Spanish publishing houses have a local field of action and they lack the necessary international prestige within the area of Mathematics Education for foreign authors to publish their works with them. Another reason might be the language obstacle, since all the Spanish publishing houses publish their documents in Spanish.

As for the analysis of the production based on institutions, there are 1,328 institutions in the international sample, among which we can mention Utrecht University from Holland, headquarters of Freudenthal Institute, which has the highest productivity, with up to 80 documents. It is followed by Vanderbilt University with 68 documents. We need to go down to the 29th position to find a Spanish-speaking institution, the *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados de México (CINVESTAV)* (Mexican Centre of Research and Advanced Studies), with 30 documents.

The first Spanish institution we find in this sample is University of Granada with 22 documents, followed by Autonomous University of Barcelona with 11 documents.

In the analysis of Bradford's Law for institutions, it is concluded that up to 31 institutions produce 25 % of all the production in the analysed sample, which corresponds to what has been called core of Bradford's zones.

As for the Spanish sample, there are 137 institutions, among which we can highlight University of Granada with 92 documents. This result, together with that from the international sample, makes the University of Granada a model in the research on Mathematics Education. The Autonomous University of Barcelona is ranked second with 20 documents. These results coincide with those obtained by Bracho-López (2010) after analysing the most popular journals on Education in Spain.

Collaboration Analysis

As for the collaboration in the authorship of the documents, in the international sample there is a degree of collaboration of 1.88. This figure does not reach the degree of collaboration usually established in Social Sciences, which is two authors per document (Bordons & Gómez, 1997). In the Spanish sample, this degree of collaboration is even lower, 1.60, as can be seen in section 8.4.1.

0.7.2. Conclusions about Content Analysis

The Content Analysis carried out through the subject classification of categories by MathEduc confirms what other Bibliometric studies on Mathematics Education have found out (Bracho-López, 2010; Torralbo-Rodríguez, 2002; Vallejo-Ruíz, 2005). The most interesting subjects for researchers on Mathematics Education are *Education and Mathematics Education*, *Psychology of Mathematics Education*, *Research on Mathematics Education* and general subjects of *Mathematics and Education*. In both samples, the same results can be found in this respect, as can be seen in sections 7.3 and 8.3.

On the other hand, the results differ in the analysis of category E, *Fundamentals of Mathematics*, whereas those authors who publish in Spanish publishing houses are more interested in subjects like *Reasoning and demonstration methods in the Mathematics class*; their colleagues publishing in international publishing houses are interested in the subcategory of *Philosophy and Mathematics*.

Another difference that was found was that authors in the Spanish sample publish works related to content more typical of Mathematics than those authors in the international sample.

As for the network of co-citation of terms of titles in sections 7.4.10 and 8.4.9, it can be concluded that the central node is, as expected, the term Mathematics, both in the sample of international and Spanish publishing houses.

As for the predominant academic level studied by documents in both samples, we do find differences: whereas authors in the international sample focus mainly on Secondary Education and University, authors in the Spanish sample are more interested in Primary Education.

0.7.3. Range of the Objectives

We must remember that the general objective of this research is to analyse the production in Mathematics Education through a Scientometric and conceptual study of the books published in the field in the period between 1990 and 2012. This general objective was defined through some specific ones.

The first one of these specific objectives was related to the conceptual analysis:

- SO 1. Identify trends and patterns in the working topics in the area of Mathematics Education.

We can claim that this objective has been accomplished through the analysis of the subject categories of the documents and through the analysis of co-citation of terms in the titles of the documents.

A concept map of scientific production in Mathematics Education published in books has been drawn. In this analysis, we have confirmed that researchers on the area deal with very varied topics, but a great deal of the production is dedicated to subjects directly related to the teaching and learning of Mathematics.

- SO 2. Identify and describe the networks of collaboration at an international, geographic and personal level.

We consider this objective has been accomplished with the analysis of networks. These provide us with a view of the collaboration which is much richer than that provided by the collaboration indicators. In fact, we have seen how different the collaboration relationships among the authors in the sample are, as well as among institutions and countries.

- SO 3. Identify the most productive authors of this disciplinary field.
- SO 4. Identify the most productive institutions of this disciplinary field.

Both objectives have been accomplished through the analysis of the variables *authors with a higher production* and *institutions with a higher presence*, as can be seen in sections 7.2.2, 8.2.2, 7.2.8, and 8.2.5.

- SO 5. Check if the production in Mathematics Education disseminated through books verifies the main bibliometric laws.

We have checked the three bibliometric laws: Price's, Lotka's and Bradford's, although the results obtained have been different in the verification. On the one hand, it has been proved that the production in Mathematics Education disseminated through books verifies Bradford's Law applied to institutions, but not to countries. On the other hand, we have applied Lotka's Law to authors and it has proved that their productivity does not match (with a significance level of 0.01) this Law.

As for Price's Law, we have seen that the match of the production to an exponential curve, as Price predicted, is not very good ($R^2=0.927$); thus, this result must be carefully considered. A better match could have been obtained with a wider sample.

- SO 6. Quantify the rate of variation from year to year in the production of books about Mathematics Education.

The rate of variation from year to year in the production has been quantified, and we have identified a very different behaviour of this rate throughout the period of time analysed.

- SO 7. Analyse the production of Mathematics Education disseminated through books, from the perspective of gender.

We have carried out an analysis of the gender of the authors signing the documents of the selected sample. However, it has been a difficult objective to accomplish due to the tradition of not signing with the complete name. Finally, we have concluded that there is no bias as for the gender in the international sample, although male production is slightly higher than female one. However, this bias is present in the sample of Spanish publishing houses.

- SO 8. Identify and quantify the scientific production on Mathematics Education in Spain disseminated through books.

This objective has been accomplished, although the production has not been very large; therefore, the analysis has not been carried out with the same depth as the international analysis.

- SO 9. Produce a database that will be used as a working tool for different agents involved in the field of Mathematics Education.

The accomplishment of this objective has been the most labourious one, especially the most time-consuming. A long and conscientious process has given as a result the production of a quite complete database that can be useful for other researchers in the area, as it allows to see the production published through books from very different perspectives.

0.7.4. Hypotheses Verification

As for the working hypotheses established for this research, we can say that:

- H1. The production on Mathematics Education disseminated through books between 1990 and 2012 includes a wide range of topics, but most of them are focused or have to do with educational institutions.

The analysed production has been catalogued through a series of categories based on the subject classification by MathEduc, which has allowed to confirm that a wide range of subjects is indeed covered. We must also mention certain preference to deal with subjects related mainly to the teaching of Mathematics, as has been shown in the analyses described in section 9.2.

H2. In general, the production on Mathematics Education disseminated through books verifies some Scientometric laws.

Indeed, the production on Mathematics Education published through books verifies, at least, Bradford's Law for institutions (see 7.2.9). It also verifies Price's Law, although this result must be carefully considered, as we have already mentioned.

H3. The presence of women in the research on Mathematics Education has gained an increasingly important role in the production of the area disseminated through books.

The results shown by the research allow us to claim that, in the international sample, the role of women is virtually at the same level as that of men, which has been proved both according to the number of male and female authors, and their productivity level. Therefore, we can claim that there is no gender bias at an international level.

As for the Spanish sample, we cannot say the same, as both the number of female authors and their productivity is lower than men's.

H4. Most of the books published on the area of Mathematics Education are signed by one single author.

The results obtained related to collaboration make us reject this hypothesis; although collaboration is not very high, in general, the indicators found show evidence of collaboration, as we have seen in sections 7.4.1 and 8.4.1.

0.7.5. Limitations of the research

The descriptive character of this research has made us analyse the production on Mathematics Education from different points of view and taking into account different variables. This wide perspective provides us with an accurate view of the sample analysed.

One of the first limitations of the research can actually be found in the sample; a wider sample would have allowed us to establish generalisations.

The analysis of collaboration from the rates of co-authorship is not a trivial issue; when we infer collaboration of the rate of co-authorship we run the risk of denying some collaboration, as well as not being sure of the current reasons behind the co-authorship. We need to use it carefully and taking the results of collaboration given as a general map of the issue.

Another limitation of the research can be found in the sample of documents published by Spanish publishing houses. During the research, we have seen that other

ways of publication are used in Spain, which must be taken into account, such as the publishing houses of teachers' associations on Mathematics Education and university publishing houses.

0.7.6. Future lines of research and recommendations

After considering the results presented in this research and taking into account other research studies that are analysing the scientific production on Mathematics Education published in journals indexed in databases like WoS or SCOPUS, a thorough analysis of the production of the area would be complete with the analysis of studies published in congresses on the area. With this, we would have a well defined profile of the research on Mathematics Education at an international level.

It would also be interesting to analyse the evolution throughout time of the network of co-citation of terms in the titles. In this study, a general analysis has been carried out, but the analysis of the evolution throughout time could provide us with essential information about the evolution of the discipline.

Another future line of research could consist of a deep analysis of the relationship of terms in ICMI Study books and NCTM Yearbook. This would allow us to compare the area where the most theoretical part of the researchers on Mathematics Education work, which would correspond to ICMI Study books, to the most practical part of the research on the area, which would be the NCTM Yearbooks. We could see if the subjects of research are different in both cases, or we could analyse the evolution throughout time of the subjects dealt with in both series.

It would also be very interesting to analyse the sample in educational levels, in order to identify any changes in the trends in this aspect, as Kilpatrick reflects (1998, p. 10).

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Planteamiento del problema de investigación
- 1.2. Revisión de la literatura
- 1.3. Fuentes utilizadas
- 1.4. Estructura de la tesis

1.1. Planteamiento del problema de investigación

La difusión escrita del conocimiento científico tiene varios cauces, a saber: artículos en revistas científicas, comunicaciones en congresos, tesis, libros y patentes. La mayor parte de la investigación bibliométrica se ha centrado en los artículos y de manera esporádica en los congresos y las patentes. Los libros han sido dejados de lado, entre otras razones, por la dificultad de realizar una indexación temática según los tesauros, porque no siempre son el resultado de investigaciones, porque en muchos casos no pasan ninguna evaluación de otros expertos o por el gran número que se publican cada año y muchas veces en editoriales de carácter local o regional. Sin embargo, esta tendencia ha empezado a cambiar con la introducción en 2010 del Book Citation Index por parte de Thomsom Reuters en su oferta de bases de datos en Web of Science (WoS) y el Scholarly Publishers Indicators (SPI), que produce el Grupo de Investigación de Evaluación de Publicaciones Científicas (EPUC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

Con estas herramientas se abren nuevas formas de estudiar los libros y por tanto muchas de las disciplinas de Ciencias Sociales y Humanidades, en las que tradicionalmente se publica a través de libros, podrán ser analizadas para inferir sus patrones de publicación.

De manera particular, la producción en Educación Matemática ha sido estudiada únicamente a través de los artículos, tesis doctorales y seminarios, pero nunca a través de los libros, cuando en la macro área de Ciencias Sociales la mayor parte de la información citada se origina en literatura no científica y, por tanto, no en revistas científicas (Glänzel & Schoepflin, 1997). En la misma línea Spinak (1998) afirma que la mayor parte de los trabajos sobre evaluación de la producción científica

se han hecho a partir de publicaciones contenidas en grandes bases de datos que funcionan muy bien con lo que podríamos llamar ciencia dominante, en cambio presenta grandes deficiencias epistemológicas e instrumentales cuando se pretende incluir en el análisis la producción de países menos desarrollados.

La Educación Matemática es una actividad esencial de los individuos como parte integrante de una sociedad, comprende desde la noción más elemental de cantidad hasta los procesos de deducción más complicados que pueden enseñarse en estudios superiores. Podemos definirla como el conjunto de ideas, conocimientos, procesos, actitudes y, en general, de actividades implicadas en la construcción, representación, transmisión y valoración del conocimiento matemático que tienen lugar con carácter intencional (Luis Rico et al., 1999).

Está sobradamente justificada la necesidad de la evaluación en Educación Matemática, tanto por el interés que puede suscitar como disciplina científica, como por el carácter social de la misma. Es lógico pensar que ya que la evaluación es una de las componentes más importantes de cualquier proceso educativo, la Educación Matemática también será susceptible de ser evaluada. Torralbo (2002) destaca la dificultad de esta evaluación estableciendo una conexión con el principio de incertidumbre de la Física:

Al tratar de analizar la Educación Matemática, el evaluador se siente sometido a un principio de incertidumbre, en el sentido de que cuanto más se evalúa ésta, más detectamos su deficiencia. Pero cuando se omite tal evaluación más la echamos en falta, más necesitamos saber sobre la evaluación ya realizada (p. 12).

La preocupación por la calidad de la investigación en Educación Matemática ha sido una constante desde la aparición de este campo de investigación, pero uno de los problemas que se detectan al evaluar la calidad de una investigación es que no existen un consenso sobre el modo de establecer la calidad de dicha investigación en Educación Matemática (Maz-Machado & Torralbo-Rodríguez, 2007).

En este contexto, nos planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible identificar las agendas de investigación en el área de Educación Matemática a partir de los libros publicados?

1.2. Revisión de la literatura

El proceso lógico en toda investigación, después de situar al problema de investigación, es hacer una revisión bibliográfica profunda sobre el tema en cuestión. Se trata de “realizar una revisión del estado del conocimiento acerca del problema de investigación” (Forner & Latorre, 1996, p. 132).

En nuestro caso, esta revisión se ha hecho en diferentes direcciones, por un lado, en relación con la herramienta de análisis, la Cienciometría, hemos buscado investigaciones que analizaran de forma específica la difusión del conocimiento a través de libros, así hemos encontrado trabajos como el de Haba, Osca, Muñoz y López (1999), en el que se hace un acercamiento bibliométrico a la publicación de libros de cardiología en España, basándose en la categorización conceptual dada por el ISBN (International Standard Book Number), o el trabajo de algunos de los integrantes del grupo de investigación EC3 de Evaluación de la Ciencia y la Comunicación Científica sobre el *Book Citation Index* de Thomson Reuters (Torres-Salinas et al., 2012). En este artículo se pone de manifiesto la carencia que existe en las bases de datos ante la falta de libros y capítulos de libros en sus índices, esta carencia es fundamental, sobre todo en determinados campos, como el de las Humanidades y las Ciencias Sociales, en los que el libro es un cauce de difusión muy importante.

Por otro lado, la revisión de la literatura en Educación Matemática se hace más compleja debido a la pluralidad de matices que inciden en este campo de investigación. Podemos decir que la Educación Matemática, como campo disciplinar, tiene aproximadamente unos 40 años. En este relativamente corto espacio de tiempo ha habido varios intentos de análisis de las agendas de investigación en el campo. En la mayoría de los casos estos análisis se han hecho sobre tesis doctorales, tanto en el ámbito internacional como en el nacional. Dentro del ámbito internacional podemos destacar los trabajos de Fiorentini (1993) en Brasil, el de Donoghue (2001) en Estados Unidos o el caso de Reys y Kilpatric (2001), que centraron su análisis en la evolución histórica de la disciplina entre los años 1980 y 1998 a través de los programas de doctorado en Educación Matemática en Estados Unidos. En el ámbito nacional podemos destacar los trabajos de Torralbo (2002) y Vallejo (2005), en ambos casos se hace un análisis cuantitativo, conceptual y metodológico de las tesis doctorales en Educación Matemática en España. Así como otros estudios que han analizado la producción del área a través de artículos publicados en revistas indexadas en bases de datos de reconocido prestigio (Noelia Jiménez-Fanjul et al., 2013a; Llinares, 2008; Maz-Machado & Torralbo-Rodríguez, 2007).

1.3. Fuentes utilizadas

Las referencias bibliográficas consultadas para la realización de esta tesis se pueden clasificar en tres grandes grupos.

Un primer grupo se encuentra en el área de Educación Matemática, ya que esta tesis se hace en y para esta área. Hemos consultado un amplio abanico de referencias desde el inicio de este campo de investigación hasta el último Handbook internacional

publicado en el área. Nos ha parecido muy pertinente hacer una lectura profunda de esta última publicación porque puede considerarse como un estado de la cuestión.

El segundo grupo de referencias se enmarca dentro de la Cienimetría y la Bibliometría como instrumentos fundamentales de esta tesis. De aquí se extraen nuestras herramientas de trabajo, en este sentido, cobran especial importancia artículos publicados en revistas como *Scientometrics*.

El tercer grupo lo componen publicaciones relacionadas con la colaboración científica, las redes sociales y su análisis.

1.4. Estructura de la tesis

La estructura de la tesis se divide en tres grandes bloques, en el primero de ellos presentamos el marco teórico en el que se sustenta nuestro trabajo, en la segunda parte mostramos la metodología usada en la investigación y, por último, el tercer bloque recoge los resultados y conclusiones del trabajo de investigación.

El marco teórico está compuesto por los capítulos dos, tres y cuatro. Cada uno de estos capítulos hace referencia a cada una de las áreas que hemos mencionado en el apartado anterior. El capítulo dos lo dedicamos a la Educación Matemática como campo de estudio. En él realizamos un recorrido desde los inicios de esta área de investigación partiendo desde las Matemáticas y la Educación. Posteriormente, tratamos la dimensión social, política y cultural de la Educación Matemática, así como la evaluación de la misma. En el capítulo tres mostramos un barrido histórico por las tres especialidades métricas, Bibliometría, Cienimetría e Informetría y describimos las principales leyes e indicadores bibliométricos. En el capítulo cuatro se aborda la cuestión del género, tanto en el campo de la Educación Matemática como en la Cienimetría. Por último, en el capítulo cinco, dedicado a la colaboración científica, hacemos una descripción detallada del concepto de colaboración científica y de los distintos tipos de colaboración que podemos encontrar, mostramos los indicadores que la miden así como las redes que la describen.

La segunda parte de la tesis está compuesta por el capítulo seis, dedicado a la metodología de investigación, en él planteamos los objetivos de la investigación y las hipótesis de trabajo, describimos la población y la muestra seleccionada para el estudio así como los instrumentos de recogida y análisis de datos.

La tercera parte de la tesis está compuesta por los capítulos siete, ocho y nueve, dedicados al análisis de los resultados de las editoriales internacionales, al análisis de resultados de las editoriales españolas y a las conclusiones de la investigación, respectivamente. El documento termina con el listado de las referencias bibliográficas y

los anexos, en los que recogemos el listado de editoriales internacionales, en la categoría de educación, producido por el Book Citation Index (BCKI), el listado de editoriales españolas en esa misma categoría, producido por el Scholarly Publisher Indicators (SPI) y la clasificación temática de MathEduc.

CAPÍTULO 2. LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA COMO CAMPO DE ESTUDIO

2.1. De Matemáticas y Educación a Educación Matemática

2.2. La Educación Matemática en España

2.3. La investigación en Educación Matemática

2.4. Canales de difusión de la producción científica en Educación Matemática

2.5. Evaluación de la producción científica en Educación Matemática

La Educación Matemática es un campo caracterizado por un dominio de referencia y acción muy complejo, principalmente por su relación con la Matemática y otras ciencias sociales como la Filosofía, la Psicología o la Sociología, el complejo sistema de enseñanza en las distintas sociedades y por los diferentes factores que intervienen en el aprendizaje, su relación con la cultura, etc. Si a este cruce de factores añadimos la cantidad de personas que intervienen, con diferentes roles en todos estos procesos, la complejidad se hace mucho mayor.

En este capítulo trataremos de esclarecer algunas de estas cuestiones, empezando con el surgimiento de la Educación Matemática tanto a nivel internacional como nacional. Posteriormente trataremos de identificar la Educación Matemática como campo de investigación, para pasar a hablar de los canales de difusión de la producción científica del área y su evaluación.

2.1. De Matemáticas y Educación a Educación Matemática

Los inicios de la Educación Matemática se sitúan en 1905 cuando David Eugene Smith sugiere la creación de una comisión internacional de Educación Matemática. Por ello, en 1908 se constituye la *Commission internationale de l'enseignement mathématique* (Kilpatrick, 2008). Esta organización estuvo funcionando hasta la primera guerra mundial, después se volvió a constituir en 1928 aunque trabajando con altibajos hasta que en 1952 se transformó en la *International Commission on Mathematical Instruction (ICMI)*, una comisión dentro de la *International Mathematical Union (IMU)*. La importancia de la creación del ICMI radica en que dio visibilidad a una comunidad internacional cuyo foco de atención era la Educación Matemática.



Figura 2.1 Línea de tiempo del ICMI (Fuente: Kilpatrick (2008))

Por otro lado, la Educación comenzó a considerarse como una disciplina independiente durante un largo proceso que comenzó con la primera posición académica en Educación en 1779 (Kilpatrick, 1998). Pero no es hasta final del siglo XIX cuando los caminos de la Matemática y la Educación empiezan a converger hacia la Educación Matemática. En las universidades alemanas se empezó a dar una formación práctica en la enseñanza de las Matemáticas de la mano de Felix Klein, quien organizaba esos cursos. Él fue el director de la primera tesis doctoral en Educación Matemática (Schubring, 1988).

Otro punto decisivo para el despegue internacional de la Educación Matemática tuvo lugar con la revisión de los planes de estudio que se llevaron a cabo después de la segunda guerra mundial, como respuesta a las demandas sociales, políticas, culturales y económicas que exigían las nuevas sociedades occidentales (Rico, 1996). Klein, durante su presidencia en el ICMI, puso gran empeño en ese cambio curricular, pensaba que si se conseguía acercar los currículos de la Educación Secundaria y la educación superior, se conseguiría un nuevo enfoque en la Formación del Profesorado.

Por otro lado, al final del siglo XIX los países empezaron a formar su red de colegios públicos, por lo que se necesitó mucho profesorado, esto hizo que los centros donde se formaba el profesorado de Educación Primaria, esto es, institutos, escuelas normales, etc., se convirtieran en universidades o fueran absorbidas por las propias universidades, un ejemplo de ello es el New York College for the Training of Teacher que fue absorbido por la Universidad de Columbia con el nombre de Teachers College. Todos estos cambios promovieron el desarrollo de la Educación Matemática en la universidad (Kilpatrick, 2008).

En todo este proceso se va perfilando el papel fundamental de las Matemáticas en la Educación Matemática. Según Steen (1999) las Matemáticas del educador matemático no son las mismas que las Matemáticas del matemático. Para un matemático las Matemáticas son algo singular, existen unos criterios simples e incuestionables que permiten distinguir lo que es correcto de lo que no lo es. En cambio, para el educador matemático, las Matemáticas son algo plural, en el sentido de que ofrecen unas lentes a través de las cuales ver el mundo, podemos decir, entonces, que en la Educación Matemática se mira a las Matemáticas a través de las lentes del aprendiz y del docente.

Kilpatrick (2008) da un ejemplo interesante de los diferentes puntos de vista entre el matemático y el educador matemático, mencionando la Etnomatemática, entendida como “las Matemáticas practicadas por grupos culturales que se identifican por objetivos o tradiciones comunes, tales como comunidades urbanas y rurales, grupos de trabajadores, grupos de profesionales, niños de cierta edad, sociedades indígenas y otros” (D’Ambrosio, 2013, p.13).

El matemático no ve Matemáticas en la Etnomatemática, o en todo caso las considera una rama de la Antropología, en cambio, para el educador matemático la Etnomatemática es considerada un campo de trabajo.

Matemáticas y Educación Matemática caminaron juntas hasta la primera mitad del siglo XX. A partir de ese momento se empieza a percibir la necesidad de redefinir el rol de la Educación Matemática que conlleva una ruptura cultural con la Matemática (Furinghetti et al., 2013). Esa ruptura fue abanderada por Freudenthal actuando sobre las dos cuestiones en las que más se sentía ese dominio o presencia de la Matemática; por un lado, en las revistas, así en 1968 Freudenthal crea *Educational Studies in Mathematics (ESM)*. Esta iniciativa fue secundada por otros grupos, surgiendo, por ejemplo, el *Zentralblatt für Didaktik de Mathematik (ZDM)*, en 1969, o el *Journal for Research in Mathematics Education (JRME)*, en 1970. Y por otro lado, en los congresos, con la celebración del primer *International Congress on Mathematical Education (ICME)*, en 1969 en Lion, Francia. A partir de ese momento el ICME no ha dejado de celebrarse cada cuatro años. Pero no fue hasta el ICME-3 cuando se crearon los primeros grupos de estudio internacionales: el *History and Pedagogy of Mathematics (HPM)* y el *Psychology of Mathematics Education (PME)*, a partir de ese momento se abrió un gran abanico de temas de investigación en el campo de la Educación Matemática, que Furinghetti, Matos y Menghini (2013) clasifican en tres grandes ejes: relación entre la Educación Matemática y la Psicología, la dimensión social, cultural y política de la Educación Matemática y la importancia de la teoría para la Educación Matemática.

2.1.1. Educación Matemática o Didáctica de la Matemática

Una realizado este recorrido histórico sobre la disciplina que nos ocupa, consideramos interesante establecer qué entendemos por Educación Matemática y por Didáctica de la Matemática.

En países como Francia y Alemania es más común usar el término didáctica aunque para los francófonos *didactique* es mucho más que el arte de enseñar, es un término amplio que incluye enseñanza, aprendizaje, escuela, sistema, etc.

En los países nórdicos es muy común usar el término pedagogía para referirse a la educación a nivel universitario, por tanto, no ha sido fácil establecer la Didáctica como un área de conocimiento a parte de la Pedagogía.

En cambio, en los países de habla inglesa los términos *didactics* y *pedagogy* no tienen un sentido muy positivo porque están relacionados con una adoctrinación más que con la enseñanza, por tanto, solo se emplea el término *education*.

En España, se utilizan ambos términos y, aunque los departamentos específicos se denominan *Departamentos de Didáctica de la Matemática*, es muy común usar el término de Educación Matemática. Autores como Rico y Sierra, (2000) establecen una distinción en tres sentidos:

- Educación Matemática se refiere al conocimiento matemático como objeto de enseñanza y aprendizaje
- Educación Matemática como actividad social que tiene lugar en unas instituciones determinadas y que es llevada a cabo por unos profesionales cualificados
- Educación Matemática como disciplina científica, y esta es la que estos autores entienden como Didáctica de la Matemática

Para nosotros Educación Matemática, además de esos tres sentidos, incluye también esa dimensión social y cultural sostenida por personas que en muchos casos no son cualificadas en el sentido de poseer un título académico que certifique su conocimiento. Por esa razón, cuando hablamos sobre producción en Educación Matemática no solo estamos incluyendo a la investigación en el sentido más estricto de la palabra, entendida como “la actividad de indagación basada en el método científico, sostenida por un marco epistemológico y orientada a la transformación del medio humano” (Rico y Sierra, 2000, p. 18), sino que ampliamos la mirada a otros trabajos.

2.2. La Educación Matemática en España

Como hemos visto en el apartado anterior, el desarrollo de la Educación Matemática, a nivel internacional, ha sido imparable desde la segunda guerra mundial (Figura 2.1). En España, ese desarrollo se retrasa un poco por el periodo de la dictadura, y es a partir de la recuperación de la democracia, cuando empieza a florecer.

En España la investigación en Educación Matemática se desarrolla fundamentalmente en las universidades, no existen centros de investigación dedicados exclusivamente a esos menesteres. Desde el principio, los educadores matemáticos han desarrollado esa doble función como educadores y como investigadores. A ese respecto, Rico y Sierra (2000) afirman que la Educación Matemática en España ha

estado presente en la formación de maestros desde la creación de la primera Escuela Normal pero no es hasta los años 70, cuando se promulga la Ley General de Educación (LGE), que los estudios de Magisterio recuperan el carácter de universitarios.

En 1983 se promulga La Ley de Reforma Universitaria, lo que establece un marco legal para la creación del área de conocimiento *Didáctica de la Matemática*, lo que favorece la creación de cuatro departamentos específicos en la Universidad de Granada, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Sevilla y Universidad de Valencia. En el resto de universidades se integran como áreas de conocimiento dentro de los departamentos de Matemáticas, como es el caso de la Universidad de Córdoba, en departamentos conjuntos con la Didáctica de las Ciencias Experimentales o en los departamentos de Educación. Estos departamentos, a su vez, se organizan en líneas de investigación (Torralbo et al., 2001).

Otra pieza clave en el desarrollo de esta disciplina en España es la creación en 1996 de la *Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM)* cuyos objetivos son (SEIEM, n.d.):

- Mantener un espacio de comunicación, crítica y debate sobre investigación en Educación Matemática, donde plantear cuestiones, transmitir e intercambiar resultados, profundizar en las elaboraciones teóricas, mejorar y validar los diseños metodológicos.
- Promover la constitución de grupos de investigación estables en Educación Matemática, con producción propia cualificada, que delimiten prioridades y aborden cuestiones de indagación específicas.
- Promover el impulso a la Educación Matemática en los organismos e instituciones relacionados con la investigación.
- Promover la participación en las convocatorias de ayudas a la investigación, institucionales y privadas. Contribuir y participar en el desarrollo, evaluación y aplicación de investigaciones en Didáctica de la Matemática.
- Contribuir a la presentación de resultados de investigación en los foros, encuentros y revistas de Educación Matemática.
- Mantener contactos y promover la colaboración con grupos de investigación en Educación Matemática.
- Favorecer activamente la cooperación e intercambio entre investigación y docencia en todos los niveles educativos.
- Transmitir y divulgar institucionalmente la actividad de la Sociedad.

El trabajo de la SEIEM se articula en torno a los siguientes grupos de trabajo:

- Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria

- Didáctica de la Matemática como Disciplina Científica
- Pensamiento Numérico y Algebraico
- Historia de las Matemáticas y Educación Matemática
- Didáctica del Análisis Matemático
- Conocimiento y Desarrollo Profesional del Profesor
- Aprendizaje de la Geometría
- Investigación en Educación Matemática en Infantil

2.3. La investigación en Educación Matemática

Según Romberg (1988) para que un campo de estudio se considere una disciplina científica deben darse las siguientes circunstancias:

- La existencia de un grupo de investigadores con intereses comunes que orientan su trabajo
- La teoría debe dar explicaciones suficientes como para poder realizar predicciones acerca del fenómeno
- Los términos usados son comúnmente aceptados por esa comunidad, también existen unos procedimientos aceptados por el grupo para probar los enunciados.

La mayoría de los autores consideran que estas premisas no son válidas para todos los campos de investigación, la complejidad de los fenómenos en Educación Matemática es tal que se considera que la coexistencia de diferentes corrientes de pensamiento aporta distintos enfoques a los problemas de investigación (Bunge, 1985; Godino, 2010; Shulman, 1986).

Así Skemp (1983), nos habla de dos modelos; piensa que necesitamos investigaciones realizadas desde micro-modelos, dando detalles de aspectos o áreas muy pequeñas, por ejemplo, en el aprendizaje matemático de los niños y niñas. Pero también necesitamos macro-modelos dentro de los cuales todos esos micro-modelos podrían encajar. De esta forma él propone el establecimiento de una macro-estructura significativa de muchos aspectos de la Educación Matemática que englobaría esos micro-modelos.

En esa misma línea se expresa Burkhardt (1988), cuando establece la distinción entre teorías fenomenológicas, como aquellas que surgen directamente de los datos constituyendo un modelo descriptivo pero con un rango muy limitado, y teorías fundamentales, aquellas que establecen unos aspectos esenciales de un conjunto de fenómenos.

Por otro lado, la mezcla de disciplinas existentes dentro de la Educación Matemática tampoco favorece que podamos aplicar las premisas de Romberg a nuestro campo de estudio. Esta mezcla de disciplinas ha sido abordada por diferentes autores, así por ejemplo, Higginson (1980) manifiesta que muchas de las dificultades encontradas para establecer teorías y metodologías coherentes en Educación Matemática se debe a que se han ignorado muchos factores implicados en la fundación de esta disciplina. El autor afirma que la Educación Matemática está constituida por cuatro disciplinas, de forma que si observamos la disposición tetraédrica de estas disciplinas estaremos en mejor posición para comprender el fenómeno educativo.

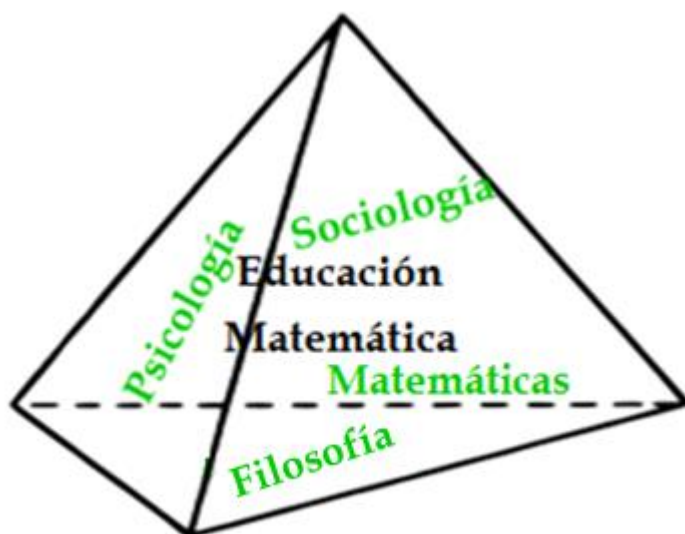


Figura 2.2 Modelo tetraédrico de la Educación Matemática de Higginson (Fuente: Elaboración propia)

Cada una de las caras del tetraedro es una de las disciplinas de las consideradas por Higginson: Psicología, Sociología, Matemáticas y Filosofía. En el centro del tetraedro se sitúa la Educación Matemática. Para este autor, el hecho de que el tetraedro sea cerrado significa que las cuatro áreas fundacionales no son las únicas son necesarias pero sí son las suficientes para constituir la Educación Matemática. Este modelo da respuesta a las cuestiones que podemos plantearnos en una investigación:

- ¿Qué?: Relacionado con las Matemáticas
- ¿Por qué?: Relacionado con la dimensión filosófica
- ¿Quién y dónde?: Relacionado con la dimensión social
- ¿Cómo y cuándo?: A través de la dimensión psicológica

Por otro lado, Gutiérrez (1991) establece que la Didáctica de las Matemáticas¹ es una mezcla de Matemáticas, Sociología, Psicología, Antropología, Pedagogía y Epistemología, como puede verse en la figura



Figura 2.3 Relación de la Didáctica de las Matemáticas con otras disciplinas (Fuente:(Gutiérrez, 1991))

Esta interdisciplinariedad presente en la Educación Matemática suele complicar la delimitación del campo de estudio, de forma que la frontera con otras disciplinas es bastante difusa.

Conseguir un marco teórico común para la disciplina ha sido una preocupación constante de los investigadores del área. Muestra de ello fue la creación del grupo de trabajo *Theory of Mathematics Education* en el ICME-5. En el PME del año 1981, Kilpatrick (1981) lamentaba la falta de interés por parte de muchas investigaciones de Estados Unidos hacia los aspectos teóricos y criticaba la praxis común de utilizar teorías de otros campos de investigación en vez de crear teorías propias para el área. En cambio, autores como Steiner (1990) creen que sería peligroso insistir en el uso de teorías de cosecha propia, creen que la Educación Matemática necesita enfoques interdisciplinarios, y por tanto, sería un error no hacer un uso provechoso de teorías de otras disciplinas, entendiendo que la interdisciplinariedad no consiste en utilizar simplemente teorías de otros, sino que implica la búsqueda de relaciones y conexiones mucho más profundas entre las disciplinas.

¹ Recordemos que nuestro posicionamiento al respecto es que consideramos la Didáctica de la Matemática como sinónimo de Educación Matemática

Cabe ahora analizar cuáles son las teorías en las que se desenvuelven nuestros investigadores. Tradicionalmente, la investigación en Educación Matemática se ha situado en torno a tres ejes (Bishop, 1992):

- *Tradición pedagógica*: es, quizás, la tradición más antigua, recoge todo lo que sucede en el aula, el docente es un sujeto principal. El docente es percibido como el practicante de un oficio siempre en continua mejora de su práctica docente.
- *Tradición empírico-científica*: trata a la Educación Matemática como una ciencia experimental, empleando, en muchos casos, métodos cuantitativos de investigación.
- *Tradición escolástica-filosófica*: trata de la teorización crítica de la disciplina.

El papel que juegan las evidencias y la teoría en cada una de estas tres tradiciones es diferente, como podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Clasificación de objetivos de investigación, papel de evidencias y teorías (Adaptado de (Bishop, 1992, p. 713)

Tradición	Objetivo de investigación	Papel de las evidencia	Papel de la teoría
Pedagógica	Mejora directa de la enseñanza	Proporcionar comportamientos ejemplares del alumnado	Acumular conocimiento de profesorado experto
Empírico-Científica	Comprender la realidad educativa	Mostrar datos objetivos para explicar hechos	Explicativa, dar validez contra los datos
Escolástica-filosófica	Establecimiento de la posición teórica rigurosamente argumentada	Se asumen conocidas, de lo contrario no hay desarrollo	Idealizar situaciones en las que la realidad educativa debe ser el objetivo

Posteriormente se han ido ampliando las perspectivas y líneas de investigación, Godino (2010) establece la siguiente clasificación:

- *Teoría y filosofía de la Educación Matemática*: Fomentada principalmente por el programa de investigación del grupo internacional TME. A lo largo de las diferentes conferencias organizadas por el grupo se han ido dibujando diferentes líneas de investigación. Así, por ejemplo, en la primera conferencia se centraron en “desarrollo futuro de la Educación Matemática como campo académico y como un dominio de interacción entre las investigación, el desarrollo y la práctica “ (p.7). En la segunda

conferencia pusieron más énfasis en el fundamento y la metodología. En la tercera se centraron en la formación de profesorado y así hasta incluir un amplio abanico de fenómenos. A partir de 1990, Paul Ernest crea el grupo internacional *Philosophy of Mathematics Education*, de forma que se empieza a trabajar de una forma más sistemática con el objetivo de explorar las perspectivas filosóficas dentro de la Educación Matemática. Progresivamente, esta línea de investigación ha ido ocupando un lugar considerable dentro del área.

- *Psicología de la Educación Matemática*: Tradicionalmente se ha considerado que la enseñanza se fundamenta en una teoría psicológica del aprendizaje, parece que no hay equilibrio entre las cuatro disciplinas que componen la visión tetraédrica de la Educación Matemática de Higginson (1980) y mucho menos en la visión más interdisciplinar de Gutiérrez (1991). Muestra de ello es la obicuidad del grupo PME dentro del área. Uno de los objetivos del PME es fomentar la comprensión de los aspectos psicológicos de la Educación Matemática; hoy día, las conferencias que organizan abarcan temas que exceden a esos aspectos psicológicos.
- *Resolución de problemas y modelización*: Podemos decir que Polya (1957) fue el precursor de esta línea de investigación. Su importancia viene dada, quizás, por la creencia de que la resolución de problemas es la esencia de las Matemáticas. English y Sriraman (2010) hacen un análisis profundo de esta temática y consideran que, a pesar de las muchas investigaciones desarrolladas, faltan aquellas que profundicen en el desarrollo de competencias de resolución de problemas.
- *Visiones socioculturales*: A finales de los años 70 se empieza a ver un creciente interés sobre la importancia de los factores sociales en la enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. Pero no es hasta los 80 cuando se empieza a notar ese auge, sobre todo desde que Ubiratan D'Ambrosio, en una conferencia plenaria en el ICME-5, puso de manifiesto que las Matemáticas están presentes en una gran variedad de contextos culturales, y por tanto, la Educación Matemática debería tener en cuenta la diversidad cultural de los diferentes grupos y para ser consciente de la riqueza y potencial que tiene esto en las Matemáticas escolares. Lerman (2000) habla del *social turn*, la aparición dentro de la Educación Matemática de teorías que ven el razonamiento como una actividad social.
- *Visiones sociocríticas*: Consideran que la Educación Matemática debe trabajar para la transformación social, para la emancipación y el

empoderamiento de la persona. Ole Skovsmose (1994) es el padre de esta corriente que surge a principios de los 90. En su seno se desarrolla la dimensión política y democrática de la Educación Matemática.

- *Perspectivas semióticas*: Esta perspectiva, la Semiótica, o ciencia de los signos, se está configurando como una herramienta muy útil para la descripción y comprensión de los fenómenos relacionados con la enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. Por un lado, la Matemática es un actividad simbólica, dada la generalidad de los objetos matemáticos y por otro lado, es fundamental comprender la naturaleza del discurso matemático, al estar compuesto principalmente por signos y símbolos (Radford, 2006).
- *El interaccionismo simbólico*: Se basa en teorías procedentes de la sociología y la lingüística y parte del supuesto de que las dimensiones culturales y sociales son parte intrínseca del aprendizaje matemático. El foco de estudio son las interacciones entre individuos de un grupo cultural, que puede ser el grupo en el aula de clase, y la construcción de conocimiento a través de la interacción con los demás.
- *Didáctica fundamental de las Matemáticas*: Es una línea abanderada por la escuela francesa. Ponen el énfasis en lo “fundamental” de la Didáctica, buscando un marco teórico que permita trabajar sobre una concepción global de la enseñanza. Los modelos que han desarrollado tratan de analizar las interacciones entre el saber, el profesorado y el alumnado, en el contexto de clase.
- *La fenomenología didáctica de Freudenthal*: Se basa en dos nociones introducidas por este autor: la fenomenología didáctica y la constitución de objetos mentales.
- *Currículo e instrucción*: Los objetivos principales son comprender y mejorar la selección de lo que se quiere enseñar, cómo presentar esas ideas al alumnado y cómo evaluar la efectividad del programa desarrollado y el grado de adquisición o interiorización de esas ideas por parte del alumnado.

2.4. Canales de difusión de la producción científica en Educación Matemática

La publicación científica es el principal medio de comunicación dentro de la comunidad científica. Es el punto final de un largo proceso, donde se pone en valor el descubrimiento o hallazgo, que pasa a ser conocimiento científico. Este proceso de comunicación científica se puede llevar a cabo a través de muchos medios, los

principales serían publicaciones en revistas, congresos o encuentros de la comunidad científica y libros. En este trabajo analizaremos libros publicados sobre Educación Matemática, como medio de comunicación científica.

Glänzel y Schoepflin (1997) afirman que en las Ciencias Sociales una parte considerable de las citas en las investigaciones no son artículos publicados sino que los libros juegan un papel muy importante en estas referencias. En ese mismo sentido, Hicks (1999) argumenta que el carácter fragmentado y políglota de la producción científica en Ciencias Sociales, en general, hace que sea complicado encontrar un canal de difusión preferente, así afirma que la cobertura de la base de datos *Social Science Citation Index (SSCI)* es mucho menos exhaustiva que la *Science Citation Index (SCI)*.

Hay estudios bibliométricos, como el de Bourke, Butler y Biglia (1996) que hacen un análisis de la producción científica de las universidades australianas. Estos autores concluyen que el 85% de la producción en el campo de las Ciencias está publicada en revistas, mientras que para las Ciencias Sociales este porcentaje desciende al 61%. En el caso español, hay otro estudio (Pestaña, Gómez, Fernández, Zulueta, & Méndez, 1995) que analiza la producción científica del CSIC, en el que se evidencia que el 81% de la producción de las ramas de Ciencias se publica en revistas, en cambio, solo el 54% de la producción en Ciencias Sociales y Humanidades se hace por esos mismos cauces. Y centrándonos en el área de Educación Matemática también encontramos otro trabajo en el que se analiza las citas usadas por autores españoles en este campo en artículos publicados en la base de datos *Social Science Citation Index*, concluyendo que el 39,76% de las citas son libros (Noelia Jiménez-Fanjul et al., 2013b). Por tanto, creemos que la Educación Matemática, como una Ciencia Social que es, repite esos patrones de comportamiento.

2.5. Evaluación de la producción científica en Educación Matemática

Podemos justificar la necesidad de la evaluación en Educación Matemática, además que por el interés que puede suscitar como disciplina científica, por el carácter social de la misma. Es lógico pensar que si la evaluación es una de las partes más importantes de cualquier proceso educativo, la Educación Matemática también será susceptible de ser evaluada.

La preocupación por la calidad de la investigación en Educación Matemática ha sido una constante desde la aparición de este campo de investigación, pero uno de los problemas que se detectan al evaluar la calidad de una investigación es la falta de consenso sobre el modo de establecer la calidad de dicha investigación en Educación Matemática (Maz-Machado & Torralbo-Rodríguez, 2007). A lo largo de la historia de

esta disciplina se han ido dando diferentes criterios para valorar la calidad y, si bien en muchos casos incompletos, estos son una herramienta útil para observar los trabajos de investigación.

Freudenthal (1982), por ejemplo, establece tres criterios de calidad en la investigación en Educación Matemática: pertinencia, fiabilidad y validez.

Linn, Baker y Dunbar (1991) establecen un listado de criterios de lo que consideran un punto de partida para la evaluación de la calidad basada en el desempeño; estos son: consecuencias, equidad, transferencia y generalización, complejidad cognitiva, calidad de contenido, cobertura de contenido, significación y por último, costo y eficiencia. En ese trabajo, además de describir cada uno de estos criterios, dan posibles enfoques hacia la validación de una evaluación basada en el desempeño.

Posteriormente Kilpatrick (1997) establece ocho criterios de calidad, basándose en los tres que había establecido Freudenthal:

- **Pertinencia:** Cualquier trabajo de investigación debería responder a las preguntas de ¿para qué sirve?, y ¿para quién es útil? Esa pertinencia y utilidad debería incluir tanto a investigadores como a educadores, pero la realidad, en el campo de la Educación Matemática, es que los investigadores suelen encontrar mucho más útiles las investigaciones de sus colegas que los educadores. Las investigaciones serán pertinentes para los educadores cuando estos puedan adaptar y aprovechar algunos aspectos de las mismas.
- **Validez:** Entendiendo por validez la forma en que justificamos las interpretaciones que hacemos en nuestras investigaciones, podríamos decir que es una validez desde un punto de vista interno. La validez de estas interpretaciones debería examinarse según sus consecuencias (Linn et al., 1991)
- **Objetividad:** Todo investigador acepta que la objetividad total no existe, no obstante debemos intentar conseguir un nivel de objetividad tal que permita reducir al máximo el margen de error. Posteriormente, es necesario explicar cómo ese error distorsiona los resultados. Este acto de refutar las propias conclusiones refuerza el razonamiento.
- **Originalidad:** Toda investigación deba presentar algo novedoso, esto se considera un criterio fundamental. Puede que esta sea el motivo de la escasez de trabajos de réplica en el campo de la Educación Matemática.
- **Rigor y precisión:** Sobre este criterio podemos encontrar grandes diferencias entre países. Según Kilpatrick (1997, p. 25) “el concepto de

rigor está ligado a la manipulación experimental de variables controladas”, pero al mismo tiempo, el autor considera necesario una mayor amplitud en su interpretación, tendiendo más a la precisión. En este campo, rigor y precisión, es algo que depende más bien de la sensibilidad con que el investigador observa y analiza.

- **Capacidad para predecir:** En Educación Matemática no existe la conjunción constante de hechos que nos permitan predecir, al igual que se hace en un laboratorio. La cuestión es más complicada, pero se debe intentar buscar aquellos hechos causales que tienen a producir unos efectos determinados.
- **Replicabilidad:** En cualquier estudio o investigación es importante dejar constancia de todos los hechos y fundamentos, de forma que cualquier otro investigador pueda replicarlo.
- **Relación con las Matemáticas y su enseñanza:** Parece obvio, pero toda investigación en Educación Matemática debe tener presentes esas dos componentes: Matemáticas y Educación ya sea formal o informal.

Vemos que cada uno de los criterios está referido a una parte de la investigación. Así la pertinencia y la capacidad para predecir hacen referencia a la coherencia del estudio dentro del ámbito en el que se encuadra. El rigor, la precisión y la replicabilidad se centran en los aspectos metodológicos de la investigación. La validez, la objetividad y el último, de relación con las Matemáticas y su enseñanza, se refieren al marco teórico.

Como hemos mencionado antes, estos criterios hay que tomarlos con cautela, la ciencia está en constante evolución, por tanto, los indicadores de la calidad de la misma también deben ir evolucionando.

La visibilidad internacional de los trabajos científicos es un elemento esencial en los procesos de evaluación de la investigación, este asunto no está libre de controversia en el mundo académico, pues estamos asumiendo que visibilidad internacional y calidad de una investigación son la misma cosa, de modo que midiendo una, conocemos la otra. Por tanto, parece que podemos aplicar procedimientos métricos en el proceso de evaluación de la producción científica (de Moya-Anegón, 2003).

CAPÍTULO 3. LA CIENCIOMETRÍA APLICADA A LA EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

- 3.1. Bibliometría
- 3.2. Informetría
- 3.3. Cienciometría
- 3.4. Relación entre las tres especialidades métricas
- 3.5. Leyes métricas básicas
- 3.6. Evaluación de la producción científica
- 3.7. Indicadores Bibliométricos
- 3.8. La Cienciometría en la Educación Matemática.

En este capítulo describiremos la principal herramienta de análisis de este trabajo, la Cienciometría. En primer lugar haremos un breve repaso de la de las principales especialidades de las ciencias de la información, esto es, la Bibliometría, la Informetría y la Cienciometría. En el siguiente apartado describiremos las leyes bibliométricas más importantes como son las leyes de Price, la ley de Lotka y la ley de Bradford. Posteriormente nos introduciremos en la descripción de los indicadores bibliométricos que nos permitirán analizar la relación entre autores, centros de trabajo, temáticas y en definitiva, la mayoría de los factores que entran en juego en la producción científica en Educación Matemática. Todo esto nos permitirá hablar sobre la evaluación de la producción científica en el último apartado del capítulo.

Según Gorbea-Portal (2005), una forma de identificar las regularidades científicas de cualquier fenómeno a estudiar es usar la expresión cuantitativa de su comportamiento, así como la representación matemática y estadística del conocimiento científico. En esta intersección de la matemática con otras disciplinas es donde surge la *metría del conocimiento científico*, que Morales-Morejón (citado por Gorbea-Portal, 2005, p.21) define como “la aplicación de métodos y modelos matemáticos para el análisis cualitativo del objeto de estudio de una ciencia dada, así como para la revelación de sus leyes y regularidades”.

Los estudios métricos de la información están experimentando un auge muy importante dentro de las especialidades de las ciencias de la información, no solo por su utilidad dentro de esta disciplina sino por las conexiones que se están estableciendo con otras disciplinas como la Medicina, la Psicología o la Psicopedagogía o la Educación Matemática entre otras.

Desde que en 1960 Vassily V. Nalimov acuñó el término de Cientiémtrica (Scientometrics) se ha venido usando para describir el comportamiento de la ciencia; su crecimiento, estructura, productividad, etc. La Cientiémtrica está muy relacionada con la Bibliométrica y la Informétrica, de hecho, en muchas ocasiones estos términos se usan indistintamente porque hay algunos solapamientos entre ellas, sobre todo en los métodos y modelos matemáticos usados, pero cada una tiene su objeto de estudio específico (Araújo-Ruiz & Arencibia-Jorge, 2002). En cualquier caso, resulta, cuando menos, paradójico cómo la inestabilidad terminológica convive, desde los orígenes, en una disciplina muy rigurosa desde el punto de vista metodológico. En este capítulo también se presenta una revisión de la literatura relativa a la etimología y alcance conceptual de estas tres especialidades métricas.

3.1. Bibliométrica

Hoy en día la Bibliométrica aparece como una disciplina comúnmente aceptada en el mundo académico, con estudios bibliométricos en los campos más insospechados, que hace que se deba tener en cuenta. De hecho, ya no se concibe la evaluación de la ciencia sin el uso de métodos bibliométricos. Sin embargo, parece que los expertos en la materia no consiguen un consenso en el modo de definirla, como veremos a lo largo de este apartado.

La primera vez que aparece el término Bibliométrica es en 1934 en su traducción francesa *bibliometrie*, introducido por Paul Otlet en su *Traitée de Documentation. Le livre sur le Livre. Therie et Pratique* (Hood & Wilson, 2001), y la define como la parte de la bibliología que se ocupa de la medida o cantidad aplicada a los libros. La historia parece que no le hace justicia a Otlet, porque comúnmente se atribuye este término a Pritchard que lo usó por primera vez en 1969, en su traducción inglesa *bibliometrics*, para definir una disciplina que trata sobre

la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación, dispuestos para definir los procesos de la comunicación y la naturaleza, curso y desarrollo de las disciplinas científicas, mediante el recuento y análisis de las distintas facetas de dicha comunicación. (Pritchard, 1969, p.348).

Este término vino a sustituir el término *bibliografía estadística* introducido por Hulme en 1923, Pritchard argumentaba que era un término poco satisfactorio puesto que solo se había usado en cuatro ocasiones en el último medio siglo (aunque luego aparecieron estudios como el de Wittig (1978) que demuestran que había aparecido en más ocasiones), lo consideraba tosco, poco descriptivo y además se podía confundir con bibliografías en estadística (Broadus, 1987). Rápidamente, la comunidad científica acepta el término de Bibliométrica, pero empiezan a aparecer en la literatura numerosas

definiciones del mismo, que le van dando forma al mismo tiempo que nos muestran que no es fácil encontrar una definición satisfactoria. Hagamos un breve recorrido por algunas de ellas, como la de Lancaster en 1977, que la define como “la aplicación de diversos análisis estadísticos al estudio del comportamiento de autoría, publicación y uso de literatura”, o la de O’Connor y Voos en 1981, que la define como “el estudio de la relaciones de la literatura (p.e., estudio de citas) o la descripción de la misma. Típicamente esta descripción consiste en el comportamiento de autores, monografías, revistas, temáticas e idiomas” (Gorbea-Portal, 2005b). En otros casos se plantearon definiciones muy genéricas, como las de Boyce y Kraft “Bibliometría es el estudio cuantitativo de la comunicación escrita a través de sus realizaciones físicas”, pero que establece una importante distinción entre comunicación y sus manifestaciones físicas. Otros autores han intentado dar definiciones más ajustadas, como es el caso de Potter en 1981, quien establecía “Bibliometría es, simplemente, el estudio y medida de los patrones de publicación de todas las formas de comunicación escrita y de sus autores” (citado por Broadus, 1987, p. 374).

En 1987 Broadus analiza de forma profunda la evolución del término Bibliometría en su artículo *Towards a definition of “Bibliometrics”*, donde acaba dando su propia definición, basada en el uso del término y asumiendo que es prácticamente imposible llegar a una definición que obtenga una aprobación universal, esta es: “Bibliometría es el estudio cuantitativo de las unidades físicas publicadas o de unidades bibliográficas o de cualquiera de sus derivados” (Broadus, 1987, p. 376). A raíz de esta definición, surge de forma implícita la relación entre Bibliometría y Cienciometría.

Este intento de búsqueda de consenso fue desmontado solo dos años después cuando White y McCain (1989) definen la Bibliometría como el estudio cuantitativo de la literatura tal y como ésta es representada en las bibliografías, su objetivo, inmodestamente, es proveer modelos evolutivos de la ciencia, la tecnología y la investigación.

Centrándonos en el ámbito español, Luis Ferreiro (1993) define Bibliometría como la “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). Esta definición nos resulta especialmente interesante, puesto que es la primera que introduce dos cuestiones muy importantes en el campo de la Bibliometría, como son la evaluación, de la que hablaremos con detenimiento en el apartado 3.6, y los indicadores bibliométricos.

En el ámbito de la educación podemos decir que el término se incorpora como descriptor en el *Thesaurus of ERIC Descriptors* en 1986 (Bracho-López, 2010), y lo

define como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos al estudio de documentos para descubrir el desarrollo histórico de una materia, los patrones de autoría, publicación y uso.

Gorbea-Portal (2005) presenta un estudio muy exhaustivo de las especialidades métricas de la información del que podemos extraer dos conclusiones principalmente, por un lado que a los investigadores del campo les preocupa, y mucho, la definición de su disciplina y por otro lado que existe unos puntos comunes en la práctica totalidad de las definiciones, que son los métodos cuantitativos que se deben emplear y los objetos de análisis que son los documentos (en el sentido amplio de la palabra) y sus autores.

3.2. Informetría

La primera vez que aparece el término Informetría fue en 1979, lo introdujo Nacke en su traducción alemana *Informetrie* (Araújo-Ruiz & Arencibia-Jorge, 2002; Gorbea-Portal, 2005b; Hood & Wilson, 2001). La define como la “ciencia de la aplicación de métodos matemáticos a los hechos y situaciones del campo de la información para describir y analizar sus fenómenos, descubrir sus leyes y servir de soporte a sus decisiones” (Nacke, 1983, p.185).

En 1984, bajo la supervisión de Nacke, el *Institute for Scientific and Technical Information (VINITI)* organiza la *Fédération Internationale de la Documentation (FID)*, un comité en Informetría con la finalidad de establecer sus objetivos principales y su definición. Posteriormente, T. N. Rajan pasa a ser el presidente de este comité y reformula los objetivos de la Informetría definiéndola como la ciencia que nos suministra datos fiables para la investigación y el desarrollo, para la formulación de políticas y la planificación y para la medición de las instituciones, los proyectos, programas y actividades (Rajan, 1985).

La aceptación de este término empieza a ir en aumento, en 1988 se celebra el primer congreso *First International Conference on Bibliometrics and Theoretical Aspects of Information Retrieval*, donde Brookes propone que se incluya a la Informetría en el título del siguiente congreso puesto que consideraba que era un término genérico que engloba a la Bibliometría y la Ciencometría. Así el congreso de la serie pasa a llamarse *Second International Conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics*. A partir de ahí se le empieza a dar un protagonismo especial mostrándose en el título de la tercera conferencia: *The Third International Conference on Informetrics*, aunque en el cuarto congreso el término vuelve a compartir protagonismo con los otros dos, pasando a ser el título del congreso *International Conference on Bibliometrics, Informetrics, and Scientometrics* (Hood & Wilson, 2001).

En 1992 Tague-Sutcliffe da una definición muy completa para Informetría:

Informetría es el estudio de aspectos cuantitativos de la información en cualquier forma, no solo en los registros o bibliografías, en cualquier grupo social, además de entre los científicos. Así se observan los aspectos cuantitativos de la comunicación informal o hablada, así como grabada, y de las necesidades de información y usos de los desfavorecidos, no solo la élite intelectual. Puede incorporar, utilizar y ampliar los muchos estudios sobre la medición de la información que se encuentran fuera de los límites de la Bibliometría y de la Cienciometría (traducción libre de Tague-Sutcliffe, 1992. p. 1).

En esta definición se observa que el ámbito de actuación de la Informetría es tanto teórico como práctico. Tague justifica la necesidad de esta definición más amplia porque la Bibliometría y la Cienciometría han dejado de lado dos temas que están dentro del ámbito de actuación de la Informetría, el primero de ellos es la definición y medida de la información y el segundo tema es la recuperación, los tipos y características de las medidas de rendimiento en la recuperación (Tague-Sutcliffe, 1992).

Según algunos expertos, (Araújo-Ruiz & Arencibia-Jorge, 2002; Jiménez-Contreras, 2000), la riqueza semántica asociada al término información, está propiciando una transición terminológica de Bibliometría a Informetría, de la misma forma que se produjo el paso de Bibliografía Estadística a Bibliometría.

3.3. Cienciometría

Nalimov y Mulcsenko acuñaron en 1969 el término equivalente a Cienciometría en ruso "Naukometriya" (Nalimov & Mulchenko, 1971/1969). La definen como la aplicación de métodos cuantitativos a la investigación sobre el desarrollo de la ciencia como un proceso informativo. Posteriormente surgen otras definiciones como la de Spiegel-Rosing (1977) o la de Vinkler (1991) que van en la misma línea, dejan entrever que cualquier investigación cuantitativa de la ciencia podría ser Cienciometría. Posteriormente se empiezan a dar definiciones más completas que nos llevan a pensar en la Cienciometría como una especialidad del conocimiento que se centra y fortalece el sistema de la actividad científica. Entre estas definiciones podríamos destacar la de Tague-Sutcliffe (1992, p.1) que la define como "el estudio de los aspectos cuantitativos de la ciencia como disciplina o actividad económica, es parte de la Sociología de la ciencia y se aplica para la toma de decisiones en política científica". O la definición dada por Spinak (1996, p.43) "La Cienciometría usa técnicas matemáticas y el análisis estadístico para investigar las características de la investigación científica". En esta línea también encontramos la definición de Sengupta (1992) que dice que la

Ciencometría se ocupa de “evaluar cuantitativamente el crecimiento de cualquier disciplina científica y los factores responsables del progreso de la actividad en esa área de conocimiento”, de donde se extrae que la Ciencometría va más allá del análisis cuantitativo, sino que va a ser una herramienta fundamental para la evaluación de la ciencia y para la toma de decisiones en el campo de la política científica.

Según Van Raan (1997) la Ciencometría es un campo interdisciplinar puesto que usa métodos tanto de las Ciencias Sociales como de las ciencias humanas, de la estadística, de las matemáticas, de modelos de redes sociológicas así como de las ciencias computacionales. Además, señala que el núcleo de interés de la Ciencometría recae en cuatro áreas interrelacionadas (p. 206):

- Desarrollo de métodos y técnicas para el diseño, construcción y aplicación de indicadores cuantitativos en importantes aspectos de la ciencia y la tecnología
- Desarrollo de sistemas de información en ciencia y tecnología
- Estudio de la interacción entre la ciencia y la tecnología
- Estudio de estructuras cognitivas y socio-organizativas de campos científicos y procesos de desarrollo, en relación con factores sociales

De modo que destaca la interacción entre la ciencia y la tecnología como uno de los campos más fructíferos de la Ciencometría, aunque el punto de vista que más se acerca al trabajo de esta tesis es el cuarto, que relaciona la Ciencometría con la sociología de la ciencia.

Por otro lado, Vanti (2000, p. 17) también pone el énfasis en los diferentes usos que se están haciendo de la Ciencometría como por parte de empresas para “detectar las especialidades científicas que sirven de base a sus tecnologías-clave”. De modo que es evidente la aplicación de la Ciencometría a áreas muy diversas.

3.4. Relación entre las tres especialidades métricas

No hay duda de la importancia de las especialidades métricas en el mundo académico pero un aspecto tan básico y tan importante como es el de su definición está sometido a una continua revisión. En el breve análisis que hemos mostrado en los apartados anteriores se observa que a lo largo de la historia se ha generado mucha controversia sobre los objetivos, alcance e interdependencia entre las mismas, al igual que una enorme cantidad de definiciones que no siempre han servido para aclarar los términos. De ahí podemos diferenciar dos corrientes, por un lado están los autores como Brookes (citado por Hood & Wilson, 2001) o Tague-Sutcliffe (1992) que tienden a considerar la Bibliometría, la Informetría y la Ciencometría como dependientes unas

de otras, ejerciendo alguna de ellas como rectora, y por otro lado, los autores (Canales & Mesa, 2002; Gorbea-Portal, 1994, 2005b; Morales-Morejón & Cruz-Paz, 1995) que entienden que hay un solapamiento entre estas tres especialidades métricas, aunque cada una tiene sus propios objetos y variables de estudio específicos, como puede observarse en la Tabla 3.1, donde se recoge un resumen del trabajo de McGrath (1989) concerniente a las tres especialidades métricas que estamos manejando en este capítulo.

Tabla 3.1 Tipología para la definición y clasificación de la Bibliometría, Informetría y la Cienciometría. Adaptado de McGrath (1989).

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

Gorbea-Portal (1994) establece una relación entre las especialidades métricas muy interesante con una estructura jerarquizada como se muestra en la Figura 3.1 Interpretando el autor que, a partir de esta clasificación, no habría dudas de que cada especialidad métrica tiene su sitio sin que haya solapamiento alguno entre ella.

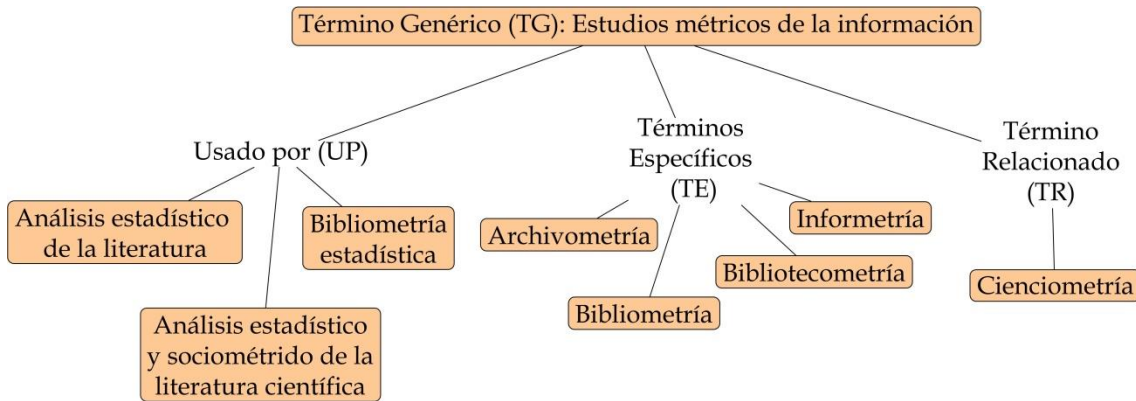


Figura 3.1 Relación entre especialidades métricas. Adaptado de (Gorbea-Portal, 1994)

En este trabajo no compartimos este punto de vista de Gorbea-Portal porque entendemos que la Cientimetría va más allá de la Bibliometría y la Informetría, puesto que la Cientimetría aplica técnicas Bibliométricas a la ciencia, los límites entre las diferentes métricas son muy difusos, de hecho Jiménez-Contreras (2000, p.760) afirma que “los límites entre la Cientimetría y la Bibliometría desde el punto de vista del objeto estudiado son inexistentes en la práctica.”, pero al mismo tiempo nos advierte de que no podemos tomar como una definición lo que es una práctica, porque estaríamos dando una visión sesgada de la cuestión. De ahí que consideremos importante establecer cuál es nuestra postura al respecto.

En el desarrollo de estas especialidades métricas juega un papel fundamental el descubrimiento de algunas regularidades y leyes que veremos en el siguiente apartado.

3.5. Leyes métricas básicas

Según Spinak (1996) una ley es una teoría de la que no hay dudas razonables sobre su exactitud. En el campo de la Bibliometría las consideradas leyes no tienen la rigurosidad que se asocia a las leyes de la física, por ejemplo, pero lo que nadie discute es su utilidad práctica. Entre las leyes más importantes de la Bibliometría se encuentran la de Bradford, la de Price o la ley de Lotka. Todas ellas toman sus nombres de los autores que las enunciaron.

3.5.1. Leyes de Price

- **Primera Ley de Price: Ley del Crecimiento Exponencial**

Esta ley demuestra que la información crece a un ritmo muy superior en comparación con otros procesos sociales, como puede ser el crecimiento de la población. Fue formulada en 1963 por Derek J. de Solla Price en su libro *Little Science*,

Big Science. En términos matemáticos podríamos decir que cada 10-15 años la información científica se duplica con respecto a la que ya hay, (Antonio Fernández-Cano, Vallejo-Ruíz, & Torralbo-Rodríguez, 2003). Este enunciado se traduce en la siguiente expresión matemática:

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

Siendo N la magnitud medida relacionada con el tamaño de la ciencia, N_0 esa magnitud medida en el tiempo $t=0$ y b es una constante que relaciona la velocidad de crecimiento con el tamaño ya adquirido de la ciencia. Al ser un modelo exponencial su representación gráfica no es lineal, pero se suele linealizar poniendo escala logarítmica en el eje de ordenadas, ya que la expresión anterior se puede expresar de la siguiente forma:

$$\ln N = \ln N_0 + b \cdot t, \text{ o bien}$$

$$\log N = \log N_0 + (\log b) \cdot t$$

Según Price, la propiedad más sorprendente y significativa de esta ley empírica es que su validez permanece constante con gran precisión a lo largo de amplios periodos de tiempo (López-Piñero, 1973)

- ***Segunda Ley de Price: Ley del Crecimiento Logístico***

Este crecimiento exponencial no puede durar siempre, en algún momento empieza a debilitarse hasta alcanzar un límite, describiendo lo que Price definió como “curva logística”. Esta curva está limitada por un tope o línea de saturación a partir de la cual el crecimiento ya no continua al mismo ritmo, como puede observarse en la gráfica de la Figura 3.2 Representación de la curva logística. Fuente (Price, 1986)

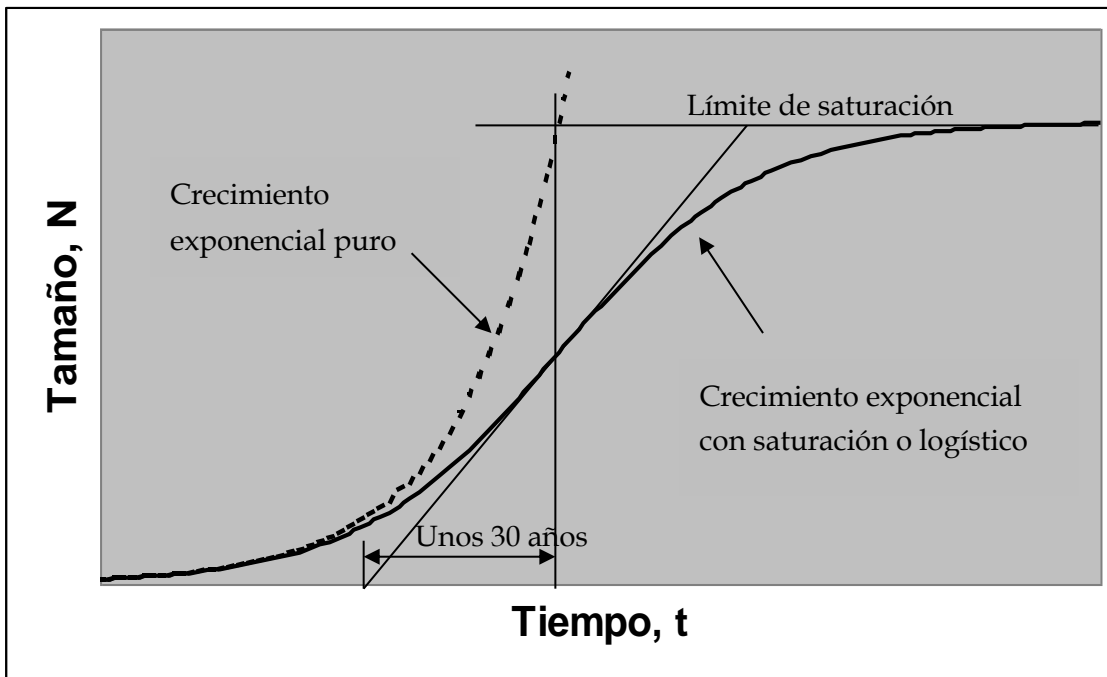


Figura 3.2 Representación de la curva logística. Fuente (Price, 1986)

3.5.2. Ley de Bradford o Ley de la Distribución de la Literatura Científica

La ley de Bradford es una de las principales leyes bibliométricas y pretende describir la distribución de la producción científica sobre un tema dado o materia. Bradford enunció su ley en 1948 y viene a decir que si dispusiéramos las revistas científicas en orden decreciente de productividad de artículos, podemos distinguir un *núcleo* de revistas más específicas y consagradas, y varios grupos o zonas que contienen aproximadamente el mismo número de artículos que el núcleo, quedando definida la relación entre el número de revistas de cada zona y el núcleo como $1:n^1:n^2:n^3:\dots$, donde n es el llamado multiplicador de Bradford.

De esta manera, si dividiéramos el número total de revistas, ordenadas según lo comentado anteriormente, en zonas que contuvieran aproximadamente el mismo número de artículos (progresión aritmética de artículos), veríamos que el número de revistas de cada zona consecutiva aumenta en progresión geométrica (Bradford, 1948; Ruiz de Osma, 2006). El núcleo pues lo constituyen las revistas más prolíficas en la materia.

Al representar los datos gráficamente, se observará una zona curva correspondiente al núcleo y una zona lineal, ya que representamos el logaritmo decimal del número de revistas acumulado, que se corresponde con las sucesivas zonas Bradford (Pontigo & Quijano, 1977)

3.5.3. Ley de Lotka

Alfred James Lotka (1880-1949) fue un químico y matemático polaco. Se le considera, en palabras de Gorbea (2005a), el padre del análisis demográfico. En 1926 publicó un artículo en el que analizaba la producción científica de autores de química por un lado y de física por otro, del que surge su modelo matemático (Lotka, 1926). Este modelo es una distribución de probabilidades discretas que describe el comportamiento de la productividad de los autores en determinados campos científicos del conocimiento. El significado de esta ley es que la mayoría de autores publican un número reducido de trabajos, mientras que la mayoría de los artículos son publicados por un número muy limitado de investigadores. Su objetivo no era crear una ley, él pretendía determinar “la parte en la que, hombres de diferente calibre, contribuyen al progreso de la ciencia” (Lotka, 1926, p. 317), de hecho, no es hasta su muerte que se le da el nombre epónimo de Ley de Lotka y hasta 1973 no se empieza aplicar a otras ramas de la ciencia (Carro, 2002).

En 1985 Miranda Lee Pao publica un artículo (Pao, 1985) en el que desglosa de forma pormenorizada el modelo matemático creado por Lotka. Ese procedimiento es el que hemos seguido en este estudio. Se aplica el modelo del poder inverso generalizado utilizando el método de los mínimos cuadrados. Este procedimiento ya se ha aplicado en otros estudios sobre producción en Educación Matemática (Bracho-López et al., 2012; Bracho-López, Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, et al., 2011; Maz-Machado, Bracho-López, et al., 2011).

La formulación del modelo es la siguiente

$$y_x = Cx^{-n} \text{ con } x = 1, 2, 3, \dots, x_{max},$$

donde y_x es la probabilidad de que un autor publique x trabajos y C y n son los dos parámetros que han sido extraídos de nuestros datos y cuyas expresiones generales son:

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

donde N es el número de pares de datos comprendidos en la muestra X es el logaritmo decimal de x e Y es el logaritmo decimal de y .

El valor absoluto de n se sustituye en la siguiente expresión para obtener el valor de la constante C :

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

Siguiendo a Pao (1985), tomamos $P=20$ ya que ella comprobó que el error residual es insignificante para este valor de P .

Para comprobar la bondad del ajuste aplicamos el test de Kolmogorov-Smirnov (K-S), como sugiere Urbizagástegui (2004).

3.6. Evaluación de la producción científica

En la evolución de las especialidades métricas a lo largo del tiempo, se observa una orientación clara de su uso hacia la política científica, teniendo un papel fundamental como instrumentos de medición de la ciencia. Aunque en algunos círculos científicos ha sido difícil la aceptación de estas disciplinas como evaluadoras de su actividad puesto que piensan que la evaluación por pares es la mejor forma de validar su trabajo (Macías-Chapula, 2001). A pesar de ello, la tendencia general es la aceptación del análisis y la evaluación de la investigación científica como aspectos necesarios que se practican para apreciar resultados individuales y para determinar la calidad y eficacia de los programas de investigación o para precisar los resultados de los organismos encargados de ello, como son las universidades.

Según el *Joint Committee on Standards for Educational Evaluation* (citado por Fernández-Cano (1995)) se entiende por evaluación de la investigación el enjuiciamiento sistemático de la valía o el mérito de sus resultados.

La evaluación de la investigación se ha convertido en el punto de partida para apoyar la toma de cualquier decisión de carácter económico o político en la investigación, por tanto, se trata de algo más que una recolección de datos o indicadores científicos

Si analizamos la evaluación desde el punto de vista del momento en que se realiza, podemos clasificarla de la siguiente forma (Bracho-López, 2010):

- *Ex-ante*, que permite acercarse a la realidad económica, social, científica y tecnológica del objeto que se quiere analizar. Está indicada para los proyectos que se van a aprobar, por ejemplo.
- *Ex-post*, permite el análisis y la discusión de los resultados científicos y tecnológicos. Es el caso de una revisión por pares.

- *Proceso*, permite informar durante el proceso de implementación de un programa de investigación, esto hace que se puedan realizar cambios en función de los resultados de esta evaluación.

Si atendemos a la finalidad de la evaluación de la investigación podemos hacer la siguiente clasificación (Vallejo-Ruíz, Fernández-Cano, & Torralbo-Rodríguez, 2005):

- *Evaluación por rendimiento de cuentas*, su objetivo es demostrar la calidad y validez de los resultados obtenidos para las entidades y organismos que las financian.
- *Evaluación como pauta de mejora*, pretende detectar aspectos de mejora e identificar logros.
- *Revisión por pares*, se basa en la opinión de expertos en la materia, por tanto son los que deciden si la investigación cumple los requisitos de calidad e interés en función de su finalidad.
- *Evaluación de la Ciencia*, pretende reflexionar sobre sí misma.

Según Spinak (1998), la evaluación es mucho más que la recolección de datos e indicadores cuantitativos, debe responder a cuestiones como por qué las cosas ocurren como ocurren. Para ello es fundamental tener en cuenta el sistema en el que están inmersos los investigadores: “el ambiente cultural, el político, los colegios invisibles, las organizaciones formales, los grupos de trabajo, el sistema legal y económico, las asociaciones profesionales y, finalmente, el sistema de información” (p. 43). De modo que los indicadores que nos servirán para evaluar la actividad científica deben abarcar todas estas componentes, si no queremos quedarnos con una evaluación muy sesgada.

La visibilidad internacional de los trabajos científicos publicados es otro elemento esencial en los procesos de evaluación de la investigación que llevan a cabo organismos como la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA), a nivel estatal, o la Agencia Andaluza de Evaluación (AGAE) a nivel autonómico, entre otros (de Moya-Anegón, 2003). Este hecho lleva consigo la idea de que la visibilidad internacional y la calidad del conocimiento científico son dos aspectos que están en sintonía, de modo que al medir la visibilidad se está midiendo la calidad.

La importancia que se da en España a la evaluación de la producción científica, queda manifiesta con la existencia de un grupo de investigación en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) llamado *Grupo de Indicadores para la Evaluación de Publicaciones Científicas*. Los resultados obtenidos por este grupo a lo largo de los años han permitido realizar, a partir del análisis de citas, estudios sobre la estructura y los comportamientos de las distintas disciplinas científicas.

A nivel internacional tenemos referentes muy importantes como el *Centre for Science and Technology Studies* de la Universidad de Leiden en Holanda, el cuál aplica diversas metodologías de evaluación a los resultados de investigación y determina criterios que constituyen un objeto de valor tanto de la reflexión teórica como para la investigación empírica. Los informes que emite este centro son tenidos en cuenta en los procesos evaluadores de instituciones científicas.

Según Carro (2002) la comunicación científica puede verse empañada por algunos efectos perniciosos como el Efecto Mateo, que dice que *el reconocimiento que se obtiene a través de la obtención de ayudas, becas, menciones honorífica, citas de los trabajos, etc. Se ve empeñado dependiendo de cuál sea la posición de partida*. Otro efecto es el del género. En cualquier caso, son efectos que confirman la idea de Spinak (1998) de que la ciencia no puede ser medida en una escala absoluta, sino que hay que tener muy en cuenta qué criterios se deben considerar y la importancia relativa que se le debe dar a los mismos.

A modo de conclusión podemos decir que el uso que se hace de la evaluación de la investigación varía mucho en función de los autores, intereses o necesidades, en cualquier caso, no es fácil elegir el tiempo y modo adecuados para hacerlo. Lo que sí queda claro es que la principal fuente de documentación para llevarla a cabo son las publicaciones en sus diferentes formatos sobre los que se pueden aplicar procedimientos métricos que se centren en los aspectos comunicativos de los resultados de la investigación más que en el contenido propio de la misma.

3.7. Indicadores Bibliométricos

La comunicación y la información son dos tareas inseparables de la práctica científica. Podríamos decir que forman parte de un proceso cíclico, como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Ciclo información-investigación-comunicación. Fuente: Elaboración propia

Estas tres componentes del proceso se pueden evaluar a través de los diferentes indicadores.

Como hemos visto en el apartado 3.5, no hay un consenso en cuanto a las definiciones y clasificaciones dentro de las especialidades métricas, a pesar de los esfuerzos. Pues bien, este hecho también se refleja en la elaboración de un listado de indicadores cienciométricos que nos permitan evaluar la producción científica.

En este estudio utilizaremos los indicadores bibliométricos que, por un lado, nos permitan hacer el estudio cienciométrico de carácter descriptivo, centrándonos en la productividad y la colaboración, y por otro lado, nos permitan hacer un análisis temático, lo que nos llevará a detectar agendas de investigación en el campo de la Educación Matemática, entre otras cuestiones.

En los siguientes apartados introduciremos los indicadores bibliométricos que utilizaremos en este estudio. Se han clasificado en tres grupos, a saber: indicadores personales, de productividad y de contenido. A este respecto tenemos que decir que ha sido de especial importancia para la selección de los indicadores, el *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría* editado por la UNESCO en 1996 (Spinak, 1996).

3.7.1. Indicadores personales

Entre los indicadores personales se suele usar la edad de los investigadores, el sexo y los antecedentes personales. Dado el tamaño de la muestra y la imposibilidad de acceder a los datos sobre la edad y antecedentes, solo analizaremos la variable sexo, lo cual nos permitirá hacer una lectura de la producción en Educación Matemática desde la perspectiva de género.

3.7.2. Indicadores de productividad

Índice de productividad personal (IPC)

Según la norma ISO 5127:2001 (AENOR, 2001) un autor es la persona considerada responsable de la creación de un documento. Actualmente, no cabe duda de la importancia de la autoría en la investigación científica, al mismo tiempo que no existe consenso en cuanto a la acreditación de la misma.

El índice de productividad personal fue definido por Price como el logaritmo decimal del número de documentos publicados por el autor en un determinado intervalo de tiempo:

$$IPC = \log N_p$$

siendo N_p el número de publicaciones. Para obtenerlo, se realiza una cuenta de autores completa, esto significa que cuando un libro o capítulo de libro tiene más de una firma, se le contabiliza a cada uno de los autores (Ver apartado 5.3).

Productividad total de publicación (PTP)

Es un índice cuantitativo específico cuya función es la evaluación comparada de la productividad total de las organizaciones de investigación que trabajan en campos con características bibliométricas similares (Vinkler, 2000, 2010), viene dado por la expresión:

$$PTP(t_p) = \frac{U(t_p)}{K \cdot t_p}$$

Donde,

$U(t_p)$ es el número total de producciones científicas publicadas durante el periodo de tiempo t_p ,

K es la media del número de investigadores de las organizaciones evaluadas durante el periodo de tiempo t_p

Tasa de variación interanual (TVI)

La tasa de variación también llamada Tasa de Crecimiento (TC) indica el aumento o disminución de la producción científica respecto al año anterior. Se expresa en términos porcentuales en relación con el total de una producción anterior. Viene dada por la expresión:

$$TVI_n = \frac{ndoc_n - ndoc_{n-1}}{ndoc_n} \cdot 100$$

Donde,

$ndoc_n$ es el número de documentos en un año dado y $ndoc_{n-1}$ es el número de documentos en el año anterior.

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.

3.7.3. Indicadores de contenido

Son los indicadores utilizados para establecer agendas de investigación dentro de una disciplina científica. Según Bracho (2010), existen tres formas de realizar este análisis, en función de los descriptores que usemos:

- Análisis basado en las palabras clave (keywords).
- Análisis a partir de un conjunto de descriptores establecidos al efecto.
- Análisis basado en algún tesoro específico o una clasificación validada por la comunidad científica del campo de investigación en cuestión.

Ante la falta de un tesoro específico en el campo de la Educación Matemática, en este trabajo nos hemos decantado por utilizar la clasificación temática *Mathematics*

Education Subject Classification (MESOC), creada por *FIZ Karlsruhe (Zentralblatt)* para la base de datos *MathEduc*, utilizada anteriormente por otros autores como Torralbo (2002), Vallejo (2005) o el mencionado trabajo de Bracho (2010). Existen otros trabajos (Gómez, Cañadas, Bracho-López, Restrepo, & Aristizábal, 2011) que han utilizado la clasificación temática del Repositorio Digital de Documentos de Educación Matemática, Funes, dirigido por Pedro Gómez, en el que se hace una clasificación de términos en castellano.

Clasificación temática de MathEduc

Esta clasificación hace una división en 16 áreas principales, estas son:

- A. General, Matemáticas y Educación
- B. Política educativa y sistemas educativos
- C. Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática
- D. Educación e instrucción en Matemáticas
- E. Fundamentos de las Matemáticas
- F. Aritmética. Teoría de números
- G. Geometría
- H. Algebra
- I. Análisis
- K. Estadística
- M. Modelización matemática. Matemáticas aplicadas
- N. Matemáticas numéricas
- P. Informática
- Q. Educación en Informática
- R. Aplicaciones de la Informática
- U. Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa

Dentro de cada una de estas áreas se establecen diferentes categorías, que se etiquetan con un número y por último se hace una clasificación por niveles educativos:

- 0: General
- 1: Educación infantil
- 2: Educación primaria
- 3: Educación secundaria obligatoria
- 4: Educación secundaria no obligatoria
- 5: Universidad

6: Escuelas especiales

7: Escuelas profesionales

8: Otras escuelas, educación a distancia, educación popular

9: Formación de profesorado

De modo que el etiquetado de un documento atendiendo a esta clasificación generará un código de tres dígitos, el primero será una letra que nos indica la temática general, el segundo es un número que nos concretará un área específica de esa temática y el último dígito estará referido al nivel educativo en el que se encuadra ese documento.

3.8. La Cienciometría en la Educación Matemática.

Los estudios cuantitativos son pues una herramienta fundamental para detectar tendencias y patrones metodológicos y conceptuales en las diferentes ciencias, es por ello que son bastante numerosos en un gran número de disciplinas. En el campo que nos ocupa, el de la Educación Matemática, como un área perteneciente a las Ciencias Sociales, no han sido tan abundante, por diferentes cuestiones (Hicks, 1999):

- Predominancia de publicación en libros y en otros medios no seriados.
- Abundancia de citas a libros
- Existencia de numerosas publicaciones a nivel nacional

Los estudios cuantitativos se nutren de las bases de datos, usan numerosos indicadores basados en el análisis de citas, por tanto, cuando se hacen sobre un área, como esta, en la que hay mucha producción científica que no está indexada en bases de datos, puesto que hay mucha producción publicada a través de libros no indexados, no es fácil realizar esos análisis cuantitativos. Aun así, podemos encontrar algunos casos tanto a nivel internacional como a nivel nacional.

A nivel internacional el primer trabajo que se encuentra es de Dario Fiorentini (1993) en Brasil, en el que se analizan las tesis de maestría y doctorado defendidas en Brasil en el campo de la Educación Matemática desde la década de los 70 hasta el año 1990. En total analiza 204 tesis, dando un pormenorizado análisis de la distribución por provincias y por universidades. También hace una clasificación en función de los directores, los niveles de estudio en los que se centran las investigaciones así como las temáticas. Esa clasificación temática ha servido para estudios posteriores realizados en ese país.

Unos años después, Donoghue (1999) hace una clasificación de la producción en Educación Matemática atendiendo al tipo de investigación (descriptiva, interpretativa, prescriptiva, analítica, sintética o teórica) y a la técnica empleada (reflexiva, referencial,

evidencial, clínica, empírica y experimental) en función de los recursos y el diseño de investigación utilizado por los investigadores. Su objetivo era poder identificar tendencias históricas en el área, influencias actuales en aquel momento y futuras investigaciones.

En Estados Unidos también se han venido utilizando indicadores ciencométricos para estudiar los programas de doctorado en Educación Matemática (R. E. Reys & Kilpatrick, 2001, 2008) relacionándolos con aspectos sociales y educativos.

Así mismo, encontramos un análisis más actual (Erdogan & Yucedag, 2011) en el que se analizan las 342 tesis de máster y de doctorado en Educación Matemática en Turquía entre 2000 y 2009.

Si nos centramos en el ámbito nacional, encontramos numerosos estudios ciencométricos que analizan la producción en Educación Matemática en diferentes canales de difusión:

- Estudios centrados en las tesis doctorales españolas elaboradas en esta área de conocimiento (Torrallbo-Rodríguez, 2002; Vallejo-Ruíz et al., 2007; Vallejo-Ruíz, 2005).
- Trabajos centrados en revistas españolas de Educación Matemática (Bracho-López, Maz-Machado, Jiménez-Fanjul, et al., 2011).
- Estudios en los que se han analizado los simposios de la SEIEM (Godino et al., 2012; Maz-Machado, Bracho-López, et al., 2011).
- Trabajos que analizan los patrones de citación de los investigadores del área (Noelia Jiménez-Fanjul et al., 2013b) o una temática concreta, como es el caso de la narrativa en Educación Matemática (Bracho-López, Jiménez-Fanjul, Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, & Fernández-Cano, 2014)

Por tanto, consideramos necesario realizar el presente estudio centrándonos en la producción en Educación Matemática difundida a través de libros, creemos que es una investigación pertinente y novedosa al no haber ningún estudio al respecto.

CAPÍTULO 4. CUESTIONES DE GÉNERO EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

4.1. Género y Matemáticas

4.2. Estudios de Género y Cienciometría

No cabe duda que en la sociedad del siglo XXI la mujer juega un papel determinante en todos los ámbitos de la misma, pero en muchos casos no tiene la visibilidad que corresponde, este hecho se conoce como *Efecto Matilda*, en honor a Matilda J. Gage, una activista norteamericana que luchó por el derecho al voto de la mujer. El término fue acuñado por la historiadora Margaret W. Rossiter con el objetivo de identificar el hecho de que las mujeres científicas reciben menos crédito y reconocimiento por su trabajo. El efecto Matilda es un corolario del *efecto Mateo* postulado por el famoso sociólogo Robert K. Merton (1968), del que hablaremos en el apartado de medida de la colaboración científica.

El hecho de que las publicaciones se firman normalmente con el apellido y la inicial del nombre, no ayuda a que el trabajo de las mujeres investigadoras seas más visible. En este sentido ya existen revistas en las que se pide el nombre completo de los autores, como es el caso de *Scientometrics*, que lo hace desde el año 2000. Algunas organizaciones como el Grupo de Helsinki, promueven la inclusión de los datos de género en las investigaciones (The Helsinki Group, 2014). La base de datos Thomson Reuters ISI Web of Science, también incluye los nombres completos de los autores desde 2007.

Desde 2012 la igualdad de género es uno de los puntos clave en los programas de investigación de Europa (European Commission, s.f.), en este sentido se están realizando numerosas investigaciones sobre el papel de la mujer en la investigación, tratando de extraer patrones y buscar indicadores de su productividad (De Torres & Torres-Salinas, 2007; Leta & Lewison, 2003; Lewison, 2001; Lundberg et al., 2008).

Centrándonos en el área que nos interesa de manera particular, podemos observar que existen numerosas investigaciones que analizan la relación entre Matemáticas y género desde diferentes perspectivas y en diferentes países (Hanna, 2002b); sin embargo, no hay investigaciones que analicen la producción científica en Educación Matemática desde la perspectiva de género. Por ello creemos que este análisis es pertinente y

novedoso. Además, como el estudio que nos hemos propuesto abarca un amplio rango de años, esperamos poder observar las tendencias y patrones de la participación de la mujer en la investigación en el área.

Antes de profundizar en el tema, sería conveniente establecer la distinción entre sexo y género, ya que en la mayoría de las ocasiones se usan indistintamente, de una forma errónea.

Según el Diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2012), el sustantivo sexo, en su primera acepción se define como la “condición orgánica, masculina o femenina, de los animales y las plantas”, mientras que el sustantivo “género”, en su primera acepción aparece como “conjunto de seres que tienen uno o varios caracteres comunes”. Podemos decir entonces que el término “sexo” está referido a una característica natural o biológica y, sin embargo, el término “género” es una significación cultural referida a los roles y comportamiento. De este modo, hombre y mujer son categorías de sexo mientras que masculino y femenino son las categorías de género.

El hecho es que podemos afirmar la existencia de un área de conocimiento que trabaja en las cuestiones relacionadas con el papel de la mujer en muchos ámbitos, así empieza a hablarse de estudios de la mujer, estudios feministas, o más recientemente, estudios de género (Muñoz-Muñoz, 2004).

4.1. Género y Matemáticas

En 1993 tuvo lugar una conferencia del ICMI con el título *Gender and Mathematics Education*. En ella se estuvo analizando la desigualdad en el aprendizaje de las Matemáticas y en las carreras relacionadas con las Matemáticas, partiendo de la premisa de que no existe ninguna barrera física o intelectual que impida a las mujeres participar en temas relacionados con Matemáticas, Ciencias o Tecnología (Hanna, 2002a).

Los estereotipos presentes en nuestra sociedad son todavía muy fuertes. Si pedimos a una clase de adolescentes que nos dibujen a alguien que trabaja en matemáticas, la gran mayoría dibujará a un hombre, probablemente con gafas, como seña de intelectualidad. Hay estudios que confirman la existencia de estos estereotipos (Fennema & Sherman, 1978; Leder, 1992; Sherman & Fennema, 1977).

Elizabeth Fennema (2002) establece que las diferencias de género en las Matemáticas van disminuyendo aunque todavía persisten en el aprendizaje de las Matemáticas complejas, en las creencias sobre las Matemáticas y en la elección de estudios universitarios. Estas diferencias se ven influenciadas por el estatus

socioeconómico y la cultura, por la escuela y sobre todo, por los docentes, ya que, según la autora, estos tienden a estructurar sus clases de forma que el aprendizaje masculino se ve favorecido; por tanto, de igual forma, con una intervención adecuada por parte de la comunidad educativa, se podría lograr la equidad. De hecho, esta misma autora, junto con otros investigadores, pusieron en marcha un programa de intervención llamado *Multiplying Options and Subtracting Bias*, con el que consiguieron que los chicos y chicas fueran conscientes de los estereotipos existentes alrededor de las Matemáticas y consiguieron, como aspecto positivo, que más chicas y chicos eligieran las asignaturas optativas de Matemáticas, y como aspecto negativo, al poner de manifiesto el sexismo que existía en el ambiente escolar, hizo que aumentara la ansiedad de la chicas hacia las Matemáticas (Fennema, Wolleat, Becker, & Pedro, 1980).

Ann H. Koblitz (2002) hace un análisis muy interesante de las creencias y estereotipos sobre la participación de la mujer en las Matemáticas y en la Educación Matemática desde una perspectiva histórica y cultural; así, afirma que la mujer ha tenido una participación muy diferente en las diferentes culturas y los diferentes periodos históricos. Destaca que la mujer ha tenido un papel relevante en algunas partes del mundo como Asia, África o América Latina, y que, en contra de lo que podría pensarse por el nivel económico y cultural, dentro de Europa, países como Francia, Portugal, Turquía, Italia o España, tiene una proporción mayor de mujeres matemáticas que países vecinos como Alemania, Inglaterra o Suecia.

Los estudios de género se han venido haciendo desde diferentes perspectivas:

- *Enfoque positivista*: Serían, por ejemplo los trabajos de Fennema y Sherman (Fennema & Sherman, 1978; Sherman & Fennema, 1977). En ellos los investigadores deciden en qué parte del comportamiento se van a centrar. Tratan de describir los grupos con respecto a este comportamiento con la finalidad de predecir el comportamiento de otros. Estudios realizados desde esta perspectiva han hecho que tengamos mucha información sobre participación y logros en Matemáticas, pero dan una visión muy limitada de todo lo que conlleva la relación entre género y Matemáticas.
- *Enfoque cognitivo*: La idea central de esta perspectiva es que la mayoría de los comportamientos están guiados por la actividad mental o cogniciones. Muchos estudios sobre conocimientos y creencias de profesorado y alumnado están realizados desde esta perspectiva. Dentro de este enfoque encontramos trabajos como el de Carpenter y Fennema (1992), en el que analizan diferencias de género a través de la ejecución de tareas de adición y sustracción.

- *Enfoque feminista*: Parte de la creencia de que la mayoría de las percepciones, metodologías y hallazgos están dominados por perspectivas masculinas y son vistas a través de la mirada masculina. Por tanto, se hace necesario escuchar la voz femenina. Al igual que ha pasado con otros colectivos minoritarios o etnias, es necesario incluir otras perspectivas. Con este enfoque, podemos encontrar los trabajos de Damarin (1995), el de Isaacson (1986) o el de Jacobs (Jacobs, 2009).

4.2. Estudios de Género y Cienometría

Desde el punto de vista cienométrico los estudios de género se basan, principalmente, en tres tipos de análisis: estudios centrados en el análisis cuantitativo de la producción científica, estudios basados en el impacto de las publicaciones y estudios basados en los patrones de colaboración científica. En todos ellos encontramos diferencias en los resultados dependiendo de los países en los que se realiza el estudio, el tipo de metodología usada pero, sobre todo, en función del área en la que se hace el análisis.

Dentro de los estudios que analizan la producción científica encontramos los que muestran que la producción de los investigadores varones es mayor que la de las mujeres (Larivière, Vignola-Gagné, Villeneuve, Gélinas, & Gingras, 2011; Ledin, Bornmann, Gannon, & Wallon, 2007; Puuska, 2010), en cambio otros estudios concluyen que no hay diferencias significativas (Hunter & Lealhy, 2010; Lewison, 2001; Mauleón, Bordons, & Oppenheim, 2008). Es curioso, como aun obteniendo resultados diferentes en cuanto a la producción, tanto el estudio de Larivière et al., en el que analizan la producción científica de todo el profesorado de la Universidad de Québec, como el estudio de Mauleón, Bordons y Oppenheim, que analiza la producción científica de investigadores del CSIC en el ámbito de ciencias de la vida, coinciden en que la producción de las mujeres disminuye en la franja de edad de 40 años.

Si nos centramos en los estudios que analizan la diferencia de género en función del impacto de las publicaciones, analizado en función de las citas recibidas, encontramos también disparidad de resultados, así podemos ver investigaciones que concluyen que no hay diferencias significativas en los patrones de citación, como en el trabajo de Lewison (2001) o el de Copenheaver, Goldbeck y Cherubini (2010). Estudios en los que hay una superioridad en las citas a trabajos firmados por mujeres (Long, 1992; Symonds, Gemmell, Braisher, Gorringer, & Elgar, 2006) y, en el lado opuesto, trabajos en los que las producciones de las mujeres reciben menos citas (Hunter & Lealhy, 2010; Larivière et al., 2011).

En los trabajos que analizan la diferencia de género en la colaboración también encontramos estudios que coinciden en que los hombres suelen tener más colaboraciones internacionales (Larivière et al., 2011; Lewison, 2001), sobre todo porque, según los autores, las mujeres tienen redes de colaboración más pequeñas y porque se resisten más a hacer estancias en otros centros de investigación. Y otros, en cambio, concluyen que las mujeres tienen un alto índice de colaboración (Cole & Zuckerman, 1984; Long, 1992; Maz-Machado, Guitiérrez-Arenas, et al., 2011).

Hay otros estudios que han analizado la posición de la mujer en diferentes ámbitos del mundo académico, como es el caso del trabajo de Vallejo, Rojas y Fernández-Cano (2002), en el que estudian si existe algún sesgo relativo al género en los altos cargos de los consejos editoriales de las principales revistas científicas españolas en el ámbito educativo.

En cuanto al sesgo en los revisores, Moore (1978) encuentra que existe cierta inclinación, por parte de los revisores, por favorecer los trabajos de colegas del mismo sexo. En ese sentido Lloyd (1990) confirma la tendencia de las mujeres revisoras a favorecer a las autoras.

También encontramos estudios que analizan la presencia de la mujer en los órganos de gobierno de las universidades (Clarke, 2001; Tomás & Duran, 2009).

Esta revisión de la literatura sobre los estudios bibliométricos relacionados con las diferencias de género pone de manifiesto, una vez más, que el comportamiento de la ciencia es muy diferente en función de las áreas analizadas, por eso consideramos que la *cienciometría* puede ser una buena herramienta para analizar la producción de género en el área de Educación Matemática.

CAPÍTULO 5. COLABORACIÓN CIENTÍFICA

- 5.1. Definición de colaboración científica
- 5.2. Tipos de colaboración científica
- 5.3. Medida de la colaboración científica
- 5.4. Redes de colaboración científica

La colaboración es una parte intrínseca de la actividad científica. Atrás queda la imagen del investigador solo en su laboratorio. Hoy día, no se concibe esta actividad en solitario, aunque haya trabajos publicados con una sola firma, detrás de esa firma está la participación, en cierto modo, de otras personas o instituciones que dan soporte a ese autor. Las principales motivaciones que llevan a la colaboración son: económicas y políticas (Beaver & Rosen, 1978, 1979; Beaver, 2001), mayor visibilidad de los trabajos (Lewison, 1991; Narin et al., 1991) y la necesidad individual de lograr reconocimiento para continuar en la carrera académica (Filippo et al., 2008).

Las instituciones académicas promueven la colaboración a través de convenios, becas o estancias de sus investigadores en otros centros de investigación. Los gobiernos también incentivan la colaboración científica a través de las diferentes convocatorias de subvenciones para proyectos, prueba de ello es, por ejemplo, las iniciativas europeas enmarcadas dentro del Horizonte 2020. No se concibe la idea de presentar un proyecto por un equipo de investigación en solitario, la mayoría de los proyectos subvencionados incluyen a diferentes países.

Existen muchos referentes en la literatura sobre colaboración científica, especialmente a partir de los años 70. La primera revisión sobre la misma la llevaron a cabo Katz y Martin (1997), en este trabajo se cuestionan varios factores que se dan por hecho en todo el proceso de colaboración, como por ejemplo, que el concepto de colaboración es algo entendido por todos, como veremos a lo largo del tema, no es una cuestión baladí. Al mismo tiempo que hacen una clasificación de los trabajos publicados hasta ese momento, así distinguen entre trabajos:

- Centrados en la forma de medir la colaboración
- Que analizan los factores que favorecen la colaboración

- Centrados en el rol de la comunicación y los efectos de la cercanía física y social en la colaboración
- Que se centran en los efectos de la colaboración sobre la productividad e impacto de la investigación

Pero en modo alguno podemos simplificar lo que implica la colaboración, así dedicaremos este capítulo a definir qué consideramos por colaboración, trataremos de identificar diferentes tipos de colaboración científica, veremos cómo podemos medirla y trataremos de analizar la visualización de sus resultados.

5.1. Definición de colaboración científica

Según el Diccionario de la Real Academia Española (RAE, 2012), en su primera acepción, colaboración es el “acto y efecto de colaborar”. Si nos vamos a la definición de colaborar en ese mismo diccionario, en su primera acepción tenemos: “trabajar con otra u otras personas en la realización de una obra”. Pero no podemos quedarnos en una definición tan básica, haremos un barrido cronológico por las diferentes definiciones en la literatura específica en este campo de investigación.

Para Scharage (1995) la colaboración entre personas es un proceso de creación compartida en el que individuos con capacidades complementarias interactúan para obtener unos conocimientos que no tenían por separado. Melin y Persson (1996) entienden la colaboración como una forma intensa de interacción que permite compartir competencias y otros recursos a través de una comunicación efectiva. Un año después, Katz y Martin (1997) definen la colaboración científica como el trabajo conjunto de investigadores para conseguir el objetivo común de producir nuevo conocimiento científico. Según Carro (2002), “la colaboración engloba los procesos que tienen lugar para la consecución de un objetivo común cuando los individuos o las organizaciones no pueden alcanzarlos por sí mismos” (p. 17).

En general, la mayoría de las definiciones ponen énfasis en las relaciones, de modo que la característica principal de la colaboración es la creación de vínculos que permitan obtener beneficios o conseguir un objetivo que de forma individual no podría conseguirse. Esto nos plantea la siguiente cuestión: ¿cómo de estrechos deben ser esos vínculos para poder considerarlos colaboración?. En este sentido podríamos situarnos en un punto medio entre lo que se considera una definición suave de colaborador, a saber, cualquiera que aporte algo a una investigación, y lo que se considera una definición fuerte, la que considera colaboradora solo a aquella persona que contribuye directamente en todo el proceso de investigación. En ese sentido, Carro (2002) establece una graduación entre estos dos extremos, distinguiendo entre contacto, cooperación, coordinación y colaboración, términos que en muchos casos se usan como sinónimos.

Mattesich, Murray-Close y Monsey (2001) hacen un reparto exhaustivo de las características de cada una de estas vinculaciones, según se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Características de la cooperación, coordinación y colaboración (Fuente: Mattesich, Murray-Close y Monsey (2001), citado por Carro (2002))

Elementos esenciales	Cooperación	Coordinación	Colaboración
Relaciones y visiones	<ul style="list-style-type: none"> • Prioritariamente entre individuos • No se comparten misiones organizativas ni objetivos • Duración indefinida 	<ul style="list-style-type: none"> • Relaciones individuales respaldadas por las organizaciones • Revisión de compatibilidad de misiones y objetivos • La interacción gira en torno a un conjunto de tareas definidas 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen vínculos entre los grupos y organizaciones • Se comparten fines y objetivos • El trabajo se lleva a cabo para obtener resultados a largo plazo
Estructura y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> • Las relaciones son informales • No se requieren planes conjuntos • La información se transmite a medida que se necesita 	<ul style="list-style-type: none"> • Los actores asumen funciones pero funcionan de forma independiente • Se requiere escasa planificación específica • Se crean canales de comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> • Nueva división del trabajo con estructuras organizativas claramente definidas • Desarrollo conjunto de estrategias • Establecimiento de múltiples niveles de comunicación
Autoridad y responsabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Reside de forma individualizada en cada uno de los participantes • Liderazgo unilateral 	<ul style="list-style-type: none"> • Sigue siendo individual pero existe coordinación entre participantes • Se comparte liderazgo, riesgo y control 	<ul style="list-style-type: none"> • Es compartida por todos los participantes • El liderazgo es disperso • Control y riesgo compartidos
Recursos y recompensas	<ul style="list-style-type: none"> • Recursos separados para cubrir necesidades individuales 	<ul style="list-style-type: none"> • Se comparten recursos para proyectos específicos • Se aceptan premios de forma mutua 	<ul style="list-style-type: none"> • Los recursos pertenecen a un fondo común • Se comparten resultados

5.1.1. Colegios invisibles

En este contexto de colaboración es donde surge el concepto de *colegio invisible*, definidos por Spinak (1996) como un conjunto de profesionales que comparten intereses comunes y mantienen comunicación entre ellos pero que no pertenecen a la misma institución, de ahí el adjetivo de “invisible”.

Price (1963) empieza a usarlo en el sentido de un agrupamiento informal de científicos productivos en una línea de investigación determinada, ya que afirmaba que

algunos científicos, no todos, que trabajaban en una tema concreto mantenían un nivel alto de comunicación informal y esta comunicación hacía mucho más efectivas su investigaciones.

Diana Crane (1969, 1972) planteó una forma de demostrar la existencia de los colegios invisibles, algo que no se había hecho hasta entonces. En el trabajo de 1969 realizó un estudio sociológico a través de un cuestionario enviado a diferentes investigadores llegando a la conclusión de que existían vínculos con uno o más investigadores muy productivos que los conectaba con otros investigadores menos productivos, es lo que denominó colegios invisibles.

Los estudios sobre colegios invisibles ponen el énfasis en las estructuras establecidas, más que en los contenidos o en los procesos de comunicación, siendo esta última de carácter informal.

El estudio de los colegios invisibles se puede hacer tanto con un análisis sociológico, como a través un análisis de redes de colaboración que veremos en el apartado 5.4. En estas redes, los investigadores son los nodos y los arcos o aristas son las relaciones entre ellos a modo de publicaciones conjuntas, así se suele tomar como representante del colegio invisible al investigador más productivo de la red.

5.2. Tipos de colaboración científica

La colaboración científica se da no solo entre personas, sino también entre grupos de investigación, entre departamentos, entre instituciones y entre países. De hecho, las políticas de subvenciones a proyectos favorecen e incentivan la colaboración a estos niveles.

La percepción es que la colaboración parece más intensa cuando se realiza entre personas y más débil cuando se da entre instituciones, pero la realidad es que para llegar a una relación entre personas, en muchos casos, es necesario que exista esa colaboración entre las instituciones, aunque sea solo en un modo formal. Es el caso, por ejemplo, de los investigadores que hacen estancias académicas en otras instituciones. Para que puedan llevarse a cabo y reconocerse formalmente estas colaboraciones, las instituciones han debido firmar antes un convenio de colaboración, especialmente cuando éstas pertenezcan a diferentes países.

Katz y Martin (1997) hablan de relaciones *inter*(nacionales) cuando la colaboración se lleva a cabo entre diferentes países e *intra*(nacionales) cuando se llevan a cabo dentro de un mismo país, aunque en algunos casos una colaboración puede estar dentro de las dos categorías, como es el caso de proyectos que involucran a varias

instituciones de un país y otras de otro país. En la Tabla 5.2 se detallan algunas características de esta clasificación.

Tabla 5.2 Clasificación intra/inter en los diferentes niveles de colaboración. Adaptada de (Katz & Martin, 1997)

Nivel	Intra	Inter
Individual	No existe	Entre personas
Grupo	Entre personas del mismo grupo	Entre grupos
Departamento	Entre personas o grupos del mismo departamento	Entre departamentos
Institución	Entre personas 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 distintas regiones
País	Entre instituciones del mismo país	Entre instituciones de distintos países

Podemos establecer diferentes tipos de colaboración atendiendo a quiénes son los participantes, qué objetivos se proponen, la especialización o la organización de los grupos de investigación.

Desde el punto de vista de los participantes, Subramanyam (1983) establece los siguientes tipos:

- *Maestro-alumno*: Es muy frecuente en el mundo académico, el profesor o director obtiene reconocimiento a través de los trabajos que realizan los discentes.
- *Entre colegas*: Es muy habitual dentro de las instituciones.
- *Supervisor-asistente*: Es muy común en investigaciones en las que hay un uso intensivo de laboratorios y equipos técnicos muy específicos.
- *Investigador-consultor*: Entran en acción en proyectos grandes en los que se contrata a consultorías externas para realizar algunas actividades más mecánicas como el procesamiento de datos.
- *Organización-organización*: Investigadores de diferentes instituciones colaboran en un proyecto.

Otra modalidad de colaboración científica son los denominados colaboratorios (colaboración y laboratorio), término usado por primera vez en el manual de la UNESCO "*Hacia las sociedades del conocimiento*" (UNESCO, 2005) "este vocablo designa el conjunto de técnicas, instrumentos y equipamientos que permiten a científicos e

ingenieros trabajar con centros y colegas situados a distancias que anteriormente dificultaban las actividades conjuntas" (p. 120). Los colaboratorios van un paso más allá al poner las nuevas tecnologías al servicio de los investigadores mediante el acceso a datos, a instrumentos y a herramientas para conseguir esos objetivos comunes, aunque están mucho más ligados a la investigación en el campo de las ciencias y la tecnología, se cree que la proliferación de esta forma de trabajo provocará una reorganización de las disciplinas científicas, ya que están muy ligados a la interdisciplinariedad.

Bos et al. (2007) realizan una taxonomía de los tipos de colaboratorios atendiendo a los objetivos que pretenden, para ello utilizan la base de datos de un proyecto denominado "The Science of Collaboratoires", en el que se hizo una búsqueda, a lo largo de cinco años, de proyectos que encajaran con la definición de colaboratorio, así distinguen entre siete tipos:

- *Instrumentos compartidos*: su principal finalidad es compartir instrumentos.
- *Sistemas de datos comunitarios*: son una fuente de información creada, mantenida y mejorada por una comunidad que está dispersa geográficamente.
- *Sistema de comunicación abierto a la comunidad*: son proyectos abiertos que suman esfuerzos de muchos individuos separados geográficamente, para la obtención de un fin común.
- *Comunidad de práctica virtual*: es una red de trabajos de personas que comparten un campo de investigación y mantienen comunicación virtual.
- *Comunidad de aprendizaje virtual*: se caracterizan por incrementar el conocimiento de los participantes pero no necesariamente con la finalidad de llevar a cabo una investigación.
- *Centros de investigación distribuida*: tienen mucha similitud con un centro de investigación tradicional con la salvedad de que los integrantes están dispersos geográficamente.
- *Proyecto de infraestructura comunitaria*: su principal objetivo es buscar recursos para facilitar el trabajo en un determinado campo. Se caracterizan por ser interdisciplinares.

Atendiendo a la especificidad de la función que se realice, hay discrepancia en la literatura consultada pero, en general, en los estudios bibliométricos el análisis de la colaboración se reduce a la medida de la coautoría. A este respecto, Melin y Persson (1996) realizaron un estudio en el que analizaban la relación entre la colaboración y la coautoría. De ese estudio concluyeron que solo el 5% de los autores consultados habían

colaborado en la realización de trabajos y no aparecían como coautores de los mismos. En cambio, Laudel (2002) analizó, de forma cuantitativa y cualitativa, la colaboración en una institución específica de Alemania, los “Collaborative Research Centre” y concluyó que hay muchas variantes de colaboración científica que no se recoge en la coautoría, así establece la siguiente clasificación:

- *Colaboración relacionada con la división de tareas*: Este tipo de colaboración tiene lugar si, tanto en el plano teórico-conceptual como en el experimental, es necesaria la contribución de más de un investigador.
- *Colaboración de servicio*: Esta colaboración tiene lugar cuando el objetivo de investigación es establecido por un solo investigador y los demás aportan un trabajo más rutinario como puede ser la preparación de instrumentos o la toma de medidas, pero que necesita de experiencia para llevarse a cabo.
- *Provisión de acceso a los equipos de investigación*: Es un tipo de colaboración más débil, el papel del colaborador es dar acceso al investigador al equipamiento y asesorarlo en su uso para que el trabajo pueda llevarse a cabo con éxito.
- *Transmisión de conocimiento “Know-how”*: Este tipo de colaboración se da cuando hay una transmisión de conocimiento procedimental necesario para llevar a cabo con éxito el proceso de investigación.

Por último, podemos establecer una clasificación de la colaboración en función de la organización interna de los grupos de investigación, así encontramos cuatro tipos de organización:

- *Colaboración burocrática*: Está caracterizada por una autoridad jerárquica muy bien definida, reglas escritas, responsabilidades formalizadas y una división de tareas en función de la especialización. En este tipo de organización es usual tener una intensa evaluación externa, comités con diferentes funciones, líneas claras de autoridad y gestores nombrados oficialmente.
- *Colaboración sin líder*: Es parecida a la anterior en la estructura formal bien diferenciada, pero no tienen designado un líder que represente los intereses comunes o decida las líneas de investigación. El cuerpo administrativo se encarga de conseguir los recursos y los científicos se encargan de desarrollar los proyectos.
- *Colaboración no especializada*: Es una colaboración complementaria a la anterior y similar a la colaboración burocrática en la gestión jerárquica pero con menos formalización y diferenciación.

- *Colaboración participatoria*: Se caracteriza por la ausencia de las características asociadas a la jerarquía. No hay un líder específico ni tienen sus normas por escrito.

Chompalov, Genuth y Shrum (2002) afirman que la estructura de liderazgo se relaciona con el carácter de la interdependencia en la adquisición de datos, análisis y comunicación de resultados: una mayor interdependencia conduce a la descentralización de la dirección y a una menor formalización.

Podemos decir que todos estos tipos de colaboración tienen en común que existe una distancia física entre los integrantes de las mismas. Ese trabajar a distancia crea ciertas dificultades o barreras (Bos et al., 2007); la primera de ellas es que el conocimiento es difícil de transferir, en el sentido de que los científicos, en general, trabajan con ideas que están al límite de lo incomprensible, por lo novedosas de las mismas o por el grado de sofisticación, por tanto, puede ser complicado transmitir esas ideas entre un grupo de colaboración grande. La segunda barrera es que los científicos están acostumbrados a tener mucha independencia en su trabajo, tienen bastante libertad a la hora de elegir sus temas de investigación, metodologías, etc., lo que hace que se necesite un esfuerzo extra por mantener la colaboración en el tiempo. Y la última barrera es la dificultad de las relaciones *inter-instituciones*, ya que en muchos casos la colaboración se pierde por problemas burocráticos entre las instituciones de origen de los científicos.

5.3. Medida de la colaboración científica

En los estudios bibliométricos, la colaboración científica se mide normalmente por el índice de coautoría. Los primeros trabajos que se encuentra a este respecto fueron los de Frame y Carpenter (1979). En este tipo de estudios se tienen en cuenta una serie de premisas (Laudel, 2002); la primera es que se acepta que todos los autores que firman el trabajo han participado en la realización del mismo. La segunda es que se asume que todos los investigadores que colaboran llegan a ser coautores del trabajo. De hecho, hay muy pocos trabajos que analicen cómo está relacionada la colaboración con la coautoría (Laudel, 2002; Melin & Persson, 1996) y, como hemos visto en el apartado anterior, con disparidad de resultados en ambas.

Para la medida de la colaboración científica se hace una asignación de documentos a los distintos autores firmantes y a las instituciones. Este recuento se puede hacer de distintas formas (Pravdic y Oluic-Vucovic, 1991):

- *Cuenta de autores completa*: A todos los autores de una publicación se les asigna un crédito por la publicación, de modo que producirá un efecto

multiplicador en el número total de publicaciones. Este proceso nos lleva a obtener el índice de productividad personal que vimos en el apartado 3.7.1.

- *Autoría fraccionada*: Cada publicación firmada por varios autores se divide por el número de autores.
- *Recuento directo*: La publicación se le cuenta solo al primer autor que aparezca.
- *Recuento directo modificado*: La publicación se le cuenta solo al autor más productivo. Este tipo de recuento se suele usar como un recuento complementario al de cuenta de autores completa.

Los tres últimos recuentos tienen en común que el número de publicaciones se mantiene y dan una cierta reducción en la contribución de los autores.

En este trabajo hemos optado por la cuenta de autores completa para obtener la producción individual e institucional de una forma más clara.

La medida de la colaboración científica genera unos resultados de gran valor tanto para las instituciones como para los investigadores, y por supuesto para la toma de decisiones en políticas de investigación. El resultado es un gran número de colaboradores conectados entre sí y cada uno de ellos puede desempeñar diferentes roles dentro de esa red. Según Newman (2004) estas redes de colaboración describen la sociedad académica y muestran la estructura del conocimiento científico.

Una consecuencia directa de la medida de la colaboración científica son la productividad y visibilidad de los autores.

Está claro que la colaboración aumenta la productividad de los autores, pero no siempre es un aumento lineal. Si analizamos los trabajos que estudian la relación entre productividad y número de componentes en los grupos de investigación se observa que la productividad es mayor en los grupos pequeños que en los grandes (Hicks & Skea, 1989).

En relación a la productividad, los autores más productivos suelen colaborar con mayor frecuencia y los autores menos productivos tienden a colaborar más con los más productivos que con los que tienen productividades medias (Persson et al., 2004). Es el denominado “efecto Mateo” que citado por primera vez en este contexto por Merton (1968), el autor afirmaba que eminentes científicos conseguían un reconocimiento desproporcionado por sus contribuciones mientras que los científicos menos reconocidos conseguían mucho menos reconocimiento.

Parece, entonces, que firmar con científicos más productivos aumenta la visibilidad y la posibilidad de establecer contactos con otros investigadores. En ese

sentido, también hay autores que afirman que la visibilidad de los autores es mayor cuando hay colaboración que cuando un trabajo se firma en solitario (de Moya-Anegón, Chinchilla-Rodríguez, et al., 2006; de Moya-Anegón, Vargas-Quesada, et al., 2006).

5.3.1. Indicadores de colaboración

Podemos distinguir tres tipos de indicadores:

Índice de colaboración (IC)

Este término fue acuñado por Lawani (1986). Nos da el número medio de autores por documento en una muestra dada. Podemos expresarlo de la siguiente forma:

$$IC = \sum_{i=1}^N \frac{j_i \cdot n_j}{N}$$

Donde N es el total de documentos, j_i es la frecuencia de i coautores en colaboración y n_j es el número de documentos con j publicados en colaboración con i coautores.

Grado de colaboración (GC)

El grado de colaboración nos da la proporción de documentos de autoría múltiple en una muestra dada (Subramanyam, 1983). Su resultado es un valor entre 0 y 1. Viene dado por la expresión:

$$GC = \frac{N_m}{N_m + N_s}$$

Donde N_m es el número de documentos firmados por más de un autor y N_s es el número de documentos firmados por un solo autor.

Coficiente de colaboración (CC)

Según Subramanyam con el Índice de colaboración y el Grado de colaboración podemos tener una idea bastante clara de la colaboración en una disciplina, en cambio Ajiferuke, Burrell y Tague (1988) no están de acuerdo con esa afirmación porque se pueden plantear situaciones en la que estas dos medidas entren en contradicción, así plantean solventar este problema presentado el coeficiente de colaboración. Su valor oscila entre 0 y 1. Matemáticamente se expresa por:

$$CC = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{1}{j_i}\right) \cdot n_{ji}}{N}$$

Donde, j_i es la frecuencia de i coautores en colaboración, n_{ji} es el número de documentos j publicados en colaboración por i coautores y N es el número total de documentos.

5.4. Redes de colaboración científica

La teoría de redes tiene sus inicios en el siglo XVIII, con el famoso problema de los siete puentes de la ciudad de Königsberg, en Prusia. Desde entonces hasta ahora, se ha convertido en una herramienta matemática indispensable en campos tan diversos como la investigación operativa, la Lingüística, la Química, la Física, la Genética, la Teoría de Redes o la Teoría de la Decisión.

Será necesario establecer algunas definiciones básicas para la comprensión de nuestro estudio:

- **Red o Grafo:** La definición matemática de grafo es un par (V, E) en el que V es un conjunto no vacío de elementos denominados nodos o vértices y E es un conjunto finito de pares no ordenados de elementos de V que se denominan aristas. En el sentido en que usaremos las redes en este estudio podemos decir que los nodos serán los actores (investigadores, instituciones, descriptores, etc.) y las aristas serán las relaciones entre ellos.
- **Tamaño de la red:** Es la suma de todos los vértices o nodos que componen la red.
- **Componentes:** Son subredes o subgrafos que forman un grafo no desconectado

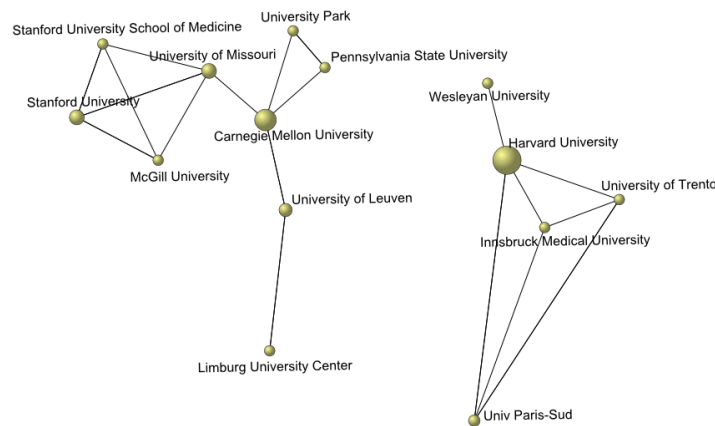


Figura 5.1 Grafo con dos componentes

- **Puntos de corte:** Es todo vértice o nodo cuya eliminación de la red implique crear una nueva componente. En la Figura 5.1, sería por ejemplo la *Carnegie Mellon University*.
- **Densidad de la red (D_r):** Nos indica el grado de conectividad de la red. Viene dada por el cociente entre el número de relaciones efectivas (R) y el número de relaciones posibles (R_p):

$$D_r = \frac{R}{R_p}$$

- **Grado de centralidad:** Es el número de nodos a los cuales un nodo está directamente conectado.
- **Intermediación:** Posibilidad que tiene un nodo para conectar otros nodos entre sí por medio de él.

5.4.1. Tipos de redes

Atendiendo al tamaño de las redes, éstas pueden clasificarse en (Carro, 2002; Perianes-Rodríguez et al., 2008):

- **Redes pequeñas:** Aquellas que contienen un máximo de 100 nodos, lo que implica que se puedan mostrar completas (nodos, atributos y etiquetas). El tamaño de los nodos representa alguna característica en función de los actores que se representen, por ejemplo, si estamos representado una red de descriptores el tamaño del nodo representará el número de veces que se repite ese descriptor en la muestra de análisis.
- **Redes de tamaño medio:** Aquellas que tienen entre 100 y 1000 nodos. Se pueden representar todos sus nodos, pero no los atributos ni etiquetas. En ocasiones, para favorecer el análisis de la misma se procede a una poda, esto es: eliminar nodos con pocos enlaces.

- **Grandes redes:** Aquellas que tienen más de 1000 nodos, un ejemplo puede ser internet o las redes telefónicas. Son difíciles de manejar.

Por otro lado, Newman (2003) establece una categorización de redes en función del tipo de datos empleados para su elaboración, así distingue cuatro categorías:

- **Redes sociales:** Son un conjunto de personas o grupos de personas con algún contacto o interacciones entre ellas. Son muy comunes en el campo de las Ciencias Sociales. En un principio los datos se tomaban a través de encuestas, cuestionarios o entrevistas, lo que hacía muy laborioso todo el proceso. Actualmente, los investigadores han buscado métodos más fiables y menos laboriosos para su obtención, como por ejemplo, el basado en el índice de colaboración.
- **Redes de información:** También se conocen como redes de conocimiento. Un ejemplo de este tipo de red son las redes de citación. Se caracterizan por la precisión de los datos disponibles.
- **Redes tecnológicas:** Son redes diseñadas por el hombre para la distribución de algún recurso, como por ejemplo, la electricidad.
- **Redes biológicas:** Son las redes usadas para representar sistemas biológicos, como pueden ser las redes genéticas o los ecosistemas.

5.4.2. Características de las redes de colaboración científica

En este estudio analizaremos las redes de colaboración científica a partir de la coautoría. Estas serán muy útiles para detectar los colegios invisibles, para analizar la colaboración institucional así como para representar las agendas de investigación en el área a través de redes de descriptores. Su aplicación implica un gran avance en la representación y análisis de la estructura de las áreas de conocimiento en diferentes niveles; esto es, a nivel geográfico, temática, por instituciones o a nivel individual (Perianes-Rodríguez et al., 2008).

Podemos destacar algunas cualidades de las redes de colaboración (Carro, 2002):

- Describen los rasgos de la sociedad académica
- Muestran la estructura del conocimiento científico
- Se encuentran en constante expansión, lo que garantiza nuevos nodos que nos describen su evolución dinámica

CAPÍTULO 6. METODOLOGÍA

- 6.1. Objetivos
- 6.2. Hipótesis de trabajo
- 6.3. Diseño de la investigación
- 6.4. Población y Muestra
- 6.5. Variables del estudio
- 6.6. Instrumentos de recogida de datos
- 6.7. Tratamiento de los datos

Como mencionamos en la introducción, la pregunta de investigación que motiva este trabajo es identificar las agendas de investigación en el área de Educación Matemática a partir de los libros publicados, para ello nos hemos planteado unos objetivos y unas hipótesis de trabajo que iremos desgranando en los siguientes apartados.

6.1. Objetivos

El objetivo general de esta investigación es analizar la producción en Educación Matemática a través de un estudio cuantitativo y conceptual de las publicaciones fuera de los principales canales de difusión científica, como son los artículos y los congresos, por ello el estudio se ha centrado en los libros publicados en el área en un periodo comprendido entre 1990 y 2012.

De forma paralela, se estudiará una muestra de libros publicados en las editoriales españolas de mayor alcance en el campo de la educación y más concretamente en el de la Educación Matemática para obtener una visión del panorama nacional y así complementar trabajos previos sobre Educación Matemática en España en artículos (Bracho-López et al., 2012), congresos (Maz-Machado, Bracho-López, et al., 2011) y tesis doctorales (Vallejo-Ruíz et al., 2007).

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

- OE 1. Detectar tendencias y patrones en los temas de trabajo en el área de Educación Matemática.
- OE 2. Identificar y describir las redes de colaboración a nivel institucional, geográfico y personal.
- OE 3. Identificar los autores más productivos del campo disciplinar.
- OE 4. Identificar las instituciones más productivas del campo disciplinar.

- OE 5. Comprobar si la producción en Educación Matemática difundida a través de libros verifica las principales leyes bibliométricas.
- OE 6. Cuantificar la tasa de variación interanual en la producción de libros de Educación Matemática
- OE 7. Analizar desde la perspectiva de género la producción en Educación Matemática difundida a través de libros.
- OE 8. Identificar y cuantificar la producción científica en Educación Matemática en España difundida a través de libros.
- OE 9. Elaborar una base de datos que sirva de instrumento de trabajo para diferentes agentes implicados en área de la Educación Matemática.

6.2. Hipótesis de trabajo

Plantaremos las siguientes hipótesis de trabajo:

- H1. La producción en Educación Matemática difundida a través de libros en el periodo comprendido entre 1990 y 2012 abarca un amplio rango de ejes temáticos, pero la mayoría de ellos están relacionados con la educación formal.
- H2. De forma general, la producción en Educación Matemática difundida a través de libros verifica alguna de las leyes ciencométricas.
- H3. La mujer desempeña un papel relevante en la investigación en Educación Matemática en la producción del área difundida a través de libros.
- H4. Los libros publicados en el área de Educación Matemática se firman, mayoritariamente, por un solo autor.

6.3. Diseño de la investigación

Esta investigación supone un estudio descriptivo-retrospectivo, desde un punto de vista ciencométrico y conceptual, de la producción científica internacional en Educación Matemática a través de los libros publicados en una muestra integrada por una selección representativa de las editoriales más destacadas en esta área de investigación.

Nuestro estudio utilizará la metodología científica propia de los estudios ciencométricos, metodología cuantitativa, orientada a obtener información general a partir del análisis de casos individuales. Para ello se emplearán técnicas bibliométricas y análisis de redes sociales. Podemos entender esta investigación como de tipo inductivo (Bizquerra, 1989).

Atendiendo a la naturaleza de los datos y su tratamiento estadístico, el estudio puede considerarse un estudio muestral basado en metodología cuantitativa propia de las ciencias físico-naturales.

El presente estudio puede entenderse como *ex post facto* (León & Montero, 1997), ya que por un lado, no permite el contraste de relaciones causales de manera determinista por no poder manipular la variable independiente, y por el otro, pone a prueba relaciones entre variables en una situación ya pasada.

Según la temporalidad, podemos decir que es un estudio longitudinal (Cohen et al., 2007), ya que se analiza la producción científica internacional en Educación Matemática y su evolución en un periodo de 23 años, comprendidos entre 1990 y 2012.

6.3.1. Validez del diseño y mecanismos de control

En toda investigación se deben tener en cuenta las posibles amenazas que puedan afectar al diseño de la investigación y se deben habilitar unos mecanismos de control que velen por el buen desarrollo de la misma.

En los estudios descriptivos-explicativos, como es nuestro caso, se pueden encontrar las siguientes posibles amenazas (Fraenkel & Wallen, (1989), citado por Bracho (2010):

- Validez externa: Viene determinada por la autenticidad y pertinencia de los documentos que se analizan. En ese sentido cabe pensar que en el proceso de selección de la muestra dentro de cada editorial se haya podido quedar algún libro de Educación Matemática sin que haya formado parte de la muestra. Somos conscientes de esta amenaza pero consideramos que no pone en peligro el diseño de la investigación.
- Validez interna: Grado de precisión y aceptación de los datos contenidos en los libros consultados. Consideramos que no hay ninguna amenaza a este respecto puesto que son libros publicados con la revisión de las editoriales.
- Características individuales del recolector de datos: Un recolector de datos con poca experiencia puede cometer errores difíciles de subsanar en una muestra tan amplia como la de este estudio. Creemos que no debe haber ninguna amenaza a este respecto puesto que la recogida de datos ha recaído totalmente sobre la investigadora principal, con la supervisión y asesoramiento del director. Teniendo siempre mucha precaución con la normalización de los datos.
- Mortalidad: Es la pérdida de información o inaccesibilidad a cierto número de documentos fuente. En este caso creemos que, a pesar de

haber libros que no se han podido localizar, el porcentaje de estos no alcanza el 1% de la muestra, por tanto, consideramos que no es una amenaza para el diseño de la investigación.

6.3.2. Fases de la investigación

Podemos resumir la metodología seguida en 5 fases de investigación: 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

Supuso la búsqueda de documentación bibliográfica de investigaciones de las tres áreas de trabajo implicadas en la investigación, esto es: Educación Matemática, Ciencometría y Redes de Colaboración.

2ª FASE: Obtención y organización de la información

Se seleccionaron las editoriales a consultar, y se buscaron los datos necesarios de cada libro. En muchos casos se ha podido acceder a los datos a través de la web, en los casos en los que no se tenía acceso virtual a los mismos, se localizaron los libros a través del sistema de préstamo bibliotecario de la Universidad de Córdoba y se realizaron diferentes visitas a la biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Educación, de la Universidad de Granada, para los ejemplares más antiguos a los que no se tenía acceso a través del servicio de préstamo entre bibliotecas universitarias andaluzas (CUBA).

Los datos objeto de análisis se registraron en una parrilla creada a tal efecto, creándose una base de datos *ad hoc* para su posterior análisis.

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, índice de colaboración, distribución de autores por áreas, productividad a nivel institucional, etc.

Se han tenido en cuenta las variables operacionales y el procedimiento de medición que se detallan en el apartado 6.5, así como los instrumentos de recogida de información del apartado 6.6.

4ª FASE: Actualización de la revisión bibliográfica

Antes de finalizar el trabajo se ha llevado a cabo una actualización del marco teórico de la tesis. Hemos considerado que era necesaria esta actualización debido al tiempo transcurrido desde que se desarrolló la fase de documentación.

5ª FASE: Elaboración y difusión del trabajo final.

Redacción final de la tesis enunciando los hallazgos obtenidos, las dificultades encontradas y las conclusiones generales del estudio.

6.4. Población y Muestra

La población de nuestro estudio está constituida por todos los libros sobre Educación Matemática publicados entre los años 1990 y 2012, tanto en editoriales internacionales como en editoriales nacionales.

La primera pregunta que surge al justificar nuestra población y muestra de estudio es ¿por qué libros? Para responderla partimos de la afirmación generalizada (Engels, Ossenblok, & Spruyt, 2012; Glänzel & Schoepflin, 1997; Hicks, 1999, 2004; Nederhof, 2006; Ossenblok & Engels, 2015; Torres-Salinas et al., 2012) de que los libros o monografías y los libros por capítulos son una de las principales vías de comunicación y difusión de trabajos en las áreas de Ciencias Sociales y Humanidades y, como hemos argumentado en el capítulo 2, la Educación Matemática se encuentra dentro del ámbito de las Ciencias Sociales. Por otro lado, estudios previos en el área (Adamuz-Povedano, 2011; Jiménez-Fanjul, 2011), muestran que los artículos sobre Educación Matemática publicados en revistas de alto factor de impacto, no son la forma de publicación más extendida en el área.

Es obvio que un estudio censal de esta población sería prácticamente inasumible por varias razones, principalmente porque la publicación de libros de un área temática concreta no se hace solo en editoriales especializadas en esa área, sino que puede ser en cualquier editorial en diferentes ámbitos, esto es: internacional, nacional o local. Por tanto, la búsqueda de esos libros tendría que empezar por identificar todas las editoriales existentes en los diferentes ámbitos que hemos mencionado.

Se podría haber pensado en tomar una base de datos específica del área, como puede ser MathEduc, y haber buscado todos los registros que fuesen libros o capítulos de libro, pero tampoco habríamos conseguido alcanzar toda la población puesto que esta base de datos tampoco incluye a todas las editoriales, y además, no incluye todos los volúmenes de una editorial. En nuestra muestra, había libros que estaban indexados en MathEduc y otros que no, siendo de la misma editorial.

En 2010 *Thomson* hizo pública una nueva base de datos dedicada a los libros y a los capítulos de libro, creando un nuevo índice de citas, el *Book Citation Index (BKCI)*, de esta forma ha abierto un gran abanico de posibilidades desde el punto de vista de la bibliometría para el análisis de nuestra área de conocimiento, pero debido a su juventud, todavía debemos ser cautelosos con respecto a su uso con esta finalidad. Se hizo una prueba piloto en la que descargamos todos los libros de educación matemática, usando para ello la metodología descrita por Adamuz-Povedano, Jiménez-Fanjul y Maz-Machado (2013), el resultado fue la obtención de una muestra con 496 registros, un número bastante inferior a la muestra que hemos obtenido con la consulta manual llevada a cabo en este trabajo.

Existen trabajos (Torres-Salinas & Delgado-López-Cózar, 2013; Torres-Salinas, Robinson-García, Cabeza-Clavijo, & Jiménez-Contreras, 2014; Torres-Salinas et al., 2012) que han analizado la base de datos BKCI en las áreas de Ciencias Sociales y Humanidades. En ellos concluyen que existen importantes sesgos geográficos, lingüísticos y de editoriales. Por este motivo pensamos que sería bueno contrastar el listado de editoriales más productivas extraído del BKCI (Anexo 1), en la categoría de educación, con la opinión de expertos del área, para ello se les envió el listado y les pedimos que nos indicaran las seis editoriales más importantes en el área de Educación Matemática, y, si lo consideraban oportuno, podían añadir otras, así obtuvimos el listado de editoriales de nuestra muestra (Tabla 6.1):

Tabla 6.1 Listado de editoriales internacionales

Editorial
ICMI Study books
Information Age Publishing-IAP
NCTM Yearbooks
Routledge
SensePUBLISHERS
Springer

De la consulta a expertos se concluyó que también sería interesante incluir en un estudio de este tipo los *ICMI Study books* y los *NCTM Yearbooks*, que no aparecían en el BKCI y así lo hicimos

En cuanto a las editoriales españolas, no podíamos seguir el mismo procedimiento ya que en el BKCI hay un gran sesgo lingüístico, ya que solo se indexan libros en inglés. Por ello, la selección de las editoriales se ha hecho a partir del ranking producido por el *Scholarly Publishers Indicators (SPI)*, que produce el Grupo de

Investigación de Evaluación de Publicaciones Científicas (EPUC) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), en España. El SPI es uno de los resultados del proyecto de investigación “*Categorización de publicaciones científicas en Ciencias Humanas y Sociales*” y, al mismo tiempo, el punto de partida para un proyecto del Plan Nacional del I+D+i “*Evaluación de editoriales científicas (españolas y extranjeras) de libros en Ciencias Humanas y Sociales a través de la opinión de expertos y del análisis de los procesos editoriales*”

A partir del listado generado en la categoría de Educación (ver Anexo 2) procedimos a la consulta a expertos y estos concluyeron que las editoriales más representativas a nivel nacional en el campo de la Educación Matemática son las siguientes:

Tabla 6.2 Listado de editoriales nacionales

Editorial
Alianza Editorial
Grao
La Muralla
MEC
Morata
Octaedro
Pirámide
Síntesis

Después de seleccionar las editoriales, se buscaron todos los libros publicados en ellas relacionados con la Educación Matemática. Este proceso se ha realizado de manera diferente dependiendo de las editoriales:

- *ICMI Study books*: En este caso no es necesario realizar ningún filtro puesto que todos los libros de esta serie son de Educación Matemática.
- *Information Age Publishing-IAP*: el listado de libros se ha obtenido llevando a cabo dos búsquedas, por un lado con el descriptor “Mathematics” y por otro lado seleccionamos la categoría de “Education” y luego “Methods and material on Mathematics”
- *NCTM Yearbooks*: En este caso tampoco es necesario hacer ningún filtro puesto que todos los libros de esta serie son de Educación Matemática.
- *Routledge*: Se han incluido todos los libros de la serie “Studies in Mathematical Thinking and Learning Series”.
- *SensePUBLISHERS*: En este caso hemos incluido todos los libros de la categoría “Mathematics Education”

- *Springer*: Se han incluido todos los libros de la serie *Mathematics Education Library*.

En el caso de las editoriales nacionales, el proceso ha sido el mismo, ya que nos hemos adaptado a las posibilidades que ofrecían las diferentes páginas webs:

- *Alianza Editorial*: Seleccionando la categoría “Matemáticas” hemos obtenido cinco libros.
- *Grao*: La categoría de búsqueda ha sido “Didáctica de la matemática” obteniendo un total de 18 libros.
- *La Muralla*: La categoría de búsqueda ha sido “Matemáticas” y se han obtenido cinco libros.
- *MEC*: Se ha realizado una búsqueda por materias, en este caso “Matemáticas”, en la primera búsqueda aparecieron 53 registros, algunos de ellos CD y otros libros de texto, ambos se han eliminado de la muestra, quedándose esta finalmente en 16 libros.
- *Morata*: Se han obtenido seis libros buscando por la categoría de “Matemáticas”
- *Octaedro*: Se han obtenido 31 libros buscando en la categoría de “Matemáticas”
- *Pirámide*: Solo se encuentra un libro
- *Síntesis*: La búsqueda se realiza desde diferentes categorías, en “Educación Matemática en Secundaria” se han obtenido 20 libros, de la serie “Matemáticas, cultura y aprendizaje” se obtienen 34 libros y un libro de la categoría de “didáctica de la matemática”

Una vez seleccionados los libros, pasamos al análisis manual de cada uno. En todo los casos que fue posible se hizo la consulta a través de la web y en los casos en los que no había acceso virtual a los mismos, se localizaron a través del sistema de préstamo bibliotecario de la Universidad de Córdoba, de la biblioteca de la Universidad de Granada y del servicio de préstamo entre bibliotecas universitarias andaluzas (CBUA).

Así se obtuvo la muestra definitiva de nuestro estudio, como puede verse en las tablas Tabla 6.3 y Tabla 6.4.

Tabla 6.3 Muestra definitiva de las editoriales internacionales

Editorial	Código	Volúmenes	Nº Registros
ICMI Study books	IC	17	373
Information Age Publishing-IAP	IAP	45	494
NCTM Yearbooks	Yb	23	568

Routledge	Ro	47	400
SensePUBLISHERS	SePu	69	651
Springer	Sp	53	431
Total		254	2917

Tabla 6.4 Muestra definitiva de las editoriales nacionales

Editorial	Código	Volúmenes	Nº Registros
Alianza Editorial	EspALI	5	5
Grao	EspGRA	14	69
La Muralla	EspLAM	3	3
MEC	EspMEC	13	72
Morata	EspMOR	6	29
Octaedro	EspOCT	11	11
Pirámide	EspPIR	1	17
Síntesis	EspSIN	35	64
Total		88	268

6.5. Variables del estudio

La determinación de variables e indicadores se basa en la técnica de análisis de contenido que tiene como objetivo cuantificar el material narrativo y cualitativo para lo que deben identificarse las unidades de análisis y luego desarrollar un método de clasificación de la información (Polit & Hungler, 1995). Las variables cuantitativas a registrar son las que siguen:

Tabla 6.5 Variables cuantitativas

Variable	Descripción	Carácter	Rango
Tipo de documento	Capítulo de libro (C) o libro completo o monografía (L)	Discreta	[C, L]
Año de publicación	Dato numérico de cuatro cifras	Discreta	[1990, 2012]
Número de autores	Número de autores en cifra	Discreta	[1, n]
Identidad de los autores	Nombre de cada autor	Nominal	[1, n]

Variable	Descripción	Carácter	Rango
Autores con más producción	Nombre de los autores con mayor número de libros o capítulos de libros firmados	Nominal	[1, n]
Género de los autores	Según los nombres propios de las referencias	Discreta	[M,F]
Número de países autores	Número total de nacionalidades de los autores que firman el libro o capítulo de libro. Si existen más de un autor de un mismo país, éste se contará una sola vez en cada registro	Discreta	[0, n]
Países autores	Nombre de los países de referencia de los autores que firman el libro o capítulo de libro. El nombre de cada país se registrará una sola vez en cada registro	Nominal	[1, n]
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 libros o capítulos de libros escritos por autores de dicha nacionalidad. Estas subvariables, en su conjunto, serán indicativas de las nacionalidades de los autores	Discreta	[1, n]
Instituciones Universitarias	Nombre de las instituciones universitarias de referencia de los autores que firman el artículo	Nominal	[1, n]
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 en cada registro	Discreta	[1, n]
Instituciones con más presencia	Nombre de las instituciones de referencia de autores que aparecen con más frecuencia. Se incluirán los nombres de las instituciones más destacadas, y se hará referencia al número de veces que aparece cada una de ellas	Nominal	[1, n]
Título libro	Título del libro, en los libros por capítulo también se incluye esta variable	Nominal	[1, n]
Título capítulo	Título del capítulo, en el caso de libros completos de un solo autor, este campo esta variable no se tiene en cuenta	Nominal	[0, n]

Las variables de contenido son las definidas por la base de datos MathEduc, que introducimos en el apartado de 3.7.3 y que presentamos en el Anexo 3.

6.6. Instrumentos de recogida de datos

El instrumento de recogida de datos se compone de fichas técnicas (Tabla 6.6) para asignación de valores a las variables cuantitativas y conceptuales. Podemos considerar que es un instrumento validado puesto que consta de los mismos campos que genera la descarga completa de registros de bases de datos como Web of Science o SCOPUS.

Tabla 6.6 Hoja de recogida de datos

Hoja de recogida de datos	
Título Libro	
Título Capítulo	
Tipo Documento	
Código	
Nº identificación de MathEduc	
Editor	
Editor completo	
Sexo Editor	
Filiación Editor	
País Editor	
Autor	
Autor completo	
Sexo Autor	
Filiación Autor	
País Autor	
Editorial	
Ciudad Edit.	
Páginas libro	
Título Serie	
Año	
Idioma	
Categorías libro	
Palabras clave Libro	
Palabras clave capítulo	

Resumen del libro	
Resumen del capítulo	

6.7. Tratamiento de los datos

Para el análisis de contenido utilizaremos la técnica de *co-word* propuesta por Callon, Courtial y Laville (1991), para describir la evolución y estado actual de la literatura en Educación Matemática. Esta técnica nos ayudará a visualizar las diferentes temáticas y la relación entre estas temáticas pudiendo detectar las tendencias de las mismas a lo largo del intervalo temporal del estudio.

6.7.1. Consideraciones iniciales y normalización

La recogida de datos se ha realizado de forma manual, por tanto, antes de empezar se establecieron unos criterios para la normalización que se han mantenido durante todo el proceso. Como hemos comentado anteriormente, la investigadora principal ha sido la encargada de recoger todos los datos, por tanto, podemos afirmar que el proceso ha sido concienzudo con la finalidad de evitar errores, en la medida de lo posible.

En cuanto al análisis conceptual, los libros que no estaban indexados en MathEduc se categorizaron a través de una triangulación de expertos.

Una vez que se han recogido los datos, esto son tratados con la hoja de cálculo de Microsoft Office, Excel y con Access. Además se emplearon el programa SPSS para el tratamiento estadístico de los datos y los programas Pajek (Batagelj & Mrvar, 2007), VOSviewer y Ucinet 6 para el estudio y representación de las redes de colaboración.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS EDITORIALES INTERNACIONALES

- 7.1. Indicadores personales
- 7.2. Indicadores de productividad
- 7.3. Indicadores de contenido
- 7.4. Análisis de colaboración

En los tres capítulos siguientes acometemos el análisis de los datos obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos de recogida y tratamiento de datos descritos en el capítulo anterior. En este capítulo, concretamente, analizaremos los datos de las seis editoriales extranjeras que forman parte de nuestra muestra, esto es: ICMI Study books, Information Age Publishing-IAP, NCTM Yearbooks, Routledge, SensePUBLISHERS y Springer.

La presentación de los resultados se hará entorno a los tres indicadores que vimos en el marco teórico: indicadores personales, indicadores de productividad e indicadores de contenido. Terminaremos el capítulo con el análisis de la colaboración a distintos niveles.

7.1. Indicadores personales

Dentro de los indicadores personales analizaremos el género de los autores de la muestra. Para ello usamos la variable Género de los autores. Hemos clasificado a los autores según su nombre propio. Como mencionábamos en el capítulo 4, la tendencia habitual es firmar con el apellido y la inicial del nombre propio, esto ha hecho que en muchos casos encontrar el nombre del autor haya sido una labor ardua.

Hay 28 autores sin clasificar por la imposibilidad de encontrar su nombre de pila, lo que representa el 0,95% de los autores que participan en el estudio. Por lo que consideramos que no es significativo para las conclusiones que podamos extraer del análisis de género en los libros publicados en Educación Matemática en los años del estudio.

Presentamos la clasificación de los autores según su género, tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7.1 Clasificación de los autores atendiendo al género

	Número de autores	% autores
Femenino	1509	51,20%
Masculino	1410	47,85%
Sin Determinar	28	0,95%
Total	2947	100,00%

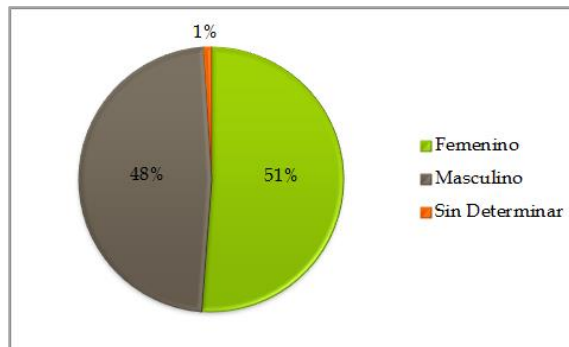


Figura 7.1 Distribución de autores según su género

Vemos que el número de autoras es levemente superior al número de autores, pero en ambos casos están rondando el 50%. Más adelante se profundiza en el análisis de la producción en cada grupo así como en la evolución a lo largo del periodo de tiempo estudiado.

7.2. Indicadores de productividad

7.2.1. Tipo de documentos

En este apartado analizamos la variable *tipo de documento*, dado que en nuestra muestra tenemos libros de un solo autor y libros por capítulo, creemos que es conveniente cuantificar ambas producciones para detectar tendencias en el área a este respecto.

La muestra total desglosada por tipo de documento la mostramos en la tabla siguiente:

Tabla 7.2 Producción diferenciada por libros y capítulos de libros de las editoriales internacionales

Editorial	Libros de un solo autor	Libros por capítulos	Documentos	% Libros de un solo autor	% Libros por capítulos
ICMI Study books	0	17	17	0,00%	9,50%
Information Age Publishing-IAP	8	37	45	10,67%	20,67%
NCTM Yearbooks	0	23	23	0,00%	12,85%
Routledge	21	26	47	28,00%	14,53%
SensePUBLISHERS	23	46	69	30,67%	25,70%
Springer	23	30	53	30,67%	16,76%
Total	75	179	254	29,53%	70,47%

En la Tabla 7.2 tenemos la columna de % Libros que está referido al total de libros de un solo autor y la de % Libros por capítulos que está referido al total de libros por capítulos de la muestra. Podemos ver que hay dos editoriales que no han publicado libros de un solo autor: ICMI Study books y NCTM Yearbooks, algo que era de esperar por el carácter de estas colecciones, dado que en ambos casos son libros recopilatorios de los trabajos más destacados en relación a una temática, por tanto, no tienen cabida las monografías. En el resto de editoriales, sí que hay libros de una sola autoría, pero en todos los casos predominan los libros por capítulos, siendo el 70,47% del total de la muestra.

En el diagrama de sectores de la Figura 7.2 se observa que las editoriales que más libros aportan a la muestra son Sense Publishers y Springer con un 27,17% y 20,87% de la muestra, respectivamente.

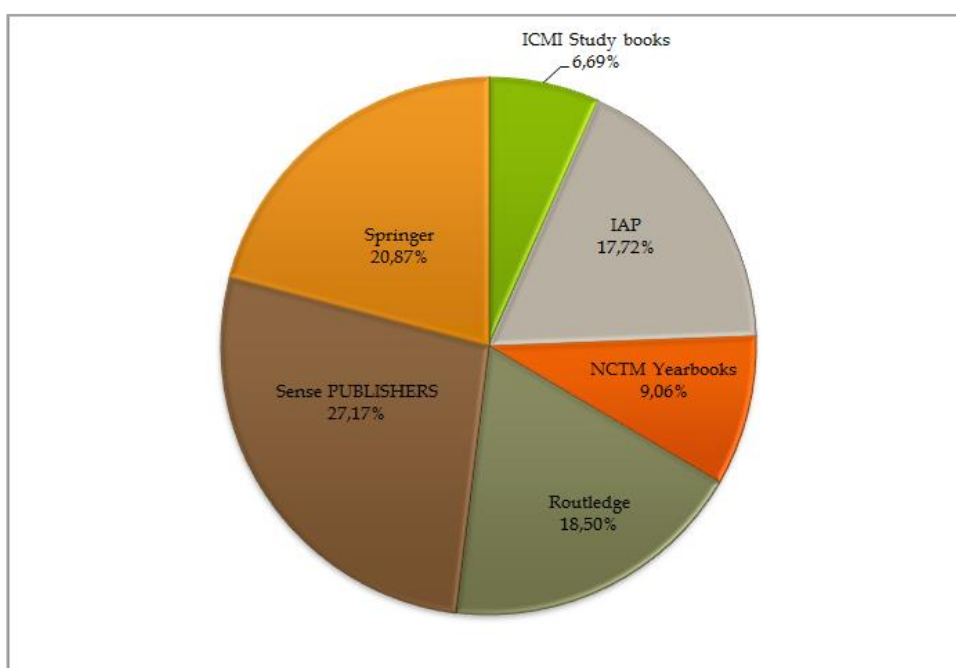


Figura 7.2. Porcentaje de libros por editoriales internacionales

Si representamos la producción por libros y capítulos de libros, obtenemos el diagrama de barras de la Figura 7.3, en el que se observa que las tres editoriales con más documentos tienen prácticamente el mismo número de libros de un solo autor, de manera que la diferencia entre ellas está en los libros por capítulos, donde destaca la editorial SensePublishers.

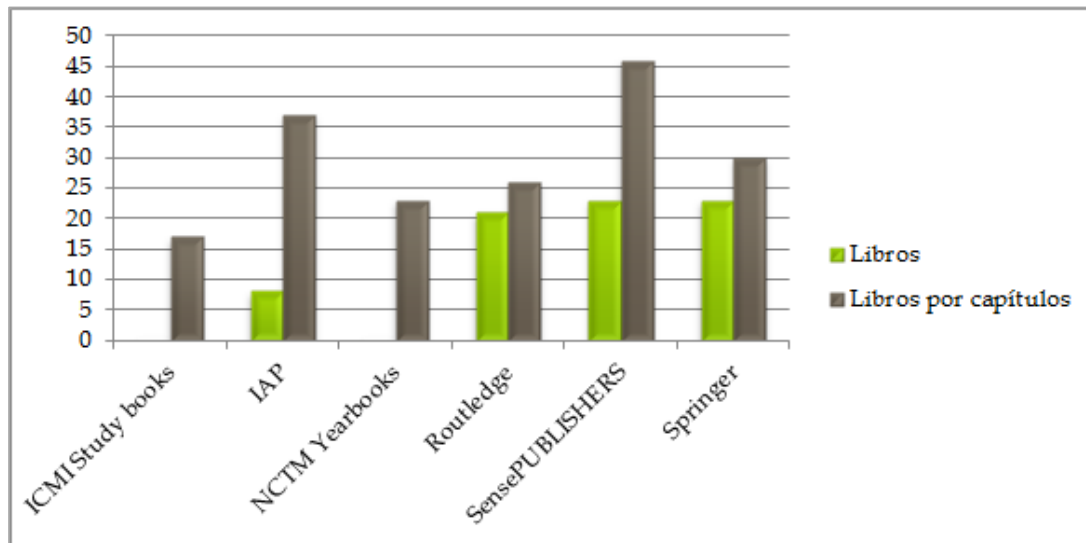


Figura 7.3 Producción por editoriales internacionales

7.2.2. Producción por autores

Para analizar la producción de los autores usaremos la información de las variables *número de autores*, *identidad de los autores* y *autores con más producción*.

A continuación presentamos los datos de número de firmas en cada editorial, así como el número de documentos y el de autores.

Tabla 7.3 Datos sobre número de firmas y autores por editorial

Editorial	Nº de firmas	Nº de doc	Nº de autores
IAP	828	494	622
ICMI study books	914	373	621
NCTM Yearbooks	1089	568	836
Routledge	792	400	558
SensePublisher	1187	651	820
Springer	688	431	416
Total	5498	2917	3873

A partir del número de publicaciones por autor, los indicadores de producción nos permiten clasificar a los autores como (Bradford, 1948):

- Pequeños productores: Cuando tienen solo un documento publicado en el periodo estudiado.
- Medianos productores: Cuando tienen publicados entre dos y nueve documentos.

- Grandes productores: Cuando han publicado más de diez documentos.

Veamos la producción de los autores clasificada por el número de documentos publicados:

Tabla 7.4 Frecuencias de contribuciones por autor

Nº de contribuciones por autor	Nº de autores	Total de documentos	% de autores
1	2030	2030	68,88%
2	416	832	14,12%
3	199	597	6,75%
4	92	368	3,12%
5	61	305	2,07%
6	33	198	1,12%
7	32	224	1,09%
8	21	168	0,71%
9	14	126	0,48%
10	13	130	0,44%
11	6	66	0,20%
12	10	120	0,34%
13	6	78	0,20%
14	1	14	0,03%
15	4	60	0,14%
16	3	48	0,10%
17	1	17	0,03%
18	2	36	0,07%
23	1	23	0,03%
27	1	27	0,03%
31	1	31	0,03%
Total	2947	5498	68,88%

En la Tabla 7.4 se observa que el 1,66% de los autores son grandes productores, el 29,45% son medianos productores y el 68,88% son pequeños productores.

Pasamos a presentar los autores más productivos de la muestra, para ello hemos realizado el conteo de firmas con la cuenta de autores completa, que describimos en el tema cinco.

Tabla 7.5 Autores con más documentos publicados

Autor	Nº doc	Autor	Nº doc
Bharath Sriraman	31	Jeremy Kilpatrick	11
Paul Cobb	27	Roza Leikin	11
Ole Skovsmose	23	Terry Wood	11

Autor	N° doc	Autor	N° doc
David J. Clarke	18	Thomas P. Carpenter	11
Koeno Gravemeijer	18	Lieven Verschaffel	12
Douglas H. Clements	17	M. Kathleen Heid	12
Celia Hoyles	16	Olive Chapman	12
Paola Valero	16	Paolo Boero	12
Thomas A. Romberg	16	Alan Bishop	11
James J. Kaput	15	Denisse R. Thompson	11
Lyn D. English	15	Helen J. Forgasz	11
Stephen Lerman	15	Barbara Jaworski	10
Yeping Li	15	Barbro Grevholm	10
Gilah C. Leder	14	Colette Laborde	10
Brian Greer	13	Edward A. Silver	10
Carolyn Kieran	13	Jinfa Cai	10
John Mason	13	Luis Radford	10
Maria G. Bartolini Bussi	13	Marja Van Den Heuvel-Panhuizen	10
Norma C. Presmeg	13	Marta Civil	10
Richard Lehrer	13	Michele Artigue	10
Alan H. Schoenfeld	12	Paul Ernest	10
Carolyn A. Maher	12	Rongjin Huang	10
Dina Tirosh	12	Sharon L. Senk	10
Eva Jablonka	12	Viktor Freiman	10
Julie Sarama	12		

7.2.3. Producción diacrónica

La variable *Año de publicación* nos da información sobre el año de publicación de cada libro, así podemos obtener la producción diacrónica del número total de libros publicados en las seis editoriales, en el periodo de análisis de este trabajo, como podemos ver en la Figura 7.4.

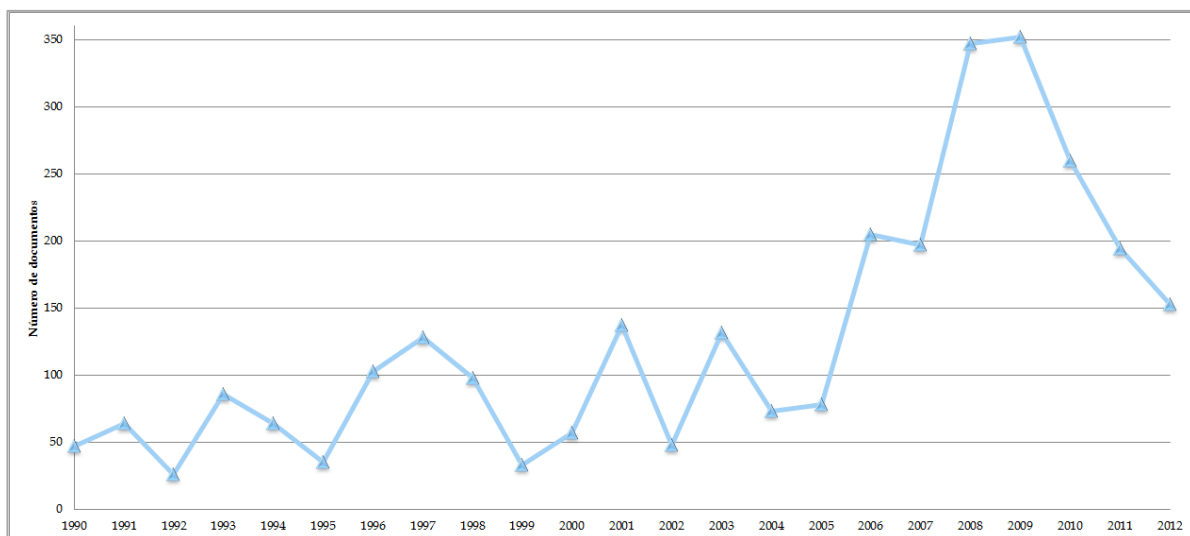


Figura 7.4 Producción diacrónica de los documentos publicados en las editoriales internacionales

Se observa un gran aumento de la producción en los años 2008 y 2009, iniciándose posteriormente un descenso volviendo en al año 2012 a valores de publicación de finales de los años noventa y principios de los años dos mil.

Producción diacrónica por tipo de documentos

Vamos a desglosar este análisis para ver por separado los libros completos de un solo autor y los libros por capítulos.

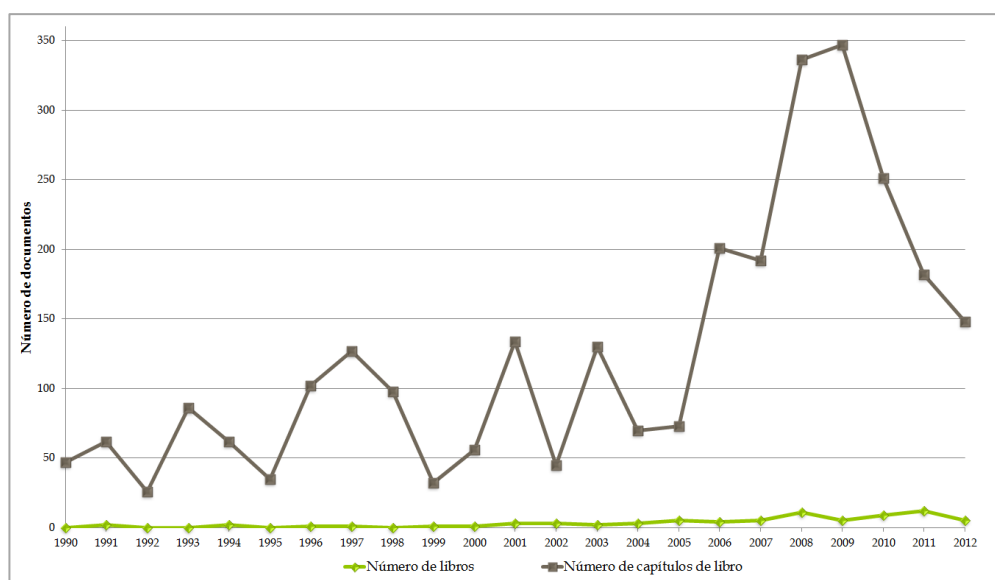


Figura 7.5 Producción diacrónica diferenciando capítulos de libro de libros completos de un solo autor

Como se puede observar en la gráfica de la Figura 7.5 la separación de la producción por libros de un solo autor y libros por capítulos no afecta a la información

global de la producción diacrónica, se sigue observando picos de publicación en los años 2008 y 2009 en la producción por capítulos, en cambio los picos de producción en la publicación de libros de un solo autor se dan en los años 2008 y 2011, como puede observarse con más detalle en la gráfica de la *Figura 7.6*. En cualquier caso, la producción de libros de un solo autor presenta un comportamiento más constante a lo largo del periodo analizado.

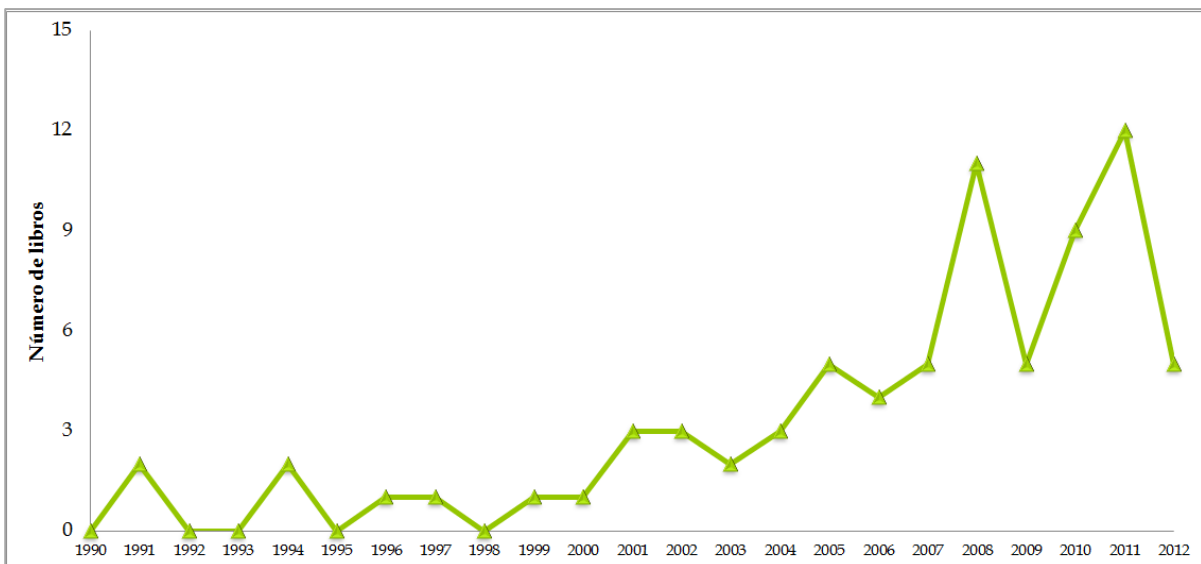


Figura 7.6 Producción diacrónica para libros de un solo autor

Producción diacrónica de autoría según su género

Para realizar el análisis de producción por género hemos separado por un lado los documentos con autores masculinos solo, por otro lado los documentos con autoras solo y, por último, los documentos con autores de ambos sexos. En el caso de los autores sin clasificar los hemos incluidos dentro del grupo mixto. Así obtenemos el siguiente gráfico:

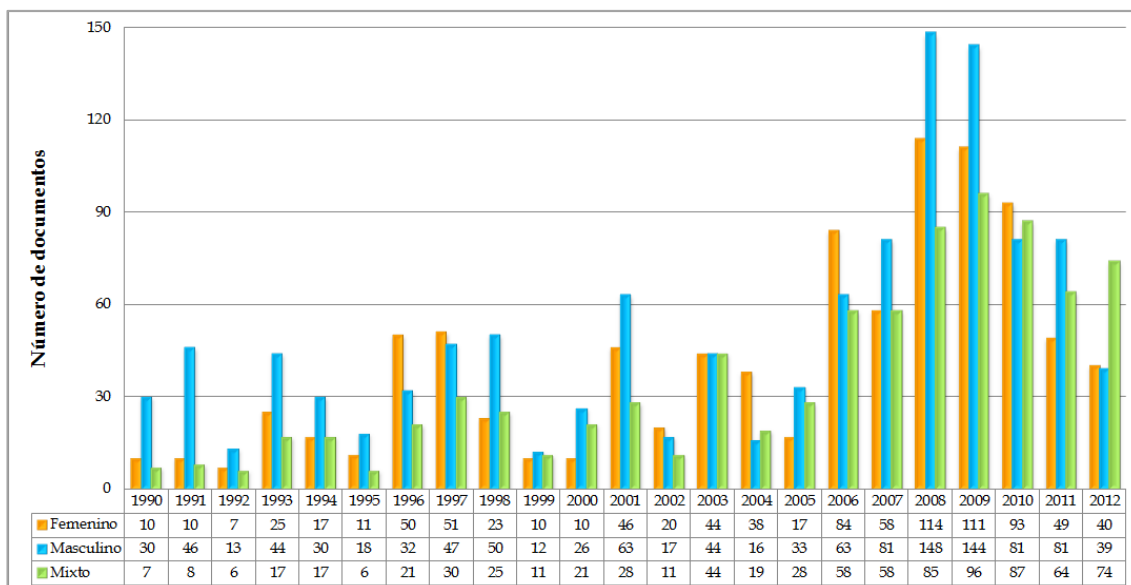


Figura 7.7 Producción de documentos publicados en editoriales internacionales clasificada por género.

Del total de documentos de la muestra, 938 documentos (32,16%) son firmados solo por mujeres, 1158 documentos (39,70%) son firmados solo por hombres y 821 (28,15%) son firmados por autores de ambos sexos. Vemos que, aunque la producción de varones es un poco mayor, el reparto es bastante paritario.

7.2.4. Tasa de crecimiento interanual

La tasa de variación interanual nos indica el aumento o disminución de la producción científica respecto al año anterior. Se expresa en términos porcentuales en relación con el total de una producción anterior. Viene dada por la expresión:

$$TVI_n = \frac{ndoc_n - ndoc_{n-1}}{ndoc_n} \cdot 100$$

Donde,

$ndoc_n$ es el número de documentos en un año dado y $ndoc_{n-1}$ es el número de documentos en el año anterior. En la siguiente tabla mostramos los valores obtenidos en nuestro estudio.

La gráfica que representa esa variación se muestra en la Figura 7.8.

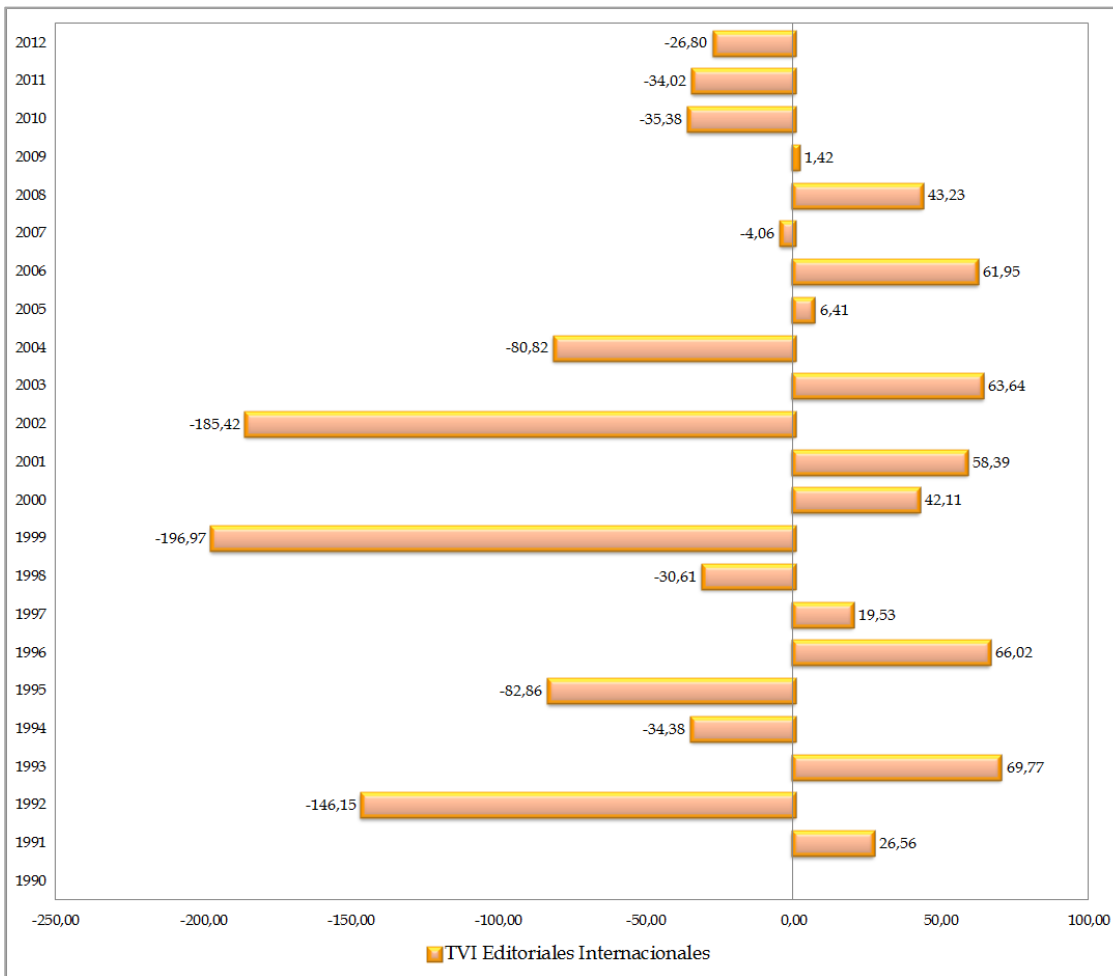


Figura 7.8 Representación de la Tasa de Variación Interanual para los documentos publicados en editoriales internacionales

La tasa de variación interanual viene a confirmar que la producción en libros y capítulos de libro no varía año a año de forma constante o siguiendo pautas sino que se producen grandes variaciones a lo largo de los años. Así vemos, por ejemplo, como se pasa de tasas negativas del -146,15 en el año 1992 a valores porcentuales positivos del 69,77 en el año 1993.

7.2.5. Aplicación de las Leyes de Price

Primera Ley de Price: Ley del Crecimiento Exponencial

En esta ley Price estipula que la información crece a un ritmo muy superior en comparación con otros procesos sociales, de forma que cada 10-15 años la información científica se duplica con respecto a la que ya hay (Price, 1986). Además, Price afirma que cuanto más grande es la disciplina, más rápido crece. La expresión matemática de esta ley es la siguiente:

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

Siendo N la magnitud medida relacionada con el tamaño de la ciencia, N_0 esa magnitud medida en el tiempo $t=0$ y b es una constante que relaciona la velocidad de crecimiento con el tamaño ya adquirido de la ciencia.

Tabla 7.6 Descripción de valores para la Ley de Price

Año	Nº documentos	t=año-1990	Documentos acumulados
1990	47	0	47
1991	64	1	111
1992	26	2	137
1993	86	3	223
1994	64	4	287
1995	35	5	322
1996	103	6	425
1997	128	7	553
1998	98	8	651
1999	33	9	684
2000	57	10	741
2001	137	11	878
2002	48	12	926
2003	132	13	1058
2004	73	14	1131
2005	78	15	1209
2006	205	16	1414
2007	197	17	1611
2008	347	18	1958
2009	352	19	2310
2010	260	20	2570
2011	194	21	2764
2012	153	22	2917

Representamos el número de documentos frente a la variable tiempo y trazamos la línea de tendencia que nos permitirá hallar el valor de b y N_0 . Para ello usaremos el método de los mínimos cuadrados, de forma que obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 7.7 Ajuste por el método de mínimos cuadrados para la aplicación de la Ley de Price

Año	Total n° docs	t	Documentos acumulados y	X=t	Y=log _y	X·Y	X ²	Y ²
1990	47	0	47	0	3,8501	0,0000	0	14,8236
1991	64	1	111	1	4,7095	4,7095	1	22,1797
1992	26	2	137	2	4,9200	9,8400	4	24,2062
1993	86	3	223	3	5,4072	16,2215	9	29,2375
1994	64	4	287	4	5,6595	22,6379	16	32,0297
1995	35	5	322	5	5,7746	28,8728	25	33,3454
1996	103	6	425	6	6,0521	36,3125	36	36,6278
1997	128	7	553	7	6,3154	44,2075	49	39,8837
1998	98	8	651	8	6,4785	51,8281	64	41,9711
1999	33	9	684	9	6,5280	58,7516	81	42,6142
2000	57	10	741	10	6,6080	66,0800	100	43,6657
2001	137	11	878	11	6,7776	74,5541	121	45,9365
2002	48	12	926	12	6,8309	81,9705	144	46,6608
2003	132	13	1058	13	6,9641	90,5338	169	48,4992
2004	73	14	1131	14	7,0309	98,4320	196	49,4330
2005	78	15	1209	15	7,0975	106,4632	225	50,3752
2006	205	16	1414	16	7,2542	116,0668	256	52,6231
2007	197	17	1611	17	7,3846	125,5384	289	54,5325
2008	347	18	1958	18	7,5797	136,4342	324	57,4515
2009	352	19	2310	19	7,7450	147,1551	361	59,9851
2010	260	20	2570	20	7,8517	157,0332	400	61,6486
2011	194	21	2764	21	7,9244	166,4131	441	62,7967
2012	153	22	2917	22	7,9783	175,5228	484	63,6534

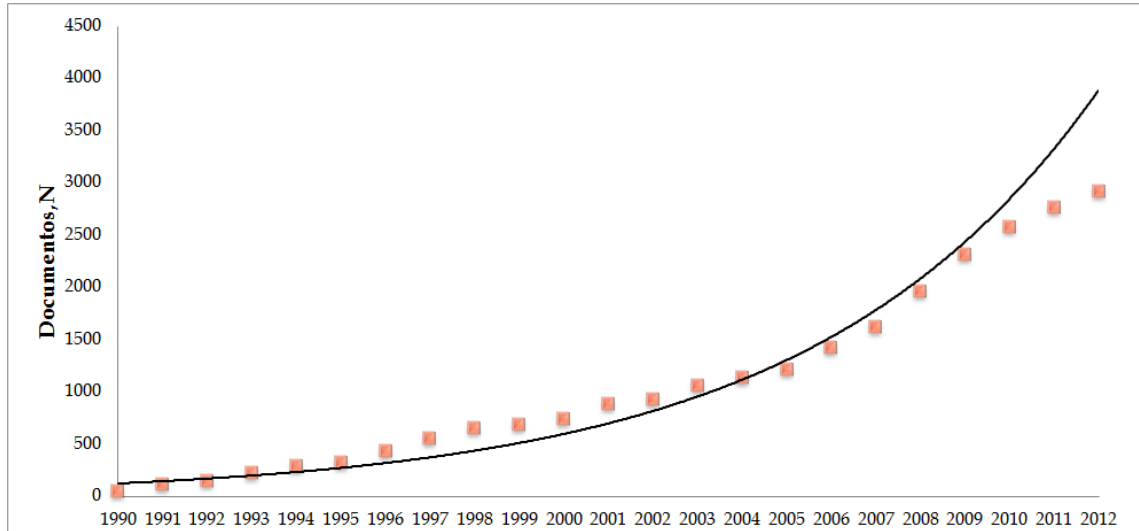


Figura 7.9 Ajuste de Price

Para nuestro análisis se obtiene que el valor de la constante que relaciona la velocidad de crecimiento con el tamaño ya adquirido de la ciencia es $b=0.1558$ y $N_0=47$.

El ajuste clásico de la ley de Price se representa con una curva exponencial, para nuestra muestra el coeficiente de correlación obtenido para el ajuste mencionado es de 0.927, por lo que no podemos decir que sea un buen ajuste.

A partir de los datos obtenidos de la 1ª Ley de Price podemos hallar también el tiempo de duplicación, esto es, el periodo de tiempo en el que el número de documentos crece al doble. Viene dado por:

$$D = \frac{\ln 2}{b} = \frac{\ln 2}{0.1558} = 4,45$$

Lo que implica que el número de documentos se duplica cada cuatro años y medio, aproximadamente.

También podemos calcular la tasa de crecimiento anual, R , que viene dada por:

$$R = 100 \cdot (e^b - 1) = 100 \cdot (e^{0.1558} - 1) = 16,86\%$$

Lo que implica que el número de documentos crece anualmente un 16,86%.

Segunda Ley de Price: Ley del Crecimiento Logístico

Price también demostró que el crecimiento exponencial no podía durar siempre en el tiempo, en algún momento empieza a debilitarse hasta alcanzar un límite, describiendo lo que Price definió como “curva logística”. Esta curva está limitada por un tope o línea de saturación a partir de la cual el crecimiento ya no continua al mismo ritmo. La ley del crecimiento logístico viene dada por la expresión:

$$N = \frac{k}{1 + N_0 e^{-bt}}$$

Donde N es el número de documentos de la muestra, t es el periodo de tiempo analizado y k la constante de saturación, si la despejamos obtenemos:

$$k = N \cdot (1 + N_0 e^{-bt}) = 2917 \cdot (1 + 47 \cdot e^{-0.1558 \cdot 23}) = 6725,73$$

Según este resultado, la producción en libros de Educación Matemática ya alcanzaría la saturación cuando se hayan publicado aproximadamente 6725 capítulos de libro. Estos resultados hay que tomarlos con cautela ya que la muestra no es lo suficientemente grande como para poder hacer afirmaciones de este tipo. Además, como hemos visto en la primera ley de Price, el ajuste de nuestros datos a estos principios no se puede considerar muy bueno.

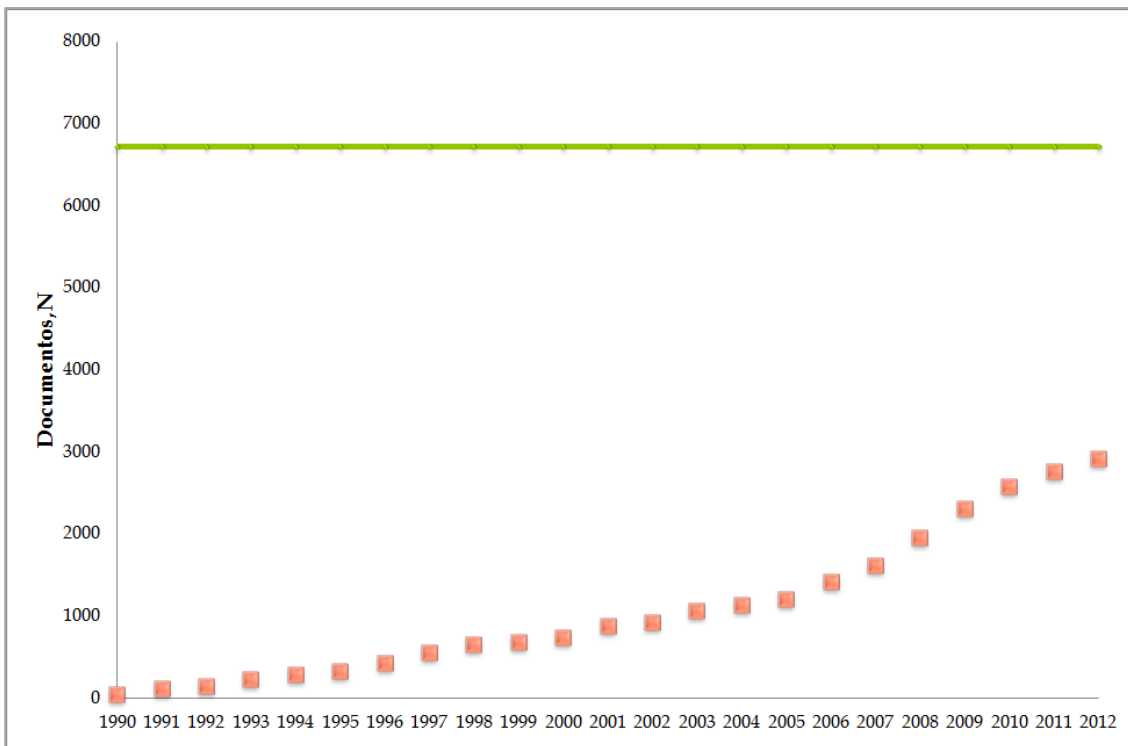


Figura 7.10 Línea de saturación según la 2ª Ley de Price

7.2.6. Aplicación de la Ley de Lotka

La ley de Lotka postula que el número de autores que escriben n documentos es proporcional al inverso del cuadrado del número de autores que escriben un solo documento en toda la muestra analizada.

En este estudio tratamos de determinar si se cumple o no la Ley de Lotka, para ello compararemos la distribución de frecuencia de la muestra obtenida con la distribución de frecuencia calculada por la Ley del inverso del cuadrado.

Originalmente, Lotka no usó esta ley del inverso cuadrado sino que usó un método más sencillo; si llamamos A_1 al número de autores que han publicado un solo trabajo en la muestra y A_n al número de autores que publican n trabajos, verificaba que este valor era inversamente proporcional al cuadrado de n , siendo la constante de proporcionalidad el valor A_1 :

$$A_n = \frac{A_1}{n^2}$$

Aunque este método proporcionaba un buen ajuste, Pao (1985) propuso otro método con el que se consigue un ajuste más exacto con la distribución de poder inverso generalizado. Esta ley se expresa matemáticamente de la forma:

$$y_x = C \cdot x^{-n}, \text{ siendo } x = 1, 2, 3, \dots, x_{m\acute{a}x}$$

siendo y_x la probabilidad de que un autor haga x contribuciones. C y n son los dos valores que debemos obtener de nuestros datos.

La estimación de n se obtiene a partir del método del mínimo cuadrado lineal:

$$n = \frac{N \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Siendo:

N = número de pares de datos observados

$X = \log x$

$Y = \log y$

La estimación de C se obtiene a partir de 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 (1985) demostró que el error residual es insignificante para $P=20$.

Como hemos mencionado anteriormente el número de autores encontrados en los 23 años que ocupa la muestra son 2947, en un total de 2917 documentos que generan 5498 firmas, distribuidas de la siguiente forma:

Tabla 7.8 Frecuencias de contribuciones por autor

Nº de contribuciones por autor	Nº de autores	Total de documentos	% de autores	% de documentos
x	y	x·y	∑x·y	%y
1	2030	2030	2030	68,88%
2	416	832	2862	14,12%
3	199	597	3459	6,75%
				∑%y
				36,92%
				15,13%
				10,86%
				%x·y

Nº de contribuciones por autor	Nº de autores	Total de documentos		% de autores		% de documentos
x	y	x·y	$\sum x \cdot y$	%y	$\sum \%y$	%x·y
4	92	368	3827	3,12%	92,87%	6,69%
5	61	305	4132	2,07%	94,94%	5,55%
6	33	198	4330	1,12%	96,06%	3,60%
7	32	224	4554	1,09%	97,15%	4,07%
8	21	168	4722	0,71%	97,86%	3,06%
9	14	126	4848	0,48%	98,34%	2,29%
10	13	130	4978	0,44%	98,78%	2,36%
11	6	66	5044	0,20%	98,98%	1,20%
12	10	120	5164	0,34%	99,32%	2,18%
13	6	78	5242	0,20%	99,52%	1,42%
14	1	14	5256	0,03%	99,56%	0,25%
15	4	60	5316	0,14%	99,69%	1,09%
16	3	48	5364	0,10%	99,80%	0,87%
17	1	17	5381	0,03%	99,83%	0,31%
18	2	36	5417	0,07%	99,90%	0,65%
23	1	23	5440	0,03%	99,93%	0,42%
27	1	27	5467	0,03%	99,97%	0,49%
31	1	31	5498	0,03%	100,00%	0,56%
Total	2947	5498		100,00%		1

Para calcular n necesitamos hallar la distribución de los mínimos cuadrados que presentamos en la siguiente tabla:

Tabla 7.9 Distribución de mínimos cuadrados de los datos observados

x	y	X = log x	Y = log y	X·Y = log x · log y	X ² = (log x) ²
1	2030	0,0000	3,3075	0,0000	0,0000
2	416	0,3010	2,6191	0,7884	0,0906
3	199	0,4771	2,2989	1,0968	0,2276
4	92	0,6021	1,9638	1,1823	0,3625
5	61	0,6990	1,7853	1,2479	0,4886
6	33	0,7782	1,5185	1,1816	0,6055
7	32	0,8451	1,5051	1,2720	0,7142
8	21	0,9031	1,3222	1,1941	0,8156
9	14	0,9542	1,1461	1,0937	0,9106
10	13	1,0000	1,1139	1,1139	1,0000
11	6	1,0414	0,7782	0,8104	1,0845
12	10	1,0792	1,0000	1,0792	1,1646
13	6	1,1139	0,7782	0,8668	1,2409
14	1	1,1461	0,0000	0,0000	1,3136

x	y	X = log x	Y = log y	X · Y = log x · log y	X ² = (log x) ²
15	4	1,1761	0,6021	0,7081	1,3832
16	3	1,2041	0,4771	0,5745	1,4499
17	1	1,2304	0,0000	0,0000	1,5140
18	2	1,2553	0,3010	0,3779	1,5757
23	1	1,3617	0,0000	0,0000	1,8543
27	1	1,4314	0,0000	0,0000	2,0488
31	1	1,4914	0,0000	0,0000	2,2242
Total	2947	20,0908	22,5170	14,5876	22,0688

El valor de n vendrá dado por:

$$n = \frac{N \sum(X \cdot Y) - \sum X \cdot \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{21 \cdot 14,5876 - 20,0908 \cdot 22,5170}{21 \cdot 22,0688 - (20,0908)^2} = 2,4420$$

Y ahora el valor de C:

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

$$= \frac{1}{\sum_{x=1}^{20} \frac{1}{x^{2,4420}} + \frac{1}{1,4420 \cdot 20^{1,4420}} + \frac{1}{2 \cdot 20^{2,4420}} + \frac{n}{24 \cdot 19^{3,4420}}} = 0,7326$$

Sustituyendo en la expresión de y_x nos queda:

$$y_x = 0,7326 \cdot x^{-2,4420}$$

De esta forma ya podemos obtener los valores de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado para nuestro estudio:

Tabla 7.10 Datos obtenidos mediante aplicación de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado

x	y	$y_x = C \cdot x^{-n}$	Valores de y esperados ($y_x \cdot \sum y$)
1	2030	0,7326	2159,0139
2	416	0,1348	397,3235
3	199	0,0501	147,6154
4	92	0,0248	73,1195
5	61	0,0144	42,4014
6	33	0,0092	27,1657
7	32	0,0063	18,6439
8	21	0,0046	13,4562
9	14	0,0034	10,0927
10	13	0,0026	7,8031

11	6	0,0021	6,1828
12	10	0,0017	4,9993
13	6	0,0014	4,1117
14	1	0,0012	3,4310
15	4	0,0010	2,8991
16	3	0,0008	2,4763
17	1	0,0007	2,1356
18	2	0,0006	1,8574
23	1	0,0003	1,0208
27	1	0,0002	0,6901
31	1	0,0002	0,4925

Comparamos los datos obtenidos en este estudio con los datos obtenidos a través de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado en la siguiente gráfica:

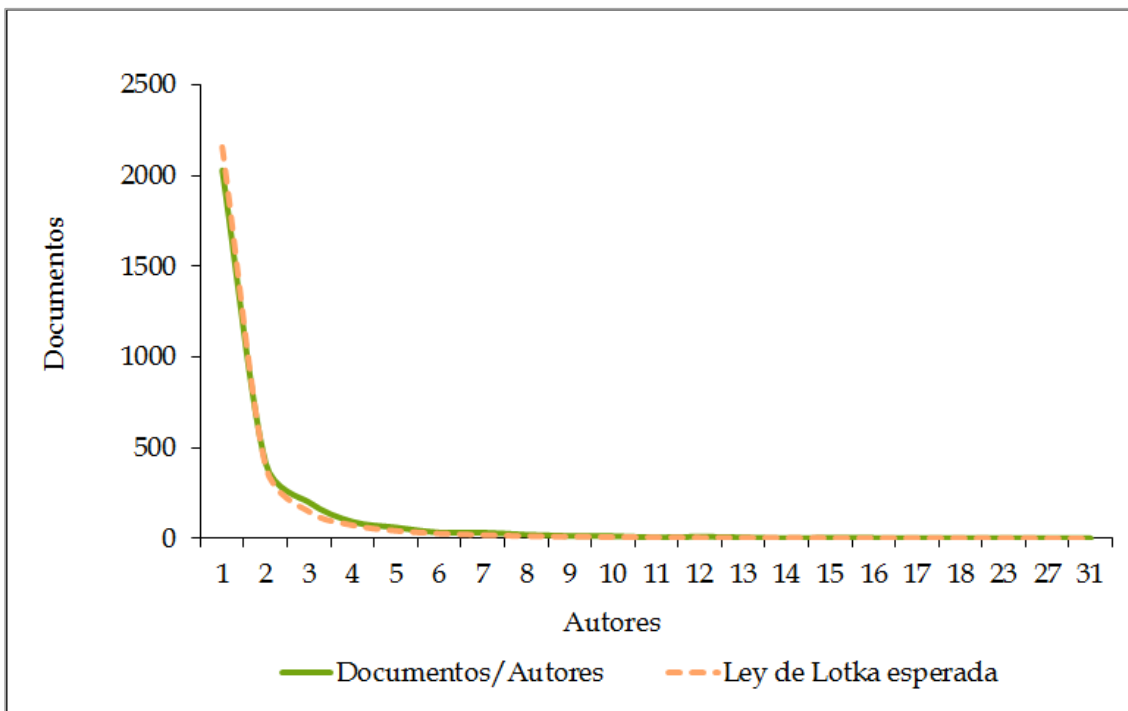


Figura 7.11 Distribuciones de las frecuencias observadas y esperadas tras la aplicación de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado

Vemos que la coincidencia de ambas distribuciones es bastante buena, para verificarlo matemáticamente utilizamos la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S). Esta prueba nos permitirá comprobar si hay diferencias significativas entre las frecuencias observadas y las esperadas.

En el estudio hemos aplicado el nivel de significación $\alpha = 0,01$ en la que se establece, para valores de $n > 40$, una diferencia máxima de:

$$D_{\text{máx}} = \frac{1,63}{\sqrt{n}} = \frac{1,63}{\sqrt{2947}} = 0,030026$$

Presentamos en una tabla los valores observados y los esperados para poder aplicar el test K-S.

Tabla 7.11 Prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov de la distribución de autores del estudio

x	y	$y_x / \Sigma y_x$	$\Sigma(y_x / \Sigma y_x)$	$y_x =$ $C \cdot x^{-n}$	$\Sigma y_x =$ $\Sigma (C \cdot x^{-n})$	$D_{\text{máx}}$
1	2030	0,688836	0,688836	0,732614	0,732614	0,043778
2	416	0,141161	0,829997	0,134823	0,867437	0,037441
3	199	0,067526	0,897523	0,050090	0,917527	0,020004
4	92	0,031218	0,928741	0,024811	0,942339	0,013598
5	61	0,020699	0,949440	0,014388	0,956727	0,007287
6	33	0,011198	0,960638	0,009218	0,965945	0,005307
7	32	0,010859	0,971496	0,006326	0,972271	0,000775
8	21	0,007126	0,978622	0,004566	0,976837	0,001785
9	14	0,004751	0,983373	0,003425	0,980262	0,003111
10	13	0,004411	0,987784	0,002648	0,982910	0,004874
11	6	0,002036	0,989820	0,002098	0,985008	0,004812
12	10	0,003393	0,993213	0,001696	0,986704	0,006509
13	6	0,002036	0,995249	0,001395	0,988099	0,007150
14	1	0,000339	0,995589	0,001164	0,989264	0,006325
15	4	0,001357	0,996946	0,000984	0,990247	0,006699
16	3	0,001018	0,997964	0,000840	0,991088	0,006876
17	1	0,000339	0,998303	0,000725	0,991812	0,006491
18	2	0,000679	0,998982	0,000630	0,992443	0,006539
23	1	0,000339	0,999321	0,000346	0,992789	0,006532
27	1	0,000339	0,999661	0,000234	0,993023	0,006637
31	1	0,000339	1,000000	0,000167	0,993190	0,006810

En la tabla vemos que tenemos dos valores de la desviación máxima que son superiores a la permitida, podemos deducir que no se cumple la hipótesis de homogeneidad, por lo que la distribución no se ajusta a la Ley de Lotka para la productividad de los autores que publican en libros en el área de la Educación Matemática.

7.2.7. Producción por país

Para realizar el análisis por países usaremos las variables *número de países autores*, *países autores* y *número de registros por país autores*.

Se ha contabilizado el número de nacionalidades diferentes en cada documento en el periodo analizado y se ha obtenido que los 2497 autores pertenecen a 75 países

diferentes. En el 87,28% de los documentos, todos los autores pertenecen al mismo país, como podemos ver en la Tabla 7.12. Mientras que este porcentaje baja vertiginosamente a un 9,80% para el caso de dos nacionalidades por documento. La presencia de más de dos países es ya casi anecdótica.

Tabla 7.12 Número de países por documento publicado

Nº de Países por documento	Nº documentos	%
1	2546	87,28%
2	286	9,80%
3	36	1,23%
4	21	0,72%
5	10	0,34%
6	2	0,07%
7	3	0,10%
9	4	0,14%
10	5	0,17%
11	1	0,03%
14	1	0,03%
15	1	0,03%
Total	2917	100,00

Vemos que la colaboración internacional en este tipo de publicaciones es escasa ya que solo en un 22,72% hay colaboración entre al menos dos países diferentes.

Si ahora tenemos en cuenta el número de documentos por país aparece un gran productor, Estados Unidos, con 47,47% del total de firmas de la muestra. En general, los países angloparlantes aportan el 61,61% del total de libros y capítulos de libros en Educación Matemática a nivel mundial de acuerdo con la muestra de estudio.

Tabla 7.13 Número de documentos por país

País	Nº documentos	% documentos
USA	2609	47,47%
Australia	353	6,42%
Reino Unido	344	6,26%
Canadá	340	6,19%
Francia	157	2,86%
Israel	152	2,77%
Alemania	121	2,20%

País	Nº documentos	% documentos
Italia	112	2,04%
Dinamarca	108	1,97%
Holanda	101	1,84%
España	77	1,40%
Brasil	72	1,31%
China	72	1,31%
Finlandia	71	1,29%
Nueva Zelanda	69	1,26%
Noruega	69	1,26%
Suecia	60	1,09%
Sudáfrica	53	0,96%
Bélgica	41	0,75%
México	38	0,69%
Singapur	34	0,62%
Japón	32	0,58%
Hong Kong	28	0,51%
Austria	23	0,42%
Portugal	20	0,36%
Grecia	20	0,36%
Corea del Sur	19	0,35%
Corea	18	0,33%
Argentina	16	0,29%
Taiwán	16	0,29%
Irlanda	11	0,20%
Turquía	10	0,18%
Filipinas	10	0,18%
Rusia	10	0,18%

7.2.8. Análisis por instituciones

Al igual que con los países, para conocer el número de instituciones firmantes en cada documento, se ha hecho el recuento de forma que, si en un documento había más de un autor de la misma institución, solo se ha contado una vez. Así hemos ido asignando valores a la variable *número de instituciones*.

Tabla 7.14 Número de instituciones que firman cada documento

Nº de Instituciones por documento	Nº documentos	%
1	1944	66,64%
2	704	24,13%
3	169	5,79%
4	47	1,61%
5	17	0,58%
6	13	0,45%
7	5	0,17%
8	4	0,14%
9	2	0,07%
10	2	0,07%
12	1	0,03%
13	2	0,07%
14	1	0,03%
15	2	0,07%
16	1	0,03%
18	1	0,03%
22	1	0,03%
24	1	0,03%
Total	2917	100,00%

En la Tabla 7.14 se observa que el 66,64% de toda la producción está firmada por una sola institución y en el 24,13% de los documentos participan dos instituciones.

Un total de 1328 instituciones generan las 5498 firmas de la muestra. Hacemos el conteo para obtener la producción de las distintas instituciones obteniendo los resultados mostrados a continuación donde se indican las universidades más productivas.

Tabla 7.15 Instituciones más productivas de la muestra

Institución	Nº de documentos	%
Utrecht University	80	1,46%
Vanderbilt University	68	1,24%
University of Wisconsin- Madison	67	1,22%
Michigan State University	65	1,18%

Institución	Nº de documentos	%
University of Georgia	58	1,06%
Aalborg University	57	1,04%
San Diego State University	56	1,02%
The University of Melbourne	56	1,02%
Education Development Center of Newton	53	0,96%
University of Montana	52	0,95%
Illinois State University	48	0,87%
Texas A&M University	46	0,84%
Monash University	44	0,80%
University of Helsinki	44	0,80%
University of Maryland	41	0,75%
Purdue University	40	0,73%
University of London	40	0,73%
University of Pittsburgh	39	0,71%
University of California	38	0,69%
University of Victoria	38	0,69%
Indiana University	36	0,66%
Tel-Aviv University	34	0,62%
University of Haifa	34	0,62%
Western Michigan University	34	0,62%
Australian Catholic University	33	0,60%
Simon Fraser University	33	0,60%
University at Buffalo	32	0,58%
Queensland University of Technology	31	0,56%
CINVESTAV	30	0,55%
Université du Québec à Montréal	30	0,55%
University of Michigan	30	0,55%

Del total de la muestra tenemos 122 firmas sin información sobre filiación, lo que supone un 2,22% del total.

La primera institución de habla hispana que aparece es el CINVESTAV de México con 30 documentos y la primera universidad española que encontramos en el ranking de productividad es la Universidad de Granada con 22 documentos, seguida de la Universidad Autónoma de Barcelona con la participación en 11 documentos.

Si clasificamos las instituciones por tipo, esto es, universidades, centros educativos no universitarios y otras instituciones, obtenemos el siguiente reparto:

Tabla 7.16 Distribuciones de las instituciones según el tipo

	Nº Instituciones	Nº de documentos	%
Universidades	776	4332	78,80%
Centros educativos no universitarios	313	517	9,40%
Otras instituciones	239	649	11,80%
Total	1328	5498	100,00%

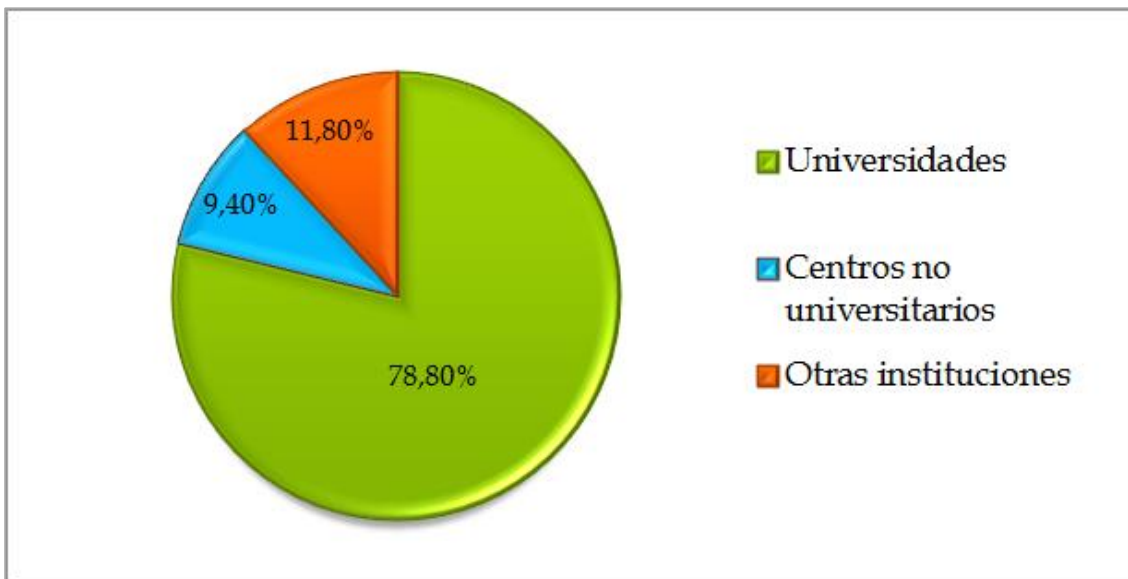


Figura 7.12 Producción de las instituciones clasificada por tipo de institución

Vemos que la gran mayoría de la producción se debe a las instituciones universitarias, el 9,41% corresponde a instituciones académicas de nivel no universitario, como colegios o institutos, y el resto corresponde a centros de investigación, departamentos estatales de educación, y otras instituciones.

7.2.9. Aplicación de la Ley de Bradford

La Ley de Bradford afirma que si dispusiéramos las revistas científicas en orden decreciente de productividad de artículos, aparecerá un *núcleo* con un número reducido de revistas más específicas y consagradas, y varios grupos o zonas que contienen aproximadamente el mismo número de artículos que el núcleo pero con muchas más revistas, quedando definida la relación entre el número de revistas de cada zona y el núcleo como $1:n^1:n^2:n^3:....$, donde n es el llamado multiplicador de Bradford.

De esta manera, si dividiéramos el número total de revistas, ordenadas según lo comentado anteriormente, en zonas que contuvieran aproximadamente el mismo número de artículos (progresión aritmética de artículos), veríamos que el número de revistas de cada zona consecutiva aumenta en progresión geométrica.

En nuestro caso podremos aplicarla a las instituciones (Bracho-López, 2010), para analizar cómo se reparte la producción de las mismas.

Para la representación gráfica de esta ley partimos de los datos mostrados en la *Tabla 7.17*.

Tabla 7.17 Distribución del número de documentos por institución y número de instituciones

A	B	A	B
Número de instituciones	Número de documentos por institución	Número de instituciones	Número de documentos por institución
1	80	1	25
1	68	2	24
1	67	3	23
1	65	4	22
1	58	5	21
1	57	4	20
2	56	3	19
1	53	2	18
1	52	2	17
1	48	5	16
1	46	9	15
2	44	6	14
1	41	6	13
2	40	7	12
1	39	15	11
2	38	16	10
1	36	13	9
3	34	20	8
2	33	19	7
1	32	33	6
1	31	46	5
3	30	61	4
3	28	107	3
2	27	190	2

A	B	A	B
Número de instituciones	Número de documentos por institución	Número de instituciones	Número de documentos por institución
1	26	712	1

Para la aplicación de la Ley de Bradford y el cálculo de las zonas seguiremos el método propuesto por Pontigo y Quijano (1977) y Gorbea-Portal (1996). De modo que tendremos que extender la *Tabla 7.17* para incluir el número total de documentos (columna C), el número acumulado de instituciones (columna D), el número acumulado de documentos (Columna E), logaritmo decimal de r (columna F), la cantidad acumulada de documentos calculada según el modelo de Bradford (Columna G), la diferencia entre el valor real y el calculado para la cantidad de artículos acumulada, lo que llamaremos residuo (columna H) y, por último, el porcentaje del residuo respecto de la cantidad real (Columna I).

Tabla 7.18 Distribución en orden decreciente de productividad de documentos por instituciones

A	B	C	D	E	F	G	H	I
		A · B	$r = \sum A$	$\frac{R(r) = \sum A \cdot B}{\sum A \cdot B}$	$\log(r)$	$Rc(r)$	E-G	H/E
Nº Inst	Nº docs	Total docs	Inst Acum	Docs Acum		$Y = a + bX$	Residuos	% Res
1	80	80	1	80	0,0000	-2605,4000	2685,4000	3356,75%
1	68	68	2	148	0,3010	-1823,6853	1971,6853	1332,22%
1	67	67	3	215	0,4771	-1366,4115	1581,4115	735,54%
1	65	65	4	280	0,6021	-1041,9706	1321,9706	472,13%
1	58	58	5	338	0,6990	-790,3147	1128,3147	333,82%
1	57	57	6	395	0,7782	-584,6968	979,6968	248,02%
2	56	112	8	507	0,9031	-260,2559	767,2559	151,33%
1	53	53	9	560	0,9542	-127,4231	687,4231	122,75%
1	52	52	10	612	1,0000	-8,6000	620,6000	101,41%
1	48	48	11	660	1,0414	98,8885	561,1115	85,02%
1	46	46	12	706	1,0792	197,0179	508,9821	72,09%
2	44	88	14	794	1,1461	370,8653	423,1347	53,29%
1	41	41	15	835	1,1761	448,6738	386,3262	46,27%
2	40	80	17	915	1,2304	589,8298	325,1702	35,54%
1	39	39	18	954	1,2553	654,2916	299,7084	31,42%
2	38	76	20	1030	1,3010	773,1147	256,8853	24,94%
1	36	36	21	1066	1,3222	828,1391	237,8609	22,31%

CAPÍTULO 7: Análisis de los Resultados de las Editoriales Internacionales

A	B	C	D	E	F	G	H	I
		A · B	$r = \sum A$	$R(r) = \sum A \cdot B$	$\log(r)$	Rc(r)	E-G	H/E
Nº Inst	Nº docs	Total docs	Inst Acum	Docs Acum		$Y = a + bX$	Residuos	% Res
3	34	102	24	1168	1,3802	978,7326	189,2674	16,20%
2	33	66	26	1234	1,4150	1069,0028	164,9972	13,37%
1	32	32	27	1266	1,4314	1111,5654	154,4346	12,20%
1	31	31	28	1297	1,4472	1152,5800	144,4200	11,13%
3	30	90	31	1387	1,4914	1267,3680	119,6320	8,63%
3	28	84	34	1471	1,5315	1371,5445	99,4555	6,76%
2	27	54	36	1525	1,5563	1436,0063	88,9937	5,84%
1	26	26	37	1551	1,5682	1466,9062	84,0938	5,42%
1	25	25	38	1576	1,5798	1496,9820	79,0180	5,01%
2	24	48	40	1624	1,6021	1554,8294	69,1706	4,26%
3	23	69	43	1693	1,6335	1636,3909	56,6091	3,34%
4	22	88	47	1781	1,6721	1736,7037	44,2963	2,49%
5	21	105	52	1886	1,7160	1850,7175	35,2825	1,87%
4	20	80	56	1966	1,7482	1934,2947	31,7053	1,61%
3	19	57	59	2023	1,7709	1993,1485	29,8515	1,48%
2	18	36	61	2059	1,7853	2030,7445	28,2555	1,37%
2	17	34	63	2093	1,7993	2067,1275	25,8725	1,24%
5	16	80	68	2173	1,8325	2153,2591	19,7409	0,91%
9	15	135	77	2308	1,8865	2293,4391	14,5609	0,63%
6	14	84	83	2392	1,9191	2378,0620	13,9380	0,58%
6	13	78	89	2470	1,9494	2456,7760	13,2240	0,54%
7	12	84	96	2554	1,9823	2542,1619	11,8381	0,46%
15	11	165	111	2719	2,0453	2705,8947	13,1053	0,48%
16	10	160	127	2879	2,1038	2857,7575	21,2425	0,74%
13	9	117	140	2996	2,1461	2967,6653	28,3347	0,95%
20	8	160	160	3156	2,2041	3118,2588	37,7412	1,20%
19	7	133	179	3289	2,2529	3244,8088	44,1912	1,34%
33	6	198	212	3487	2,3263	3435,6290	51,3710	1,47%
46	5	230	258	3717	2,4116	3657,0941	59,9059	1,61%
61	4	244	319	3961	2,5038	3896,4436	64,5564	1,63%
107	3	321	426	4282	2,6294	4222,6508	59,3492	1,39%
190	2	380	616	4662	2,7896	4638,5832	23,4168	0,50%
712	1	712	1328	5374	3,1232	5504,9208	-130,9208	-2,44%

A continuación mostramos el diagrama de dispersión de la cantidad acumulada de documentos por institución.

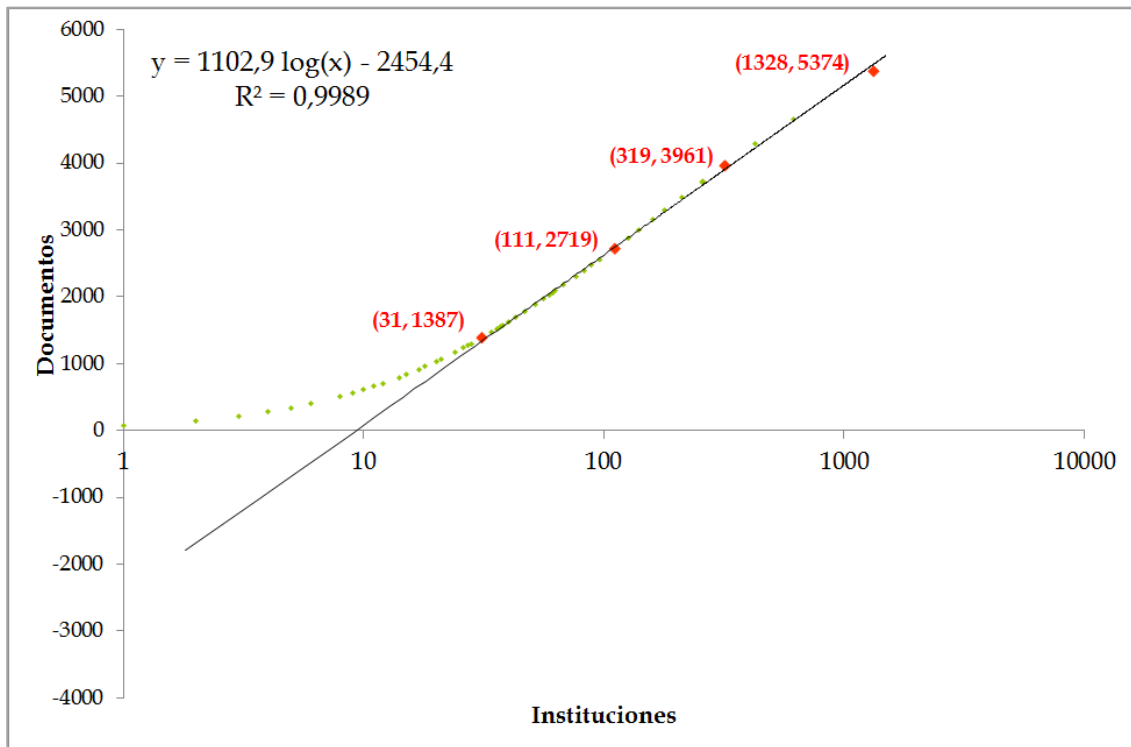


Figura 7.13 Distribución de Bradford de documentos por institución

La determinación del núcleo o zona 0 del modelo de Bradford corresponde al punto (31, 1387), lo que indica las 31 instituciones más productivas de la muestra, las cuales han publicado un total de 1387 documentos. Se puede observar cómo el núcleo se corresponde con la zona curva del modelo de Bradford, seguido de una parte lineal que se corresponde con las sucesivas zonas Bradford.

Hemos calculado la línea de tendencia por el modelo de mínimos cuadrados de la parte lineal de los datos, así obtenemos el modelo de Bradford, cuya expresión es:

$$y = 1102,9 \log(x) - 2454,4$$

En cada zona Bradford hay el mismo número de documentos aproximadamente, pero el número de instituciones va a cambiar, lo que hará que la densidad de documentos por institución varíe en cada zona, podemos observarlo en la Tabla 7.19

Tabla 7.19 Distribución de las zonas Bradford

Zona	Número de instituciones	Nº de documentos	Densidad de documentos por institución
0	31	1387	44,7419
1	80	1332	16,6500
2	208	1242	5,9712

Zona	Número de instituciones	Nº de documentos	Densidad de documentos por institución
3	1009	1413	1,4004
Total	1328	5374	4,0467

A partir de la densidad de documentos por institución podemos calcular el multiplicador de Bradford para la distribución geométrica de instituciones por zona, que en nuestra muestra de análisis resulta ser $n=3,25$.

Tabla 7.20 Porcentajes del número de instituciones y de documentos en cada zona Bradford

Zona	Número de instituciones	Nº documentos	% Instituciones	% documentos
0	31	1387	2,33%	25,81%
1	80	1332	6,02%	24,79%
2	208	1242	15,66%	23,11%
3	1009	1413	75,98%	26,29%
Total	1328	5374	100,00%	100,00%

En la *Tabla 7.20* se observa que tan solo 31 instituciones producen el 25,81% de los documentos publicados en las editoriales de la muestra. Los nombres de estas instituciones se muestran en la *Tabla 7.15*, en el apartado de análisis por instituciones.

7.3. Indicadores de contenido

Para el análisis conceptual usaremos la clasificación por categorías de MathEduc, como comentamos en el capítulo 6 (ver también Anexo 3). Si bien en Educación Matemática no existe un tesoro de la materia, es decir, una recopilación estándar de palabras clave, estas categorías cuentan con amplia aceptación (Bracho-López, Torralbo-Rodríguez, Maz-Machado, & Adamuz-Povedano, 2014).

Para los libros o capítulos de libros que no estaban indexados en esta base de datos, el etiquetado se realizó por triangulación de expertos.

La clasificación de la muestra de estudio ha dado lugar a 5977 etiquetas. En algunos casos los documentos tienen más de una etiqueta. En muy pocos casos se especifica el nivel al que está referido el contenido de los documentos, marcado por la última cifra de la etiqueta, por tanto, no podremos hacer un análisis por niveles escolares.

El reparto de etiquetas según las distintas variables se muestra en la *Tabla 7.21*.

Tabla 7.21 Reparto de etiquetas por variables

Variable	Frecuencia	%
A: General, Matemáticas y Educación	1170	19,19%
B: Política educativa y sistemas educativos	589	9,66%
C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática	1311	21,51%
D: Educación e instrucción en Matemáticas	1870	30,68%
E: Fundamentos de las matemáticas	238	3,90%
F: Aritmética. Teoría de números	163	2,67%
G: Geometría	114	1,87%
H: Algebra	142	2,33%
I: Análisis	11	0,18%
K: Estadística	156	2,56%
M: Modelización matemáticas. Matemáticas aplicadas	134	2,20%
N: Matemáticas numéricas	39	0,64%
P: Informática	0	0,00%
Q: Educación en Informática	0	0,00%
R: Aplicaciones de la Informática	58	0,95%
U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa	101	1,66%
Total	6096	100,00%

Representamos la información de la tabla en un gráfico (Figura 7.14) en el que se aprecia claramente que las categorías con mayor presencia en la muestra son D, C y A. Por tanto, parece que los temas que más interesan a los autores que publican en la editoriales de la muestra son *Educación e instrucción en Matemáticas*, *Psicología de la Educación Matemática*, *Investigación en Educación Matemática* y *General, Matemáticas y Educación*.

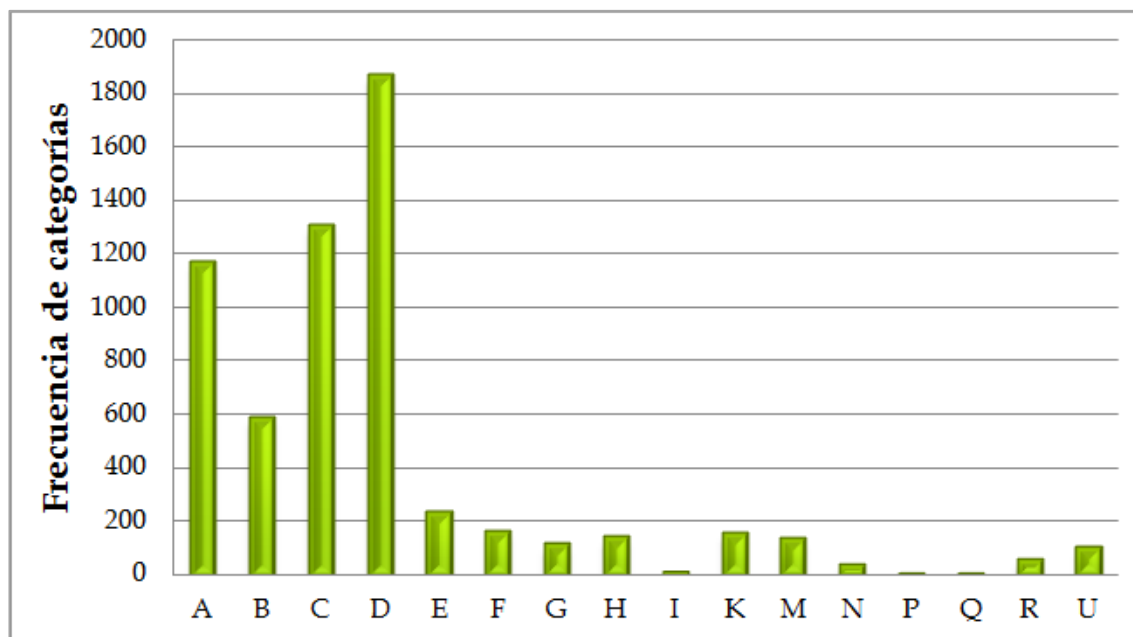


Figura 7.14 Frecuencia de categorías generales en la muestra

A continuación presentamos los resultados por subcategorías de cada variable, con este análisis podremos ver en qué temas trabajan los investigadores de Educación Matemática que publican en las editoriales que forman parte de nuestra muestra.

Cabe mencionar que las categorías Q y R, no aparecen como tales en el listado de MathEduc hasta mediados de la década del 2000. Anteriormente, se incluían dentro de la categoría U de materiales educativos y multimedia.

7.3.1. Variable A: General, Matemáticas y Educación

Cada una de las subcategorías de la variable A, representa en sí misma un muy genérico y amplio campo de la Educación Matemática, por tanto, se justifica que sea una de las que tiene más presencia en la muestra analizada.

La categoría A60 es la que más se presenta en los documentos analizados. Esta corresponde a actas e informes de conferencias. Sigue la subcategoría A40, lo que denota que hay una amplia preocupación por establecer relaciones entre Matemáticas y la sociedad.

Tabla 7.22 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable A

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
A10: Obras completas. Libros de referencia	66	1,08%
A20: Matemáticas recreativas. Juegos	0	0,00%
A30: Historia de las Matemáticas y Educación Matemática	80	1,31%

A40: Matemáticas y sociedad	200	3,28%
A50: Bibliografías	0	0,00%
A60: Actas. Informes de conferencias	824	13,52%
A70: Tesis doctorales y postdoctorales	0	0,00%
A80: Divulgación matemática	0	0,00%
A90: Varios	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	1170	19,19%

Ahora veremos la evolución en el tiempo de esta variable. Se observa que los temas generales de Matemáticas y Educación despiertan más interés desde el año 2006, alcanzando en 2009 el punto más alto de la producción en esta temática.

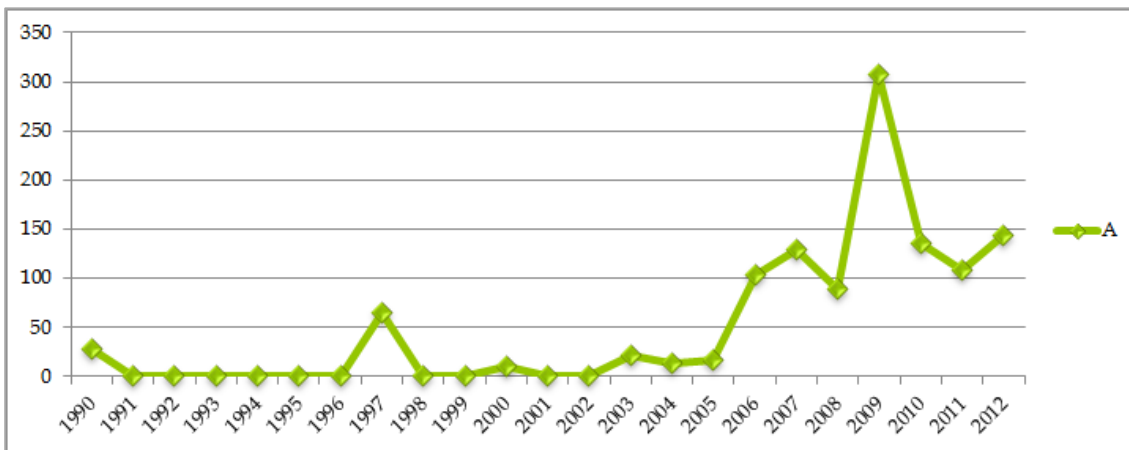


Figura 7.15 Evolución diacrónica de la variable A

7.3.2. Variable B: Política educativa y sistemas educativos

La variable B corresponde a *Política educativa y sistemas educativos*, así que la conformarán, a grandes rasgos, libros y capítulos de libros que traten sobre currículos y estándares (3,81%). Vemos que también tienen una presencia considerable, dentro de la categoría, la formación de profesorado.

Tabla 7.23 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable B

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
B10: Investigación educativa y planificación	88	1,44%
B20: Educación general	47	0,77%
B30: Educación vocacional	0	0,00%
B40: Educación superior	0	0,00%
B50: Formación de profesorado	204	3,35%
B60: Educación de adultos y educación extraescolar	18	0,30%
B70: Planes de estudios. Estándares	232	3,81%

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
Total de documentos de esta categoría	589	9,66%

Llama la atención que no haya ningún documento relativo a la educación superior, quizás es un indicador de que la Educación Matemática no interesa mucho a niveles universitarios.

La evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra nos permite observar que ha sido una temática presente prácticamente en todo el periodo de tiempo, siendo 2008 y 2010 los años en los que más se ha publicado sobre ella.

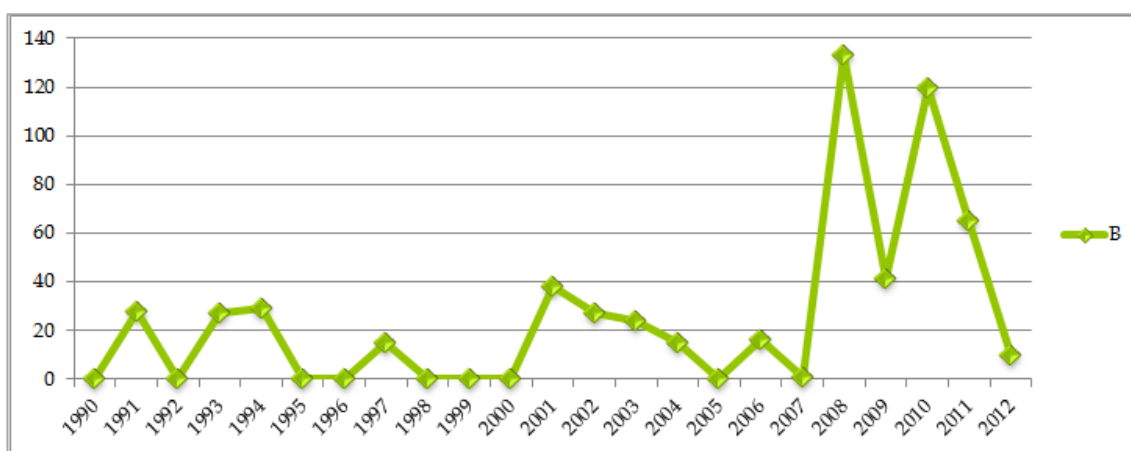


Figura 7.16 Evolución diacrónica de la variable B

7.3.3. Variable C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática

En esta categoría destaca el número de trabajos relacionados con teorías de aprendizaje, los aspectos sociológicos del aprendizaje y los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Tabla 7.24 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable C

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
C10: Obras completas	199	3,26%
C20: Aspectos afectivos	54	0,89%
C30: Procesos cognitivos. Teorías de aprendizaje	318	5,22%
C40: Inteligencia y actitudes	52	0,85%
C50: Lenguaje y comunicación verbal	94	1,54%
C60: Aspectos sociológicos del aprendizaje	316	5,18%
C70: Proceso de enseñanza-aprendizaje	264	4,33%
C90: Temas variados	14	0,23%

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
Total de documentos de esta categoría	1311	21,51%

En la gráfica de la evolución diacrónica de la variable C se observa un creciente aumento en los últimos seis años, muestra de un mayor interés por parte de los autores en esta temática.

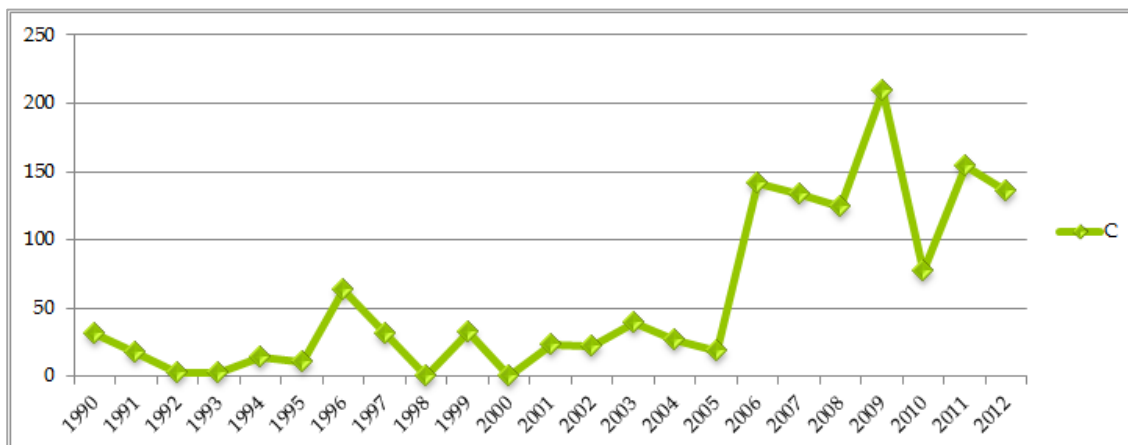


Figura 7.17 Evolución diacrónica de la variable C

7.3.4. Variable D: Educación e instrucción en Matemáticas

La categoría de Educación e instrucción en Matemáticas es una de la más frecuente en la muestra. Los resultados mostrados en la *Tabla 7.25*, evidencian que a los investigadores del área les interesan especialmente las contribuciones filosóficas y teóricas, así como los estudios comparativos. En contra de lo que podría esperarse, hay pocos estudios que se dediquen a analizar las dificultades de aprendizaje y errores de los estudiantes.

Tabla 7.25 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable D

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
D10: Obras completas en Educación Matemática. Estudios comparativos	524	8,60%
D20: Contribuciones filosóficas y teóricas a la Didáctica de la Matemática	506	8,30%
D30: Objetivos y metas	376	6,17%
D40: Métodos de enseñanza y técnicas de clase	344	5,64%
D50: Enseñanza sobre resolución de problemas y estrategias heurísticas. Planteamiento de problemas	33	0,54%
D60: Evaluación de los estudiantes, el control de realización y calificación	79	1,30%
D70: Dificultades de aprendizaje y errores de los estudiantes	1	0,02%

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
D80: Unidades de enseñanza y diseño de sesiones	7	0,11%
Total de documentos de esta categoría	1870	30,68%

La evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra indica que solo hay 4 años en los que no se ha publicado nada al respecto. A partir del año 2003 ha sido un tema recurrente, siendo 2008 el año de mayor producción.

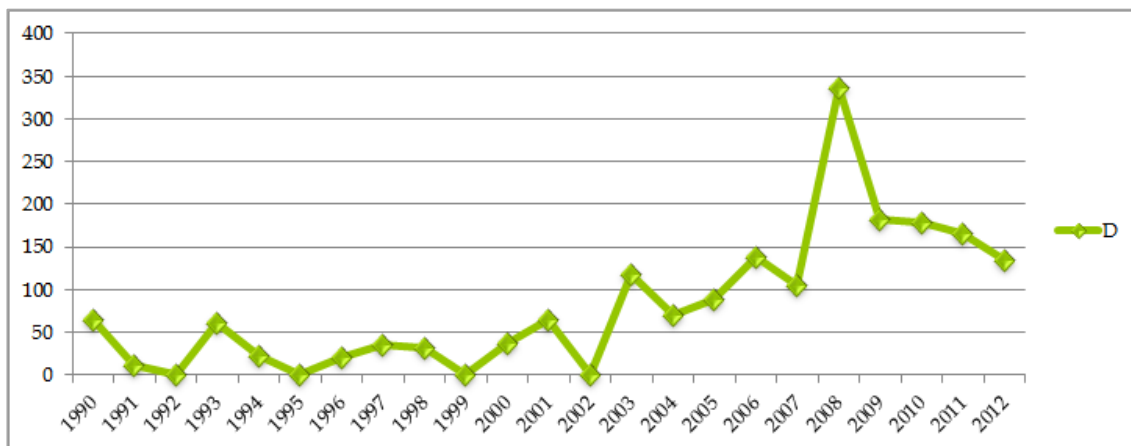


Figura 7.18 Evolución diacrónica de la variable D

7.3.5. Variable E: Fundamentos de las matemáticas

En la variable relativa a los *Fundamentos de las Matemáticas* observamos que nuevamente destaca la presencia de trabajos que relacionan las Matemáticas y la Filosofía, al igual que ocurría con la variable D. Asimismo, otros de los temas más recurrentes dentro de esta categoría son el de *razonamientos matemáticos en el aula* y el de *lenguaje de las Matemáticas*.

Tabla 7.26 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable E

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
E10: Obras completas	0	0,00%
E20: Filosofía y Matemáticas	70	1,15%
E30: Lógica	0	0,00%
E40: Lenguaje de las Matemáticas	75	1,23%
E50: Razonamiento y métodos de demostración en el aula de Matemáticas	86	1,41%
E60: Conjuntos. Relaciones. Teoría de conjuntos	0	0,00%
E70: Varios	7	0,11%
Total de documentos de esta categoría	238	3,90%

La evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra refleja muchos altibajos después de seis años seguidos sin producción (entre 1992 y 1997).

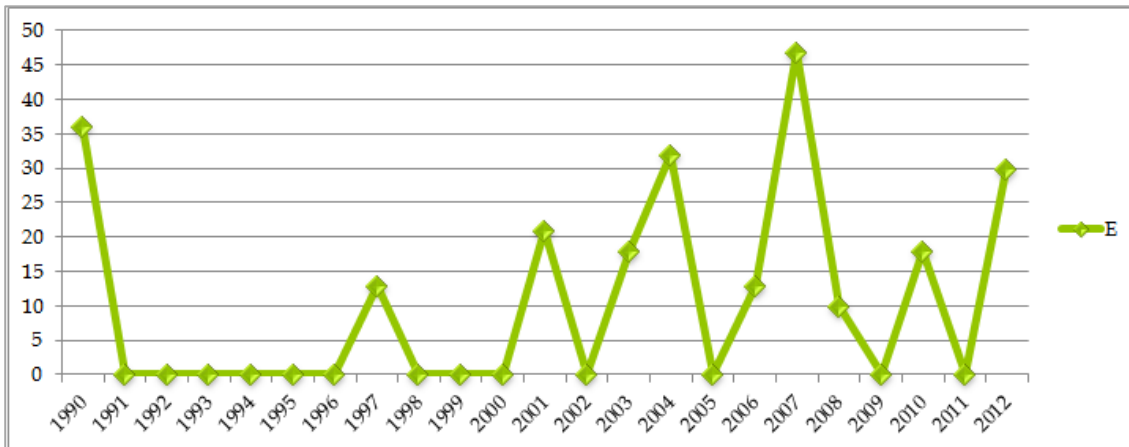


Figura 7.19 Evolución diacrónica de la variable E

7.3.6. Variable F: Aritmética. Teoría de números

En general, en la muestra de estudio no hay muchos trabajos relacionados con la temática de la aritmética. Llama la atención, por ejemplo, que no haya ningún trabajo relacionado con la etapa prenumérica y el concepto de número.

Tabla 7.27 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable F

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
F10: Obras completas en aritmética	17	0,28%
F20: Etapa prenumérica. Concepto de número	0	0,00%
F30: Números naturales	11	0,18%
F40: Enteros. Números racionales	43	0,71%
F50: Números reales. Números complejos	0	0,00%
F60: Teoría de números	11	0,18%
F70: Medida y unidades	32	0,52%
F80: Razón y proporción. Porcentajes	31	0,51%
F90: Matemáticas en la vida real. Aritmética práctica	18	0,30%
Total de documentos de esta categoría	163	2,67%

En la evolución diacrónica de esta variable se observa que el periodo en que más se trabaja en temas relacionados con la aritmética es en los años 2002 y 2003.

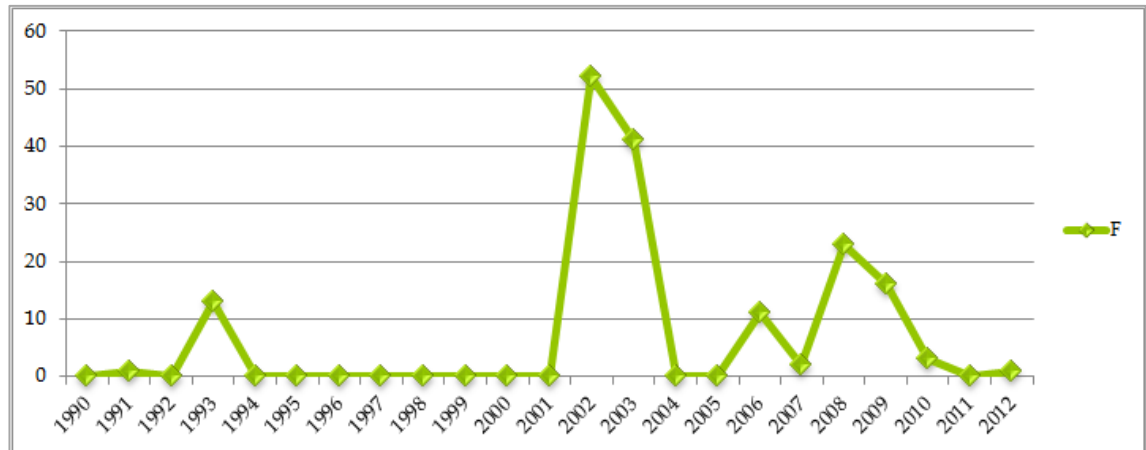


Figura 7.20 Evolución diacrónica de la variable F

7.3.7. Variable G: Geometría

La Geometría históricamente ha sido la gran olvidada en las matemáticas escolares y tampoco parece interesar mucho a los investigadores del área ya que solo un 1,87% de la producción de la muestra trata sobre esta temática.

Tabla 7.28 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable G

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
G10: Obras completas en Geometría y enseñanza de la Geometría	91	1,49%
G20: Geometría informal	1	0,02%
G30: Áreas y volúmenes	1	0,02%
G40: Geometría sólida y del plano	20	0,33%
G50: Transformaciones geométricas	0	0,00%
G60: Trigonometría	0	0,00%
G70: Geometría analítica. Álgebra vectorial	1	0,02%
G80: Geometría descriptiva	0	0,00%
G90: Temas variados en geometría	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	114	1,87%

La gráfica de la evolución diacrónica de la variable muestra que solo hubo documentos publicados en esta temática en cuatro años dentro del intervalo de tiempo analizado: 1998, 2008, 2009 y 2010.

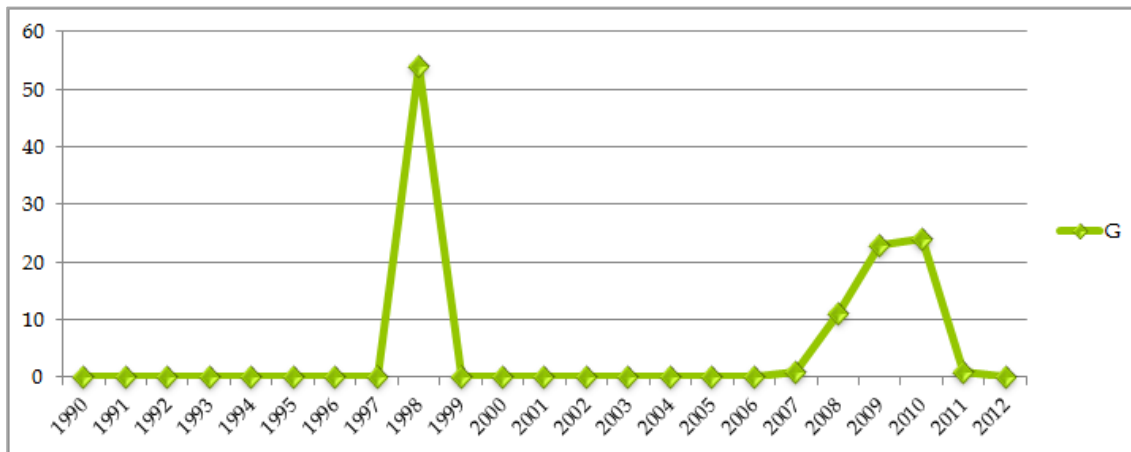


Figura 7.21 Evolución diacrónica de la variable G

7.3.8. Variable H: Álgebra

En la temática recogida en la variable H vemos que no hay ningún trabajo en áreas específicas del álgebra que se trabajan normalmente en estudios superiores, como son grupos, anillos y cuerpos o estructuras algebraicas ordenadas. Imaginamos que esto está ligado a que no hay muchas publicaciones sobre educación superior, que es donde se suelen tratar estos temas. Pero llama la atención que tampoco haya trabajos específicos de ecuaciones e inecuaciones, temas que resultan de gran interés y donde los estudiantes suelen encontrar grandes dificultades en la etapa de educación secundaria.

Tabla 7.29 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable H

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
H10: Obras completas en Álgebra y en la enseñanza del Álgebra	118	1,94%
H20: Álgebra elemental	15	0,25%
H30: Ecuaciones e inecuaciones	0	0,00%
H40: Grupos, anillos y cuerpos	0	0,00%
H50: Estructuras algebraicas ordenadas	0	0,00%
H60: Álgebra lineal	5	0,08%
H70: Temas variados en Álgebra	4	0,07%
Total de documentos de esta categoría	142	2,33%

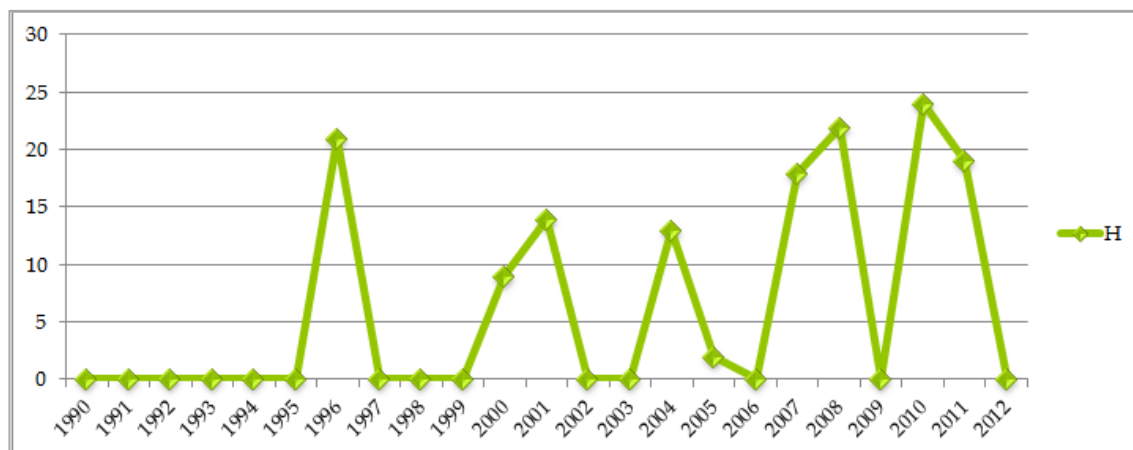


Figura 7.22 Evolución diacrónica de la variable H

Vemos que hasta el año 1995 no se publica ningún trabajo relacionado con esta temática, y a partir de ese año el comportamiento es muy irregular.

7.3.9. Variable I: Análisis

Las 11 etiquetas de esta categoría aparecen en el mismo año, en 1993. Esto se debe a que ese año se publica una investigación bastante completa sobre la enseñanza y aprendizaje de la representación gráfica de funciones, que además abarca reflexiones sobre el currículo y la evaluación de esta rama de la Matemática.

Tabla 7.30 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable I

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
I10: Obras completas en Cálculo y en la enseñanza del Cálculo	0	0,00%
I20: Aplicaciones y funciones	11	0,18%
I30: Sucesiones y series	0	0,00%
I40: Cálculo diferencial	0	0,00%
I50: Cálculo integral	0	0,00%
I60: Funciones de varias variables	0	0,00%
I70: Ecuaciones funcionales	0	0,00%
I80: Análisis de funciones complejas	0	0,00%
I90: Temas variados en Análisis	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	11	0,18%

7.3.10. Variable K: Estadística

Se observa que las temáticas más trabajadas dentro de la categoría de estadística son la estadística descriptiva y la inferencia estadística, además de los trabajos

genéricos. Esto, nuevamente puede estar ligado al nivel educativo en el que se centran los trabajos, ya que estas subcategorías son las que se suelen trabajar en Educación Primaria y Secundaria. El resto de subcategorías son propias de estudios superiores.

Tabla 7.31 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable K

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
K10: Obras completas en Estadística	43	0,71%
K20: Combinatoria	17	0,28%
K30: Teoría de grafos	0	0,00%
K40: Estadística descriptiva	37	0,61%
K50: Teoría de Probabilidad	15	0,25%
K60: Distribuciones y procesos estocásticos	0	0,00%
K70: Inferencia estadística	37	0,61%
K80: Correlación y regresión	0	0,00%
K90: Temas variados en Estadística	7	0,11%
Total de documentos de esta categoría	156	2,56%

Veamos la evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra. Se aprecia un gran pico en el año 2011 y otros de menor envergadura en 1991, 1998 y 2006.

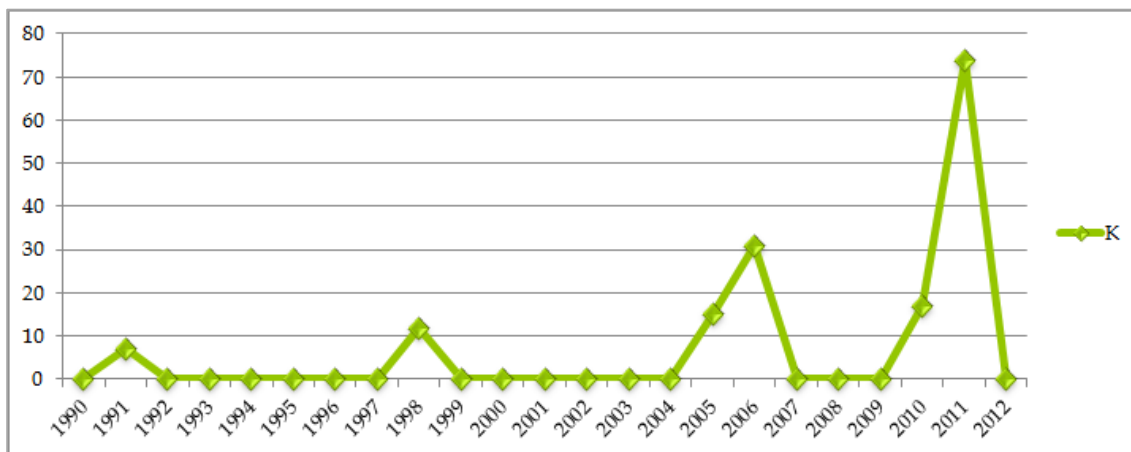


Figura 7.23 Evolución diacrónica de la variable K

7.3.11. Variable M: Modelización matemática. Matemáticas aplicadas

Esta categoría temática se ha presentado en 134 ocasiones, la mayoría de ellas relacionadas con la modelización matemática y la interdisciplinariedad. Cabe mencionar que casi no hay trabajos de matemáticas aplicadas, tan solo aparece un documento relacionado con el arte, la música, el lenguaje o la arquitectura. Este dato nos

hace reflexionar sobre el aparente escaso interés de la educación matemática por las aplicaciones de la Matemática, podríamos decir que hay una descontextualización dentro de la Educación Matemática.

Tabla 7.32 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable M

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
M10: Modelización matemática. Interdisciplinariedad	119	1,95%
M20: Matemáticas en la formación vocacional en las carreras de Educación	14	0,23%
M30: Matemáticas financieras	0	0,00%
M40: Investigación de operaciones económicas	0	0,00%
M50: Física. Astronomía. Tecnología. Ingeniería	0	0,00%
M60: Biología. Química. Medicina	0	0,00%
M70: Ciencias Sociales y del comportamiento	0	0,00%
M80: Arte. Música. Lenguaje. Arquitectura	1	0,02%
M90: Aplicaciones variadas	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	134	2,20%

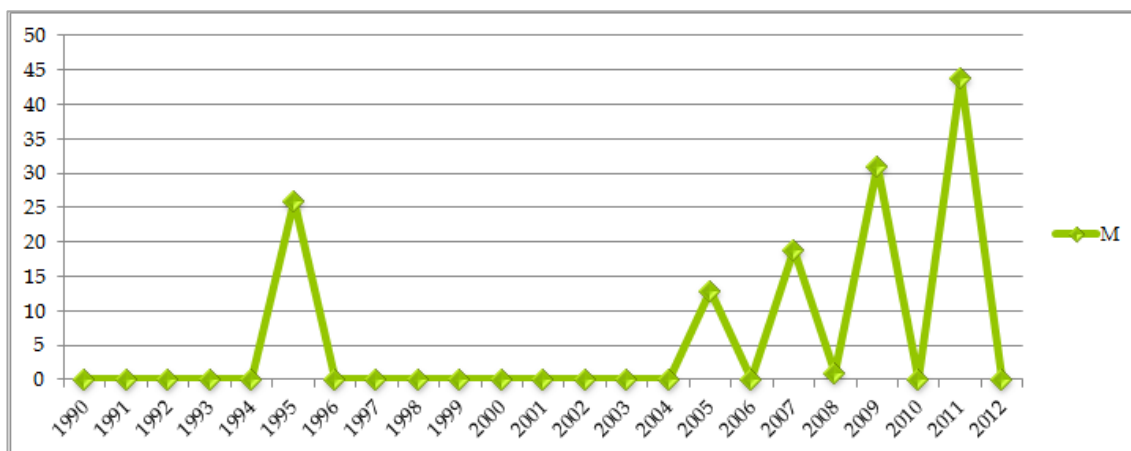


Figura 7.24 Evolución diacrónica de la variable M

Como se observa en la gráfica, se recogen investigaciones en la temática de modelización y Matemáticas aplicadas por primera vez en 1995. No se vuelve a publicar libros sobre el tema hasta 2005. A partir de ahí, observamos la presencia de publicaciones relacionadas con esta temática cada dos años.

7.3.12. Variable N: Matemáticas numéricas

Solo aparecen 39 documentos etiquetados con esta categoría, todos referidos a *Matemáticas discretas* y al *Álgebra numérica*.

Tabla 7.33 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable N

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
N10: Obras completas en matemáticas completas	0	0,00%
N20: Redondeo, estimación. Teoría de errores	0	0,00%
N30: Álgebra numérica	11	0,18%
N40: Análisis numérico	0	0,00%
N50: Interpolación y aproximación	0	0,00%
N60: Programación matemática	0	0,00%
N70: Matemáticas discretas	28	0,46%
N90: Temas variados en Matemáticas numéricas	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	39	0,64%

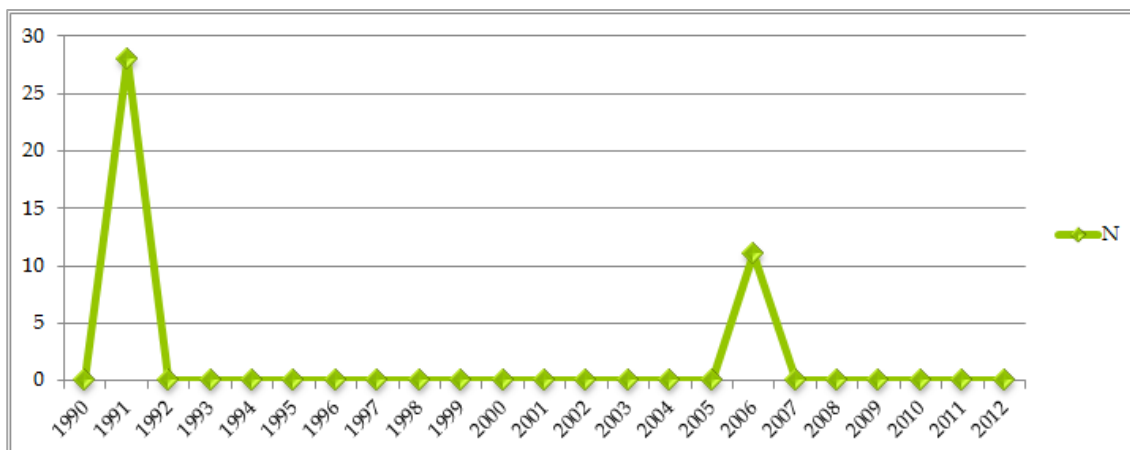


Figura 7.25 Evolución diacrónica de la variable N

En la evolución diacrónica de la temática *Matemáticas numéricas* observamos que solo aparecen publicaciones relacionadas con este tema en 1991 y 2006.

7.3.13. Variables P: Informática y Variable Q: Educación Informática.

De estas dos categorías no se ha registrado documento alguno en el periodo de tiempo analizado.

7.3.14. Variable R: Aplicaciones de la Informática

En esta categoría solo encontramos documentos relacionados con la subcategoría de *Aplicaciones de la Informática en la Matemáticas*, un total de 58 documentos, algo puramente anecdótico, ya que no llega ni al 1% de etiquetas de la muestra.

Tabla 7.34 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable R

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
R10: Obras completas y colecciones de programas	0	0,00%
R20: Aplicaciones en Matemáticas	58	0,95%
R30: Aplicaciones en Ciencias	0	0,00%
R40: Inteligencia artificial	0	0,00%
R50: Bases de datos. Sistemas de información	0	0,00%
R60: Gráficos por ordenador	0	0,00%
R70: Programas de usuario. Aplicaciones ofimáticas	0	0,00%
R80: Informática recreativa	0	0,00%
R90: Aplicaciones varias	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	58	0,95%

Analizamos la evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra. En la gráfica se aprecia que el tema de las aplicaciones de la Informática a la Educación Matemática es relativamente reciente, ya que no aparece ninguna investigación sobre ello hasta 2005.

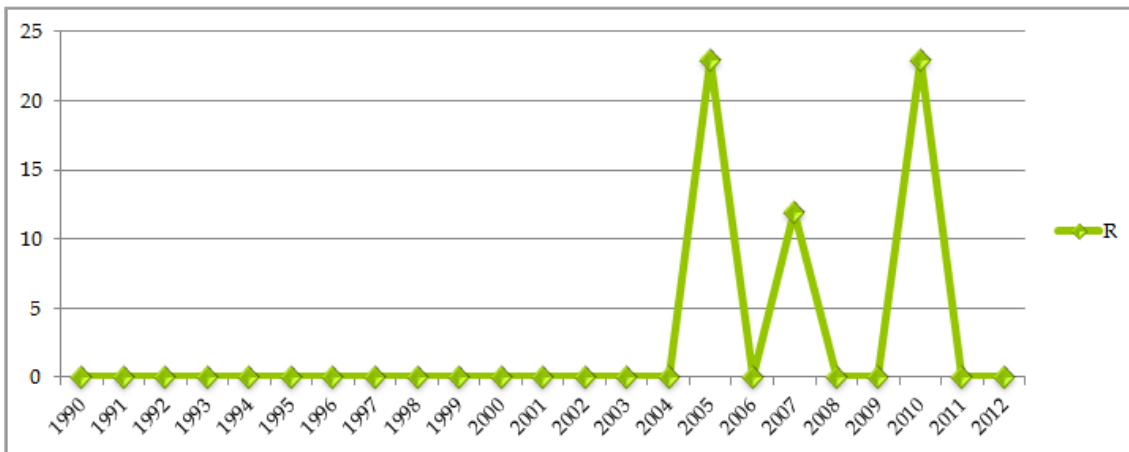


Figura 7.26 Evolución diacrónica de la variable R

7.3.15. Variable U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa

De los 101 documentos etiquetados con esta categoría, el 80% están dedicadas a herramientas tecnológicas, no apareciendo ningún trabajo relacionado con otros temas que consideramos de relevancia para la Educación Matemática, como pueden ser los materiales manipulativos.

Tabla 7.35 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable U

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
U10: Obras completas	18	0,30%
U20: Libros de texto. Análisis de libros de texto	0	0,00%
U30: Manuales para el profesorado y programaciones	1	0,02%
U40: Libros de problemas, preguntas de competiciones y exámenes	0	0,00%
U50: Instrucción asistida por ordenador; e-learning; ordenador como medio educativo	48	0,79%
U60: Materiales manipulativos	0	0,00%
U70: Herramientas tecnológicas. Calculadoras	34	0,56%
U80: Medios audiovisuales	0	0,00%
U90: Temas variados en materiales educativos	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	101	1,66%

La evolución diacrónica de la variable en el intervalo de tiempo de la muestra informa que solo ha habido publicaciones sobre el tema en cuatro años: 1990, 1992, 2005 y 2010.

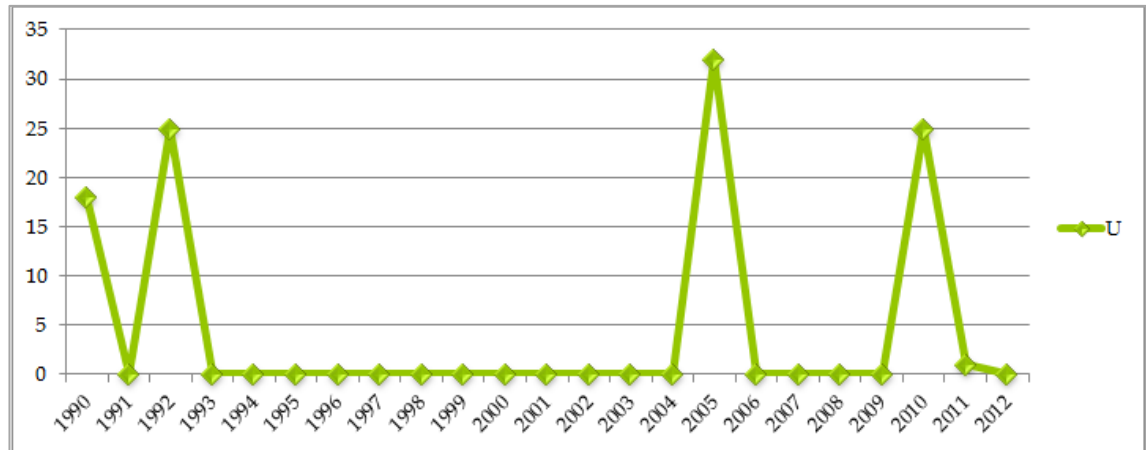


Figura 7.27 Evolución diacrónica de la variable U

7.3.16. Análisis de las variables conceptuales por países

En la siguiente tabla se muestra la distribución de frecuencias de las variables conceptuales por países, esto nos permite identificar las agendas de investigación de cada país.

Tabla 7.36 Frecuencias de variables conceptuales por países

País	Categorías MathEduc														Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	M	N	R	U	
Australia	144	27	89	173	16	3	5	8	0	16	4	1	10	11	507
Holanda	28	14	31	46	7	24	8	18	0	0	3	0	3	4	186
Alemania	68	10	45	69	3	2	4	0	0	12	9	0	4	2	228
Brazil	33	13	19	26	4	0	1	4	0	4	0	0	2	3	109
Canada	105	25	93	142	22	10	2	18	1	9	20	1	9	12	469
China	27	15	31	42	4	2	1	0	0	2	2	0	0	1	127
Dinamarca	55	7	34	52	3	0	5	0	0	0	2	0	1	1	160
España	40	15	21	47	6	0	2	3	0	12	1	0	0	1	148
Finlandia	45	2	5	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83
Francia	56	10	33	64	11	0	8	11	0	3	0	0	11	18	225
Israel	54	16	65	52	12	4	3	6	2	5	0	0	2	2	223
Italia	46	5	24	47	13	2	6	3	0	2	3	0	3	4	158
Noruega	39	2	9	49	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	102
Nueva Zelanda	36	5	20	38	5	0	1	1	0	5	1	0	1	3	116
Suecia	41	5	16	30	1	3	0	1	0	0	5	0	0	1	103
Sur Africa	37	14	35	43	5	0	3	0	0	5	0	0	4	2	148
Reino Unido	61	18	50	74	10	2	1	3	0	8	3	0	7	9	246
USA	194	199	329	438	62	56	22	26	6	45	39	13	17	28	1474
Total	1109	402	949	1463	184	108	73	102	9	128	92	15	75	103	4812
Porcentaje	23%	8%	19,7%	30,4%	3,8%	2,2%	1,5%	2,1%	0,2%	2,7%	1,9%	0,3%	1,6%	2,1%	100,0%

Vemos que hay una alta presencia de categoría en USA, Australia y Canadá, en contraste con los países nórdicos.

También podemos observar la categoría D: *Educación e Instrucción en Matemáticas*, es la más representada en la producción de libros de Educación Matemática a nivel internacional, tan solo hay cinco países con mayor número de documentos relativos a otra temática distinta de esta. Se confirma que la categoría A: *General, Matemáticas y Educación*, también cuenta con mucha presencia en caso todos los países. Ambas representan más de la mitad de todas las producciones en cuanto a temáticas.

A parte de las categorías con mayor presencia, cabe destacar que en España hay un interés considerable por la *Estadística*. En Canadá por la *Modelización matemática. Matemáticas aplicadas* y en Francia por los *Materiales educativos y multimedia. Tecnología Educativa*.

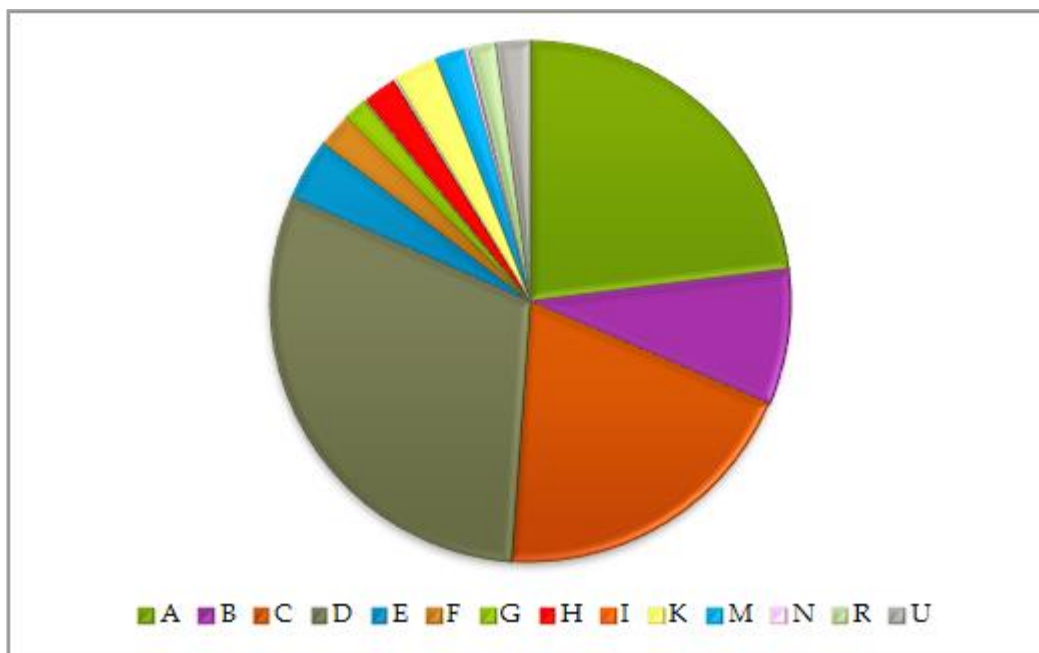


Figura 7.28 Diagrama de sectores del porcentaje de categorías

7.4. Análisis de colaboración

7.4.1. Colaboración en autoría

En la muestra de estudio contamos con 2947 autores y autoras, que firman un total de 2917 trabajos, dando lugar a 5498 firmas.

Índice de colaboración (IC)

Este índice nos proporciona el número medio de autores por documento. Viene dado por la expresión

$$IC = \sum_{i=1}^N \frac{j_i \cdot n_j}{N} = \frac{5498}{2917} = 1.88$$

Este índice de colaboración es inferior al obtenido por Jiménez-Fanjul, Maz-Machado y Bracho-López (2013) para los autores que publican en revistas de Educación Matemática indexadas en WoS (2,14). Pero sí está cercano a los valores obtenidos en otros estudios centrados en revistas españolas como son Enseñanza de las Ciencias (1,84) o Suma (1,74) (Bracho-López et al., 2012; Maz-Machado, Torralbo-Rodríguez, Vallejo-Ruíz, Fernández-Cano, & Rico, 2009).

En la siguiente tabla hacemos el desglose del índice de colaboración por editorial. A este respecto cabe mencionar que *ICMI Study Books* no se trata precisamente de una editorial, sino de una serie de libros publicados por la *International Commission on Mathematics Instruction*. A lo largo de su historia, estos se han publicado por diferentes editoriales, concretamente, *Cambridge University Press*, *Kluwer* y *Springer*. En este trabajo seguiremos tratándola como una editorial única, si bien teniendo presente esta puntualización. Al mismo tiempo hay que manifestar que los volúmenes publicados en Springer pertenecientes a esta colección no se han tenido en cuenta dentro de dicha editorial.

Tabla 7.37 Índice de colaboración por editoriales

Editorial	% Trabajos individuales	% Trabajos en colaboración	Índice de colaboración
IAP	58,5	41,5	1,674
ICMI Study Books	51,74	48,26	2,448
NCTM Yearbooks	46,3	53,7	1,910
Routledge	46	54	1,980
SensePublisher	48,69	51,31	1,826
Springer	58,70	41,30	1,596
Total	51,39	48,61	1,882

Vemos que el índice de colaboración más alto lo presentan los libros de la serie *ICMI Study Books*. Según Ajiferuke, Burrell y Tague (1988) este indicador no es fácil de interpretar puesto que no es un valor que esté normalizado, pero podemos afirmar que el valor del índice de colaboración obtenido para esta muestra resulta con una media ponderada de 1,882 autores por documento.

A continuación mostramos el análisis diacrónico de la autoría. En la gráfica de la Figura 7.29 se observa que la producción individual y la producción en colaboración tienen un comportamiento muy parecido. Si bien, cabe precisar que a partir de 2010 empiezan a percibirse diferencias.

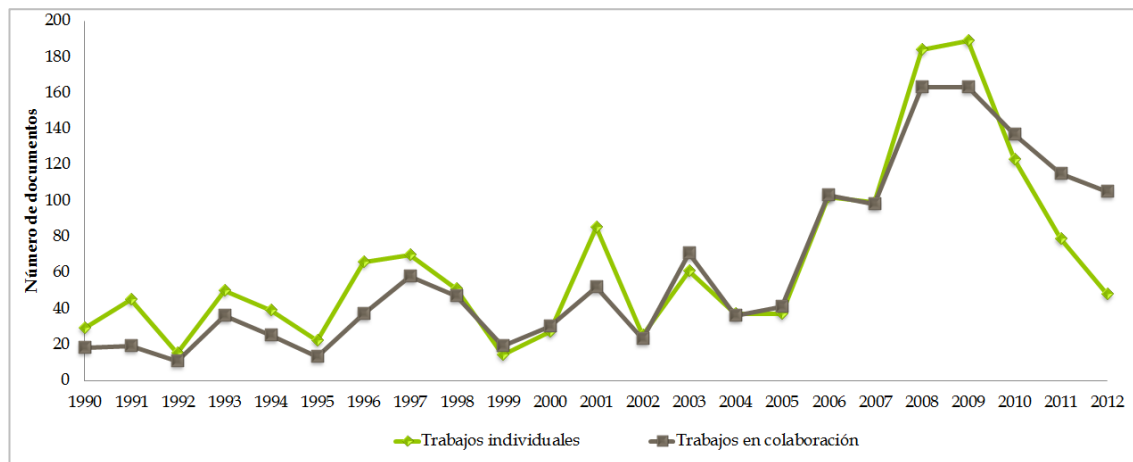


Figura 7.29 Representación diacrónica de la autoría

Grado de colaboración (GC)

Nos informa sobre la proporción de documentos de autoría múltiple en una muestra dada. Su resultado es un valor entre 0 y 1. Viene dado por la expresión:

$$GC = \frac{N_m}{N_m + N_s} = \frac{1420}{2917} = 0.49$$

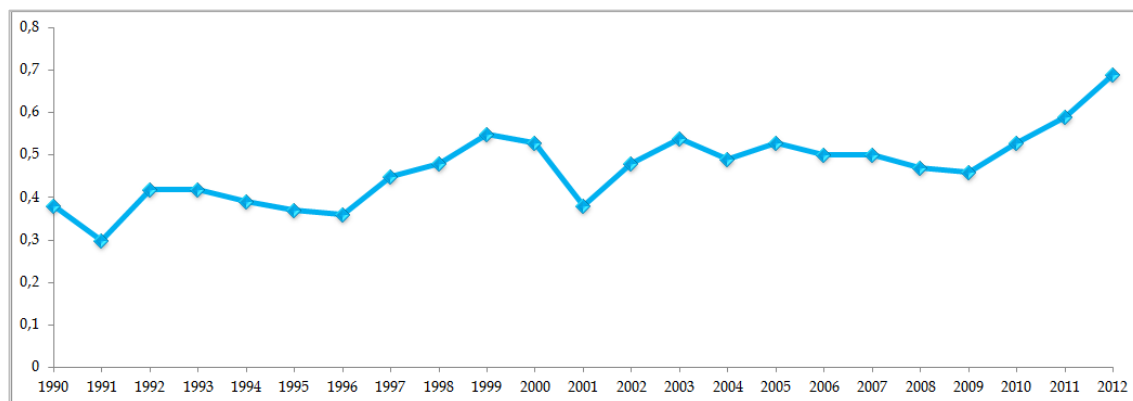


Figura 7.30 Representación diacrónica del grado de colaboración de autores

Se aprecia que el grado de colaboración no ha tenido una variación continua a lo largo del periodo estudiado.

Coefficiente de colaboración (CC)

Nuevamente es un coeficiente cuyo valor oscila entre 0 y 1. Se obtiene a partir de la expresión

$$CC = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{1}{\bar{j}_i}\right) \cdot n_{ji}}{N} = 0.20$$

A la vista de los resultados, podemos afirmar que los tres indicadores de colaboración dan valores relativamente bajos, por lo que se infiere que la colaboración entre autores no es muy frecuente en la muestra estudiada.

7.4.2. Indicadores de colaboración según género

Si analizamos la colaboración por género, en la gráfica de la *Figura 7.31*, se observa que los autores varones suelen trabajar más en solitario que las autoras. Solo hay tres años en los que la producción de autoras en solitario es mayor que la de los varones: 1996, 2004 y 2006.

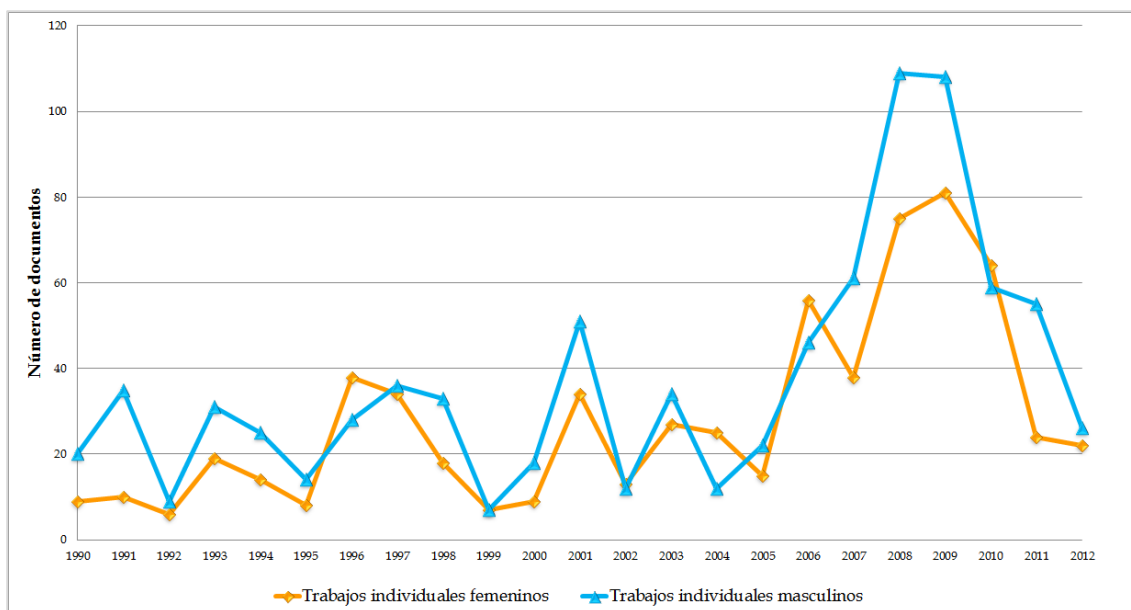


Figura 7.31 Comparativa de género en la producción individual

En cambio, si comparamos la producción de publicaciones en colaboración con colegas del mismo sexo, con colaboraciones mixtas, los resultados son más dispares. Notamos que la colaboración mixta es la mayor. Asimismo, observamos que la colaboración entre autoras exclusivamente y la colaboración entre autores masculinos exclusivamente no presenta grandes diferencias.

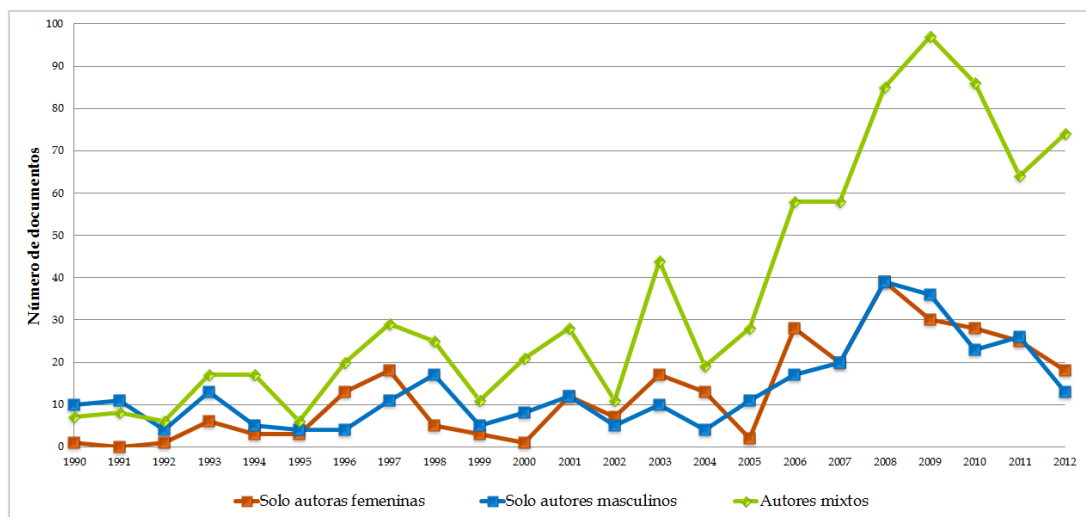


Figura 7.32 Comparativa por género de las publicaciones en coautoría

Calculamos el grado de colaboración en el grupo de autores masculinos y en el grupo de autoras, no tiene sentido calcularlo en el grupo mixto ya que siempre será 1. Así, obtenemos que para las autoras el grado de colaboración es de 0.31 y para los autores masculinos es de 0.26. Hallamos, entonces, que la colaboración es ligeramente menor entre los hombres.

En la gráfica de la Figura 7.33 mostramos la evolución diacrónica de este índice en ambos casos.

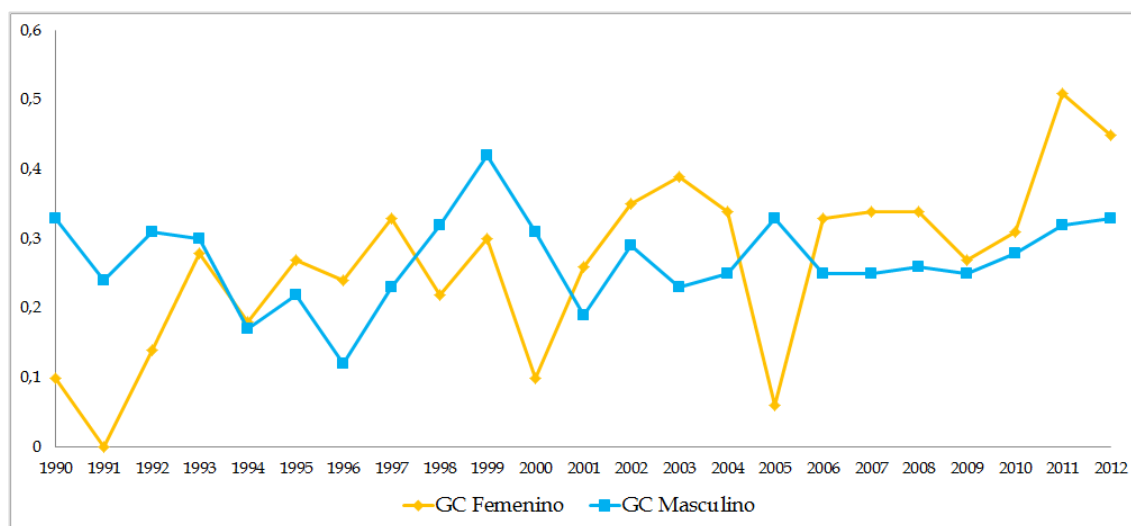


Figura 7.33. Evolución en el tiempo del grado de colaboración masculino y femenino

Se observa que el grado de colaboración entre autores masculinos es más estable, es decir, es más constante en el tiempo. En cambio el de las autoras presenta más inestable.

Cuando calculamos el índice de colaboración en cada uno de los tres grupos, es decir, el valor medio de número de autorías por documento, diferenciando por género, (Tabla 7.38) se confirma la misma situación que se presentaba en la gráfica de la *Figura 7.32* ya que en el grupo mixto hay mayor número de autorías por documento que en los grupos femenino y masculino.

Tabla 7.38. Número de autorías por documentos diferenciando por género

	Nº documentos	Nº autorías	Índice de colaboración
Femenino	938	1334	1,42
Masculino	1158	1547	1,34
Mixto	822	2621	3,19

7.4.3. Colaboración en países

Hallamos el grado de colaboración entre los países de los autores, para ello hemos contado el número de países distintos que aparecen en cada documento, de modo que si en un documento había dos autores de dos universidades distintas pero del mismo país se cuenta como un solo país. De esta forma hemos obtenido un grado de colaboración de 0,127. Un valor muy bajo, lo que nos indica que la colaboración entre países es casi inexistente.

Si observamos la evolución diacrónica de este indicador encontramos que a partir del año 2003 (con excepción del año 2007) la colaboración es mayor que en los años anteriores. Esto podría depender de las políticas de internacionalización que se han fomentado en el último decenio en diversas instituciones.

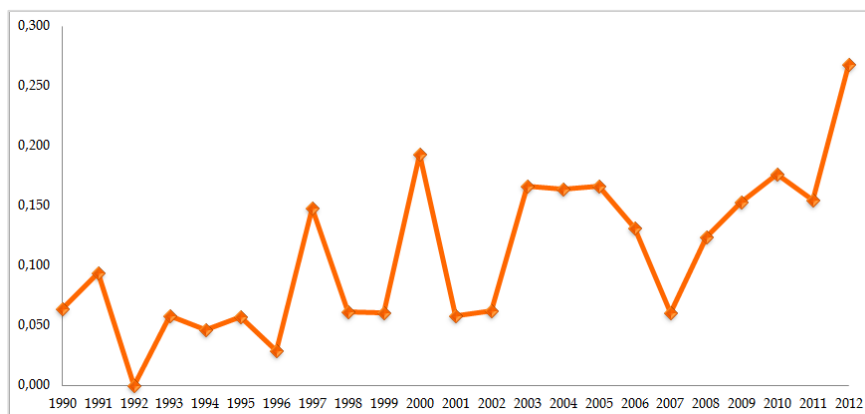


Figura 7.34. Evolución diacrónica del grado de colaboración entre países

Del análisis de colaboración entre países se obtiene que en el 87.28% de los documentos participa un solo país, en el 9.91% de los documentos participan dos países y en el 2.88% participan 3 o más países, por lo que la colaboración entre países es prácticamente anecdótica.

7.4.4. Colaboración en instituciones

La colaboración entre instituciones se obtiene a partir del análisis de la variable *Número de instituciones*. Realizamos el conteo de la misma forma que lo hemos hecho para autores y países. Así hemos obtenido un grado de colaboración de 0,33. Esto nos indica que la colaboración entre instituciones es un poco mayor que la colaboración entre países, pero en cualquier caso, sigue siendo muy baja. Esto se explica porque las instituciones colaboran más cuando pertenecen al mismo país

En la gráfica de la Figura 7.35 mostramos la evolución en el tiempo de este indicador de colaboración:

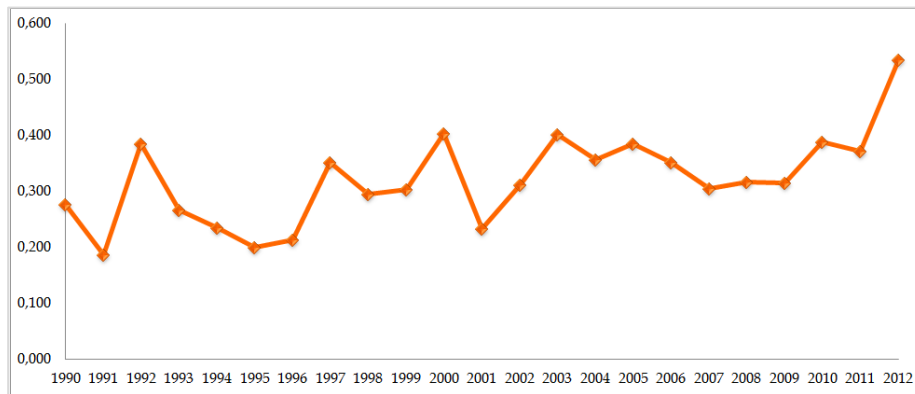


Figura 7.35 Evolución diacrónica del grado de colaboración entre instituciones

Se observa que durante todo el periodo tiempo analizado el índice de colaboración oscila entre 0,2 y 0,4, pero en el último año ese valor aumenta hasta 0,54.

7.4.5. Redes de colaboración de autoría

Para representar la red de colaboración de autores debemos construir la matriz de coautoría con los apellidos de los autores. Esta es una matriz cuadrada, en la que cada fila y cada columna va encabezada con el nombre de un autor, de forma que podamos establecer una correspondencia recíproca entre ellos. Para evitar la correspondencia de cada autor con él mismo anulamos la diagonal de la matriz.

En nuestro estudio esta matriz tendrá, por tanto, un tamaño de 2947x2947. Esta matriz se trabaja con el programa Pajek, que permite representar la red de colaboración a través de diversos tipos de grafos. La red completa, al tener tantos nodos, no permite una visualización cómoda para extraer información sobre la coautoría. Recurrimos entonces a técnicas de esquematización o poda que disminuyen el número de enlaces de forma que las relaciones con mayor frecuencia quedan más visibles.

Los métodos para la generación de grafos son muy diversos. En este estudio usaremos los algoritmos para la representación de grafos simples no dirigidos, concretamente, usamos el algoritmo de *Kamada Kawai*. La característica principal de este algoritmo es que busca la posición más adecuada para cada vértice, de forma que se genere un grafo funcional y atractivo, desde el punto de vista estético (Carro, 2002).

En la primera red de colaboración obtenida se observa una gran cantidad de nodos aislados de la red central que representa a los autores con colaboraciones nulas o muy esporádicas. De hecho el 70% de los autores ha publicado un solo documento.

En las redes de colaboración representadas con el programa VOSviewer, el tamaño de la letra y el tamaño del nodo son proporcionales al peso del elemento analizado, en este caso significa que, cuánta más producción tiene un autor, más grande es su nodo y su nombre. Los colores representan los diferentes clústeres, es decir, los grupos de autores que suelen colaborar, y las líneas representan las colaboraciones entre autores: cuanto más intenso es el color de la línea y más cerca están los nodos, más colaboración hay entre esos autores.

En la Figura 7.36 se observa en primer plano a autores como Grevholm, Bartolini Bussi o Pitombeira de Carvalho, que, si bien, no son los autores más productivos, normalmente trabajan en colaboración con otros autores, y además, con autores importantes, desde el punto de vista de la productividad. Podríamos decir que son autores muy bien posicionados. En cambio, el autor más productivo, Bharath Sriraman, no se percibe en esta representación general de la colaboración. Esto puede deberse, primero, a su bajo grado de colaboración y, segundo, a que su colaboración sea muy variada y no siempre con autores importantes desde el punto de vista de la productividad, adoptando un término social, es un autor menos “elitista”.

Calculamos el grado de centralidad de la red para mostrar aquellos autores con mayor grado:

Tabla 7.39 Grado de centralidad en la red de autores

Autor	Grado de centralidad	Autor	Grado de centralidad
Grevholm, B.	118	Carvalho e Silva, J.	72
Bergsten, C.	114	Jones, L.	72
Proulx, J.	104	Bekken, O.	70
Chapman, O.	100	DeBlois, L.	68
Rowland, T.	96	Winsløw, C.	68
Huckstep, P.	92	Furinghetti, F.	66
Pitombeira de Carvalho, J.	92	Sriraman, B.	66
Thwaites, A.	92	Tsamir, P.	66
Bednarz, N.	82	Novotná, J.	64
Tirosh, D.	82	Kahane, J-P.	62
Gellert, U.	80	Mewborn, D.S.	62
Bartolini Bussi, M.G.	79	Durand-Guerrier, V.	60
De Carvalho Correa de Oliveira, A.T.	78	Maheux, J-F.	60
Grugnetti, L.	78	Bloch, I.	58
Kadijevich, D.	78	Haapasalo, L.	58
Zhang, D.Z.	78	Nagaoka, R.	58
Arvold, B.	76	Carneiro Abrahão, A.	56

Autor	Grado de centralidad	Autor	Grado de centralidad
Gispert, H.	76	Chakalisa, P.A.	56
Kronfellner, M.	76	Favilli, F.	56
Krummheuer, G.	76	Gadanidis, G.	56
Lakoma, E.	76	Garegae, K.G.	56
Rosu, L.M.	76	Hofmannová, M.	56
Tzanakis, C.	76	Hvorecky, J.	56
Arcavi, A.	74	Johnson, Pa.	56

Si comparamos los datos de la Tabla 7.39 con los datos de Tabla 7.5 en la que mostramos los autores más productivos, se comprueba que la centralidad en la red de colaboración es independiente del número de documentos publicados. Luego, en la Figura 7.36 los nombre que se pueden leer más fácilmente corresponden a los autores con mayor grado de centralidad.

En la siguiente tabla mostramos el índice de intermediación de la red de autores. Este índice nos informa sobre el número de caminos mínimos que pasan por nodo, así podemos conocer los nodos que tienen más influencia para conectar a otros nodos entre sí, de forma que son nodos muy influyentes.

Tabla 7.40 Índice de intermediación de la red de colaboración de autores

Autor	Intermediación	Autor	Intermediación
Bartolini Bussi, M.G.	0,021783	Even, R.	0,006931
Silver, E.A.	0,020515	Clarke, D.	0,006899
Tirosh, D.	0,016441	De Carvalho Correa de Oliveira, A.T.	0,006898
Gravemeijer, K.	0,015428	Kenney, P.A.	0,006629
Huang, R.	0,015409	Lappan, G.T.	0,006408
Sriraman, B.	0,014301	Cobb, P.	0,006316
Chapman, O.	0,014029	Boero, P.	0,006302
Jones, G.A.	0,013605	Cai, J.	0,006230
Romberg, T.A.	0,013503	Clarke, D.J.	0,006191
Tarr, J.E.	0,012408	Herbel-Eisenmann, B.	0,006188
Van Den Heuvel-Panhuizen, M.	0,011792	Kieran, C.	0,006092
Leikin, R.	0,011394	Wood, T.	0,005991
Lehrer, R.	0,011163	Yerushalmy, M.	0,005897
Drijvers, P.	0,010251	Schoenfeld, A.H.	0,005755
Carpenter, T.P.	0,010162	Kadijevich, D.	0,005699
Arcavi, A.	0,010087	Koichu, B.	0,005667

Autor	Intermediación	Autor	Intermediación
Forgasz, H.J.	0,009830	Civil, M.	0,005521
Smith, M.	0,008986	Furinghetti, F.	0,005458
Hoyles, C.	0,008625	Moschkovich, J.N.	0,005292
Leung, A.	0,008469	Goos, M.	0,005149
Kaput, J.J.	0,008218	Artigue, M.	0,005146
Lesh, R.	0,007859	Tabach, M.	0,005007
Laborde, C.	0,007664	Batanero, C.	0,004844
Pehkonen, E.	0,007318	Kilpatrick, J.	0,004832
Miller, D.	0,007234	Mariotti, M.A.	0,004801

A continuación mostramos algunas ampliaciones de la red de colaboración de autores, que muestran más detalles sobre la colaboración entre autores, resaltando algunos colegas invisibles de la muestra.

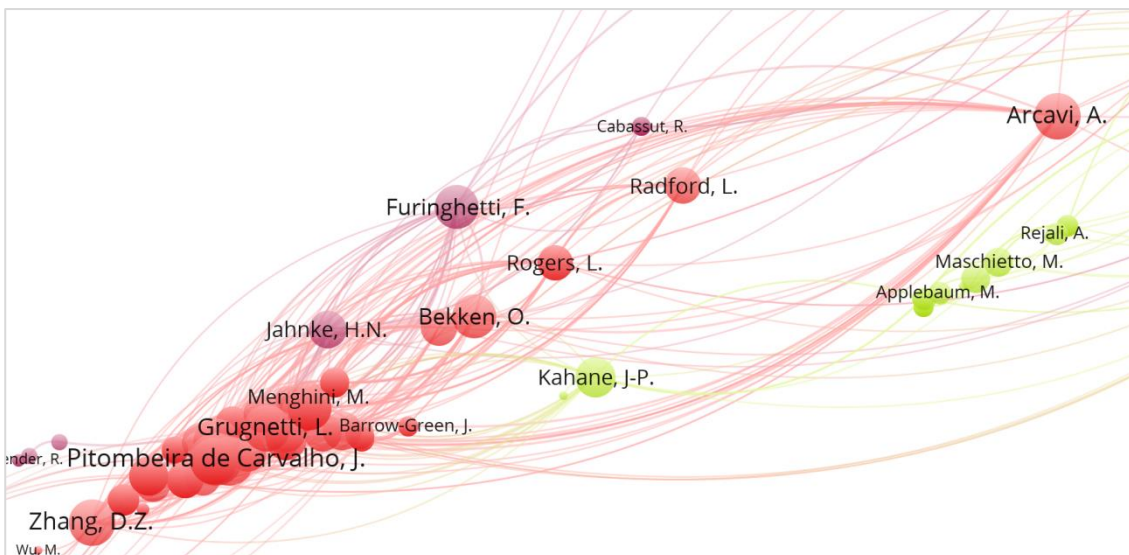


Figura 7.37 Red de colaboración de autores. Clúster 1

En la Figura 7.37 se observa la colaboración de, por ejemplo, Abraham Arcavi, de The Weizmann Institute of Science (Israel) con colegas del núcleo del clúster como Ptombeira de Carvalho (Brasil) o Lucia Grugnetti (Italia). Estos, a su vez, han colaborado con otros autores, como Luis Radford. Pero Radford y Arcavi no han publicado juntos ningún documento de la muestra.

Ponemos de manifiesto cómo el estudio de las redes ofrece mucha información sobre la colaboración, difícil de obtener por otros cauces.

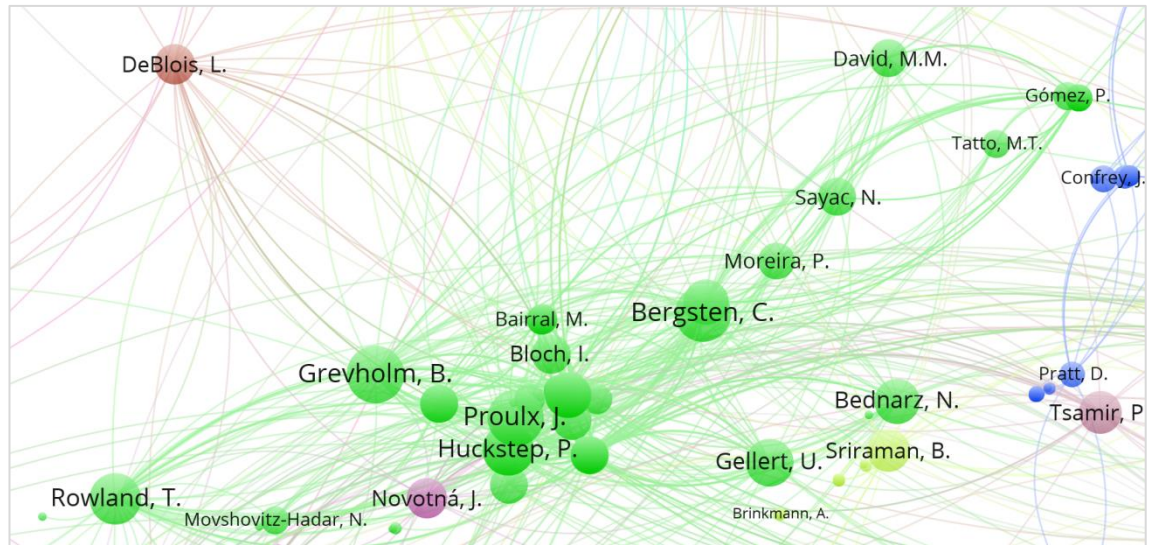


Figura 7.38 Red de colaboración de autores. Clúster 2

En la Figura 7.38 se observa con más detalle el colegio invisible en el que se encuentra autores como Grevholm perteneciente a la Lund University (Suecia), Gellert de la Freie Universität (Alemania) o Moreira de la Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil). Aunque se observa más colaboración con Bergsten de la Linköping Universitet (Suecia), ambos pertenecen a universidades suecas.

7.4.6. Redes de colaboración de autoría según género

Es interesante analizar las redes de colaboración entre autores atendiendo a la clasificación de género, así obtenemos las siguientes redes:

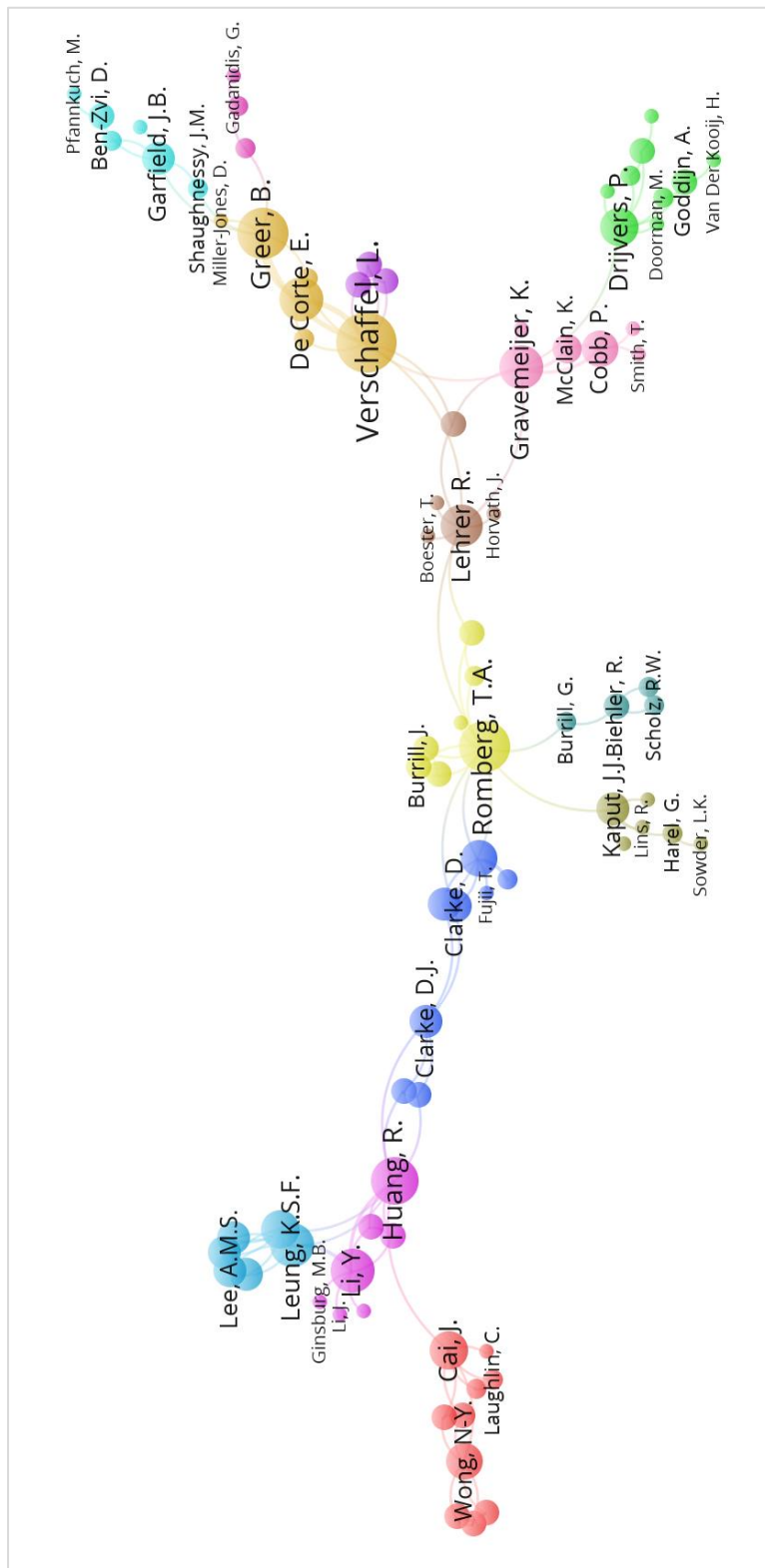


Figura 7.39 Red de colaboración entre autores masculinos

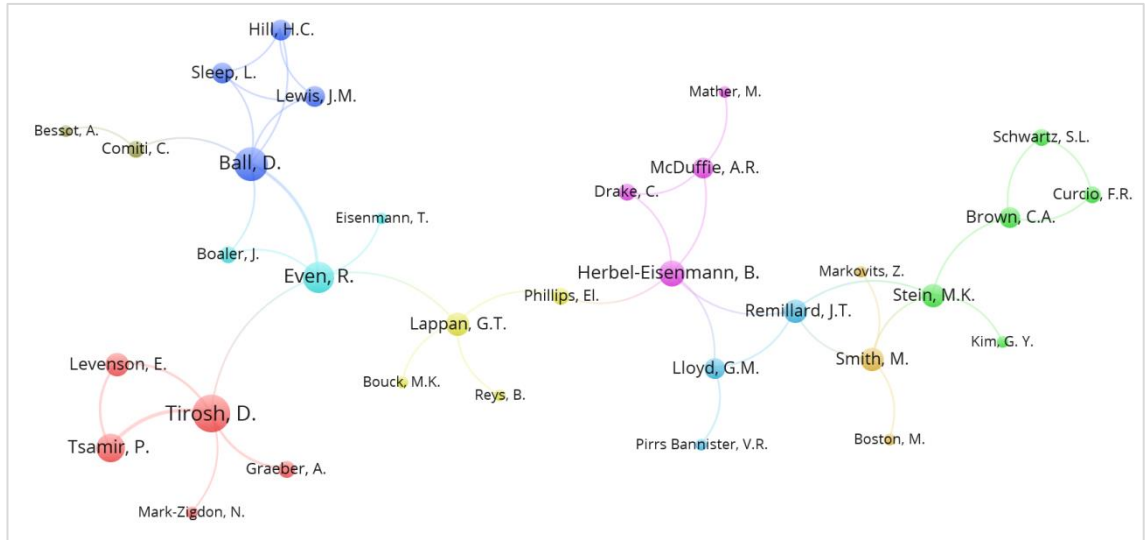


Figura 7.40 Red de colaboración entre autoras

Tanto en la red de colaboración masculina como en la femenina se observa una colaboración muy simple y muy baja. Algo normal ya que podemos decir que es un análisis muy forzado de la situación, recordemos que esta colaboración se obtenía, aislando por lado a los autores masculinos exclusivamente y, por otro lado, autoras en colaboración exclusiva también.

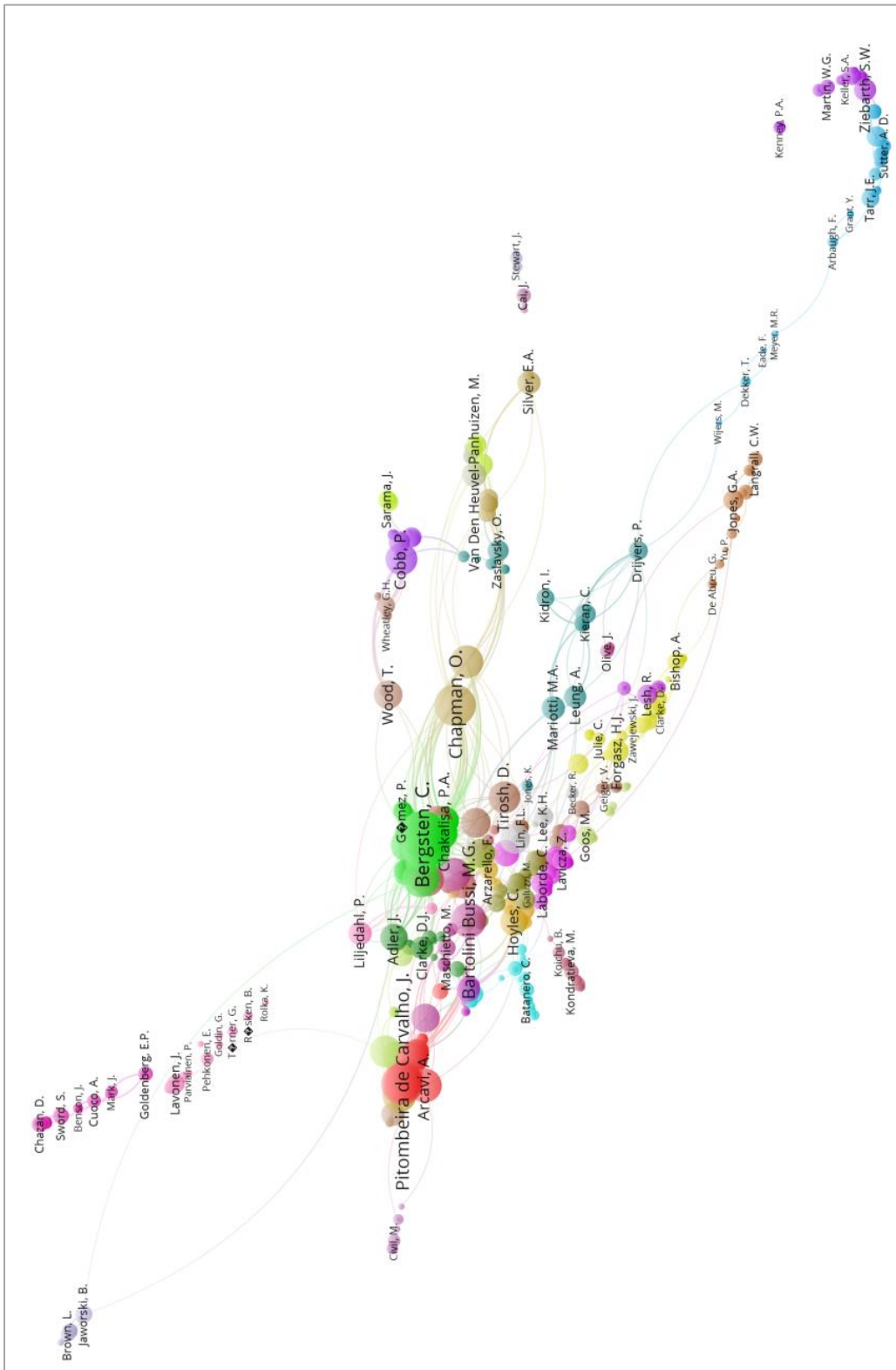


Figura 7.41 Red de colaboración entre autores mixtos

En el grupo de colaboración mixto, vemos que ya sí se observa una colaboración más compleja y con un patrón parecido al de la colaboración de todos los autores juntos.

7.4.7. Redes de colaboración entre países

Analizando la colaboración entre países, las redes nos proporcionan una “fotografía” estática de la situación. Como el rango de tiempo es muy amplio, lo hemos dividido en dos periodos para realizar una red para cada uno. Así obtenemos por un lado la red de colaboración entre países en el periodo comprendido entre 1990 y 2001, y, por el otro, la red del periodo comprendido entre 2002 y 2012.

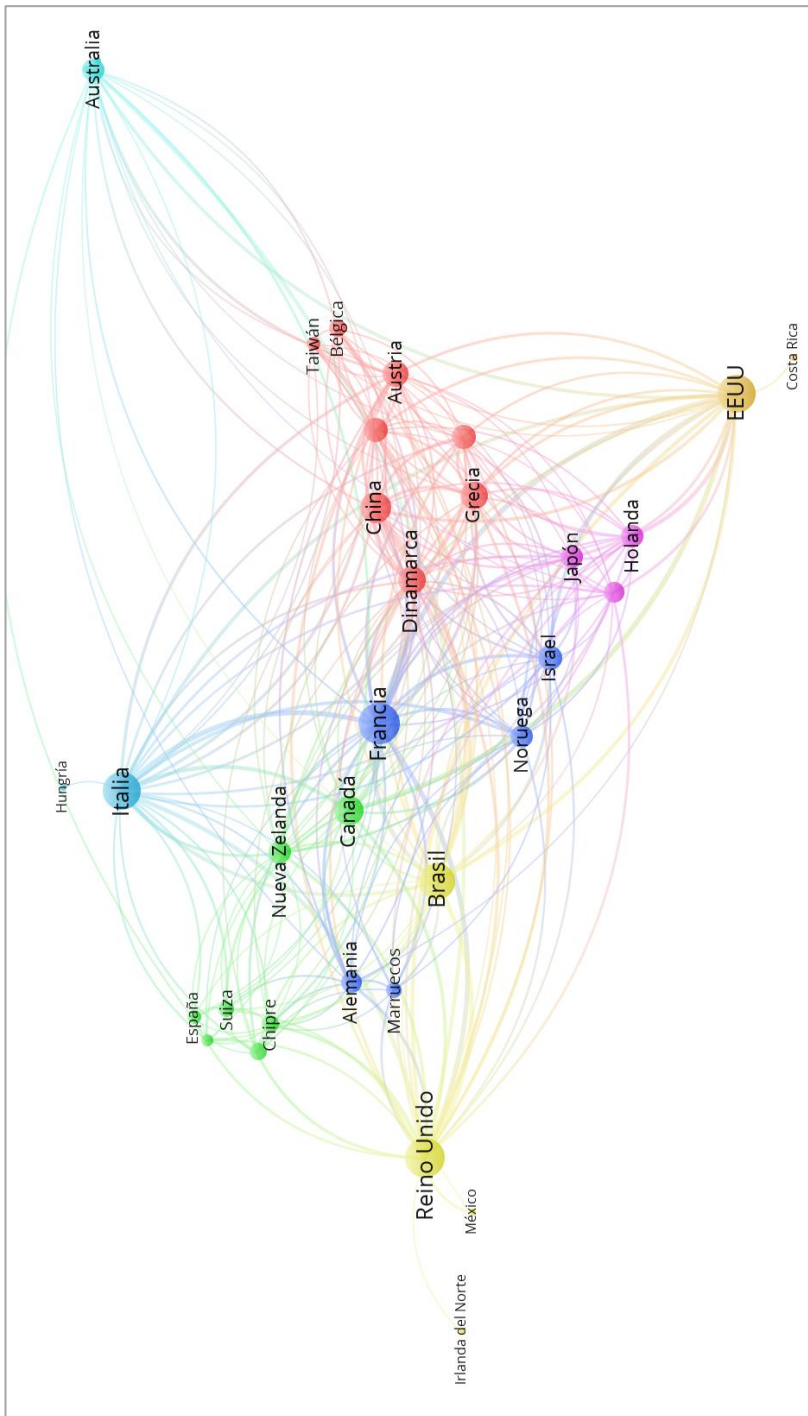


Figura 7.42 Red de colaboración entre países (1990-2001)

En la red se observa que los países más influyentes en el primer periodo son Reino Unido, Francia y Estados Unidos, aunque también destacan Italia, Brasil o Dinamarca.

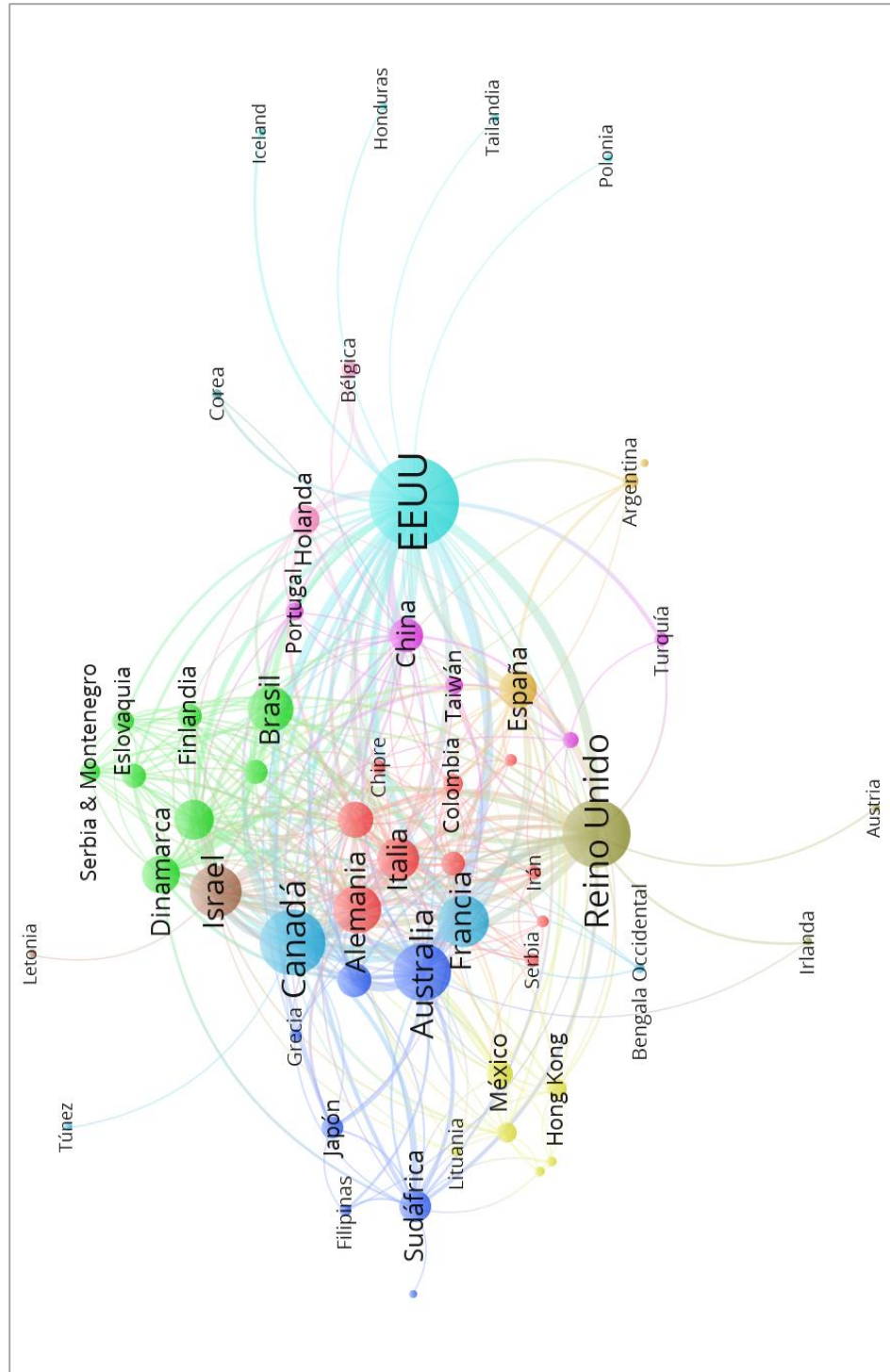


Figura 7.43 Red de colaboración entre países (2002-2012)

En esta gráfica correspondiente al segundo periodo, los nodos centrales son Estados Unidos, Australia, Reino Unido y Canadá. Si comparamos ambas redes, vemos que en el segundo periodo estudiado, aumenta considerablemente la presencia de autores pertenecientes a instituciones de Alemania y Canadá.

La red de colaboración entre países en todo el periodo de la muestra es la siguiente:

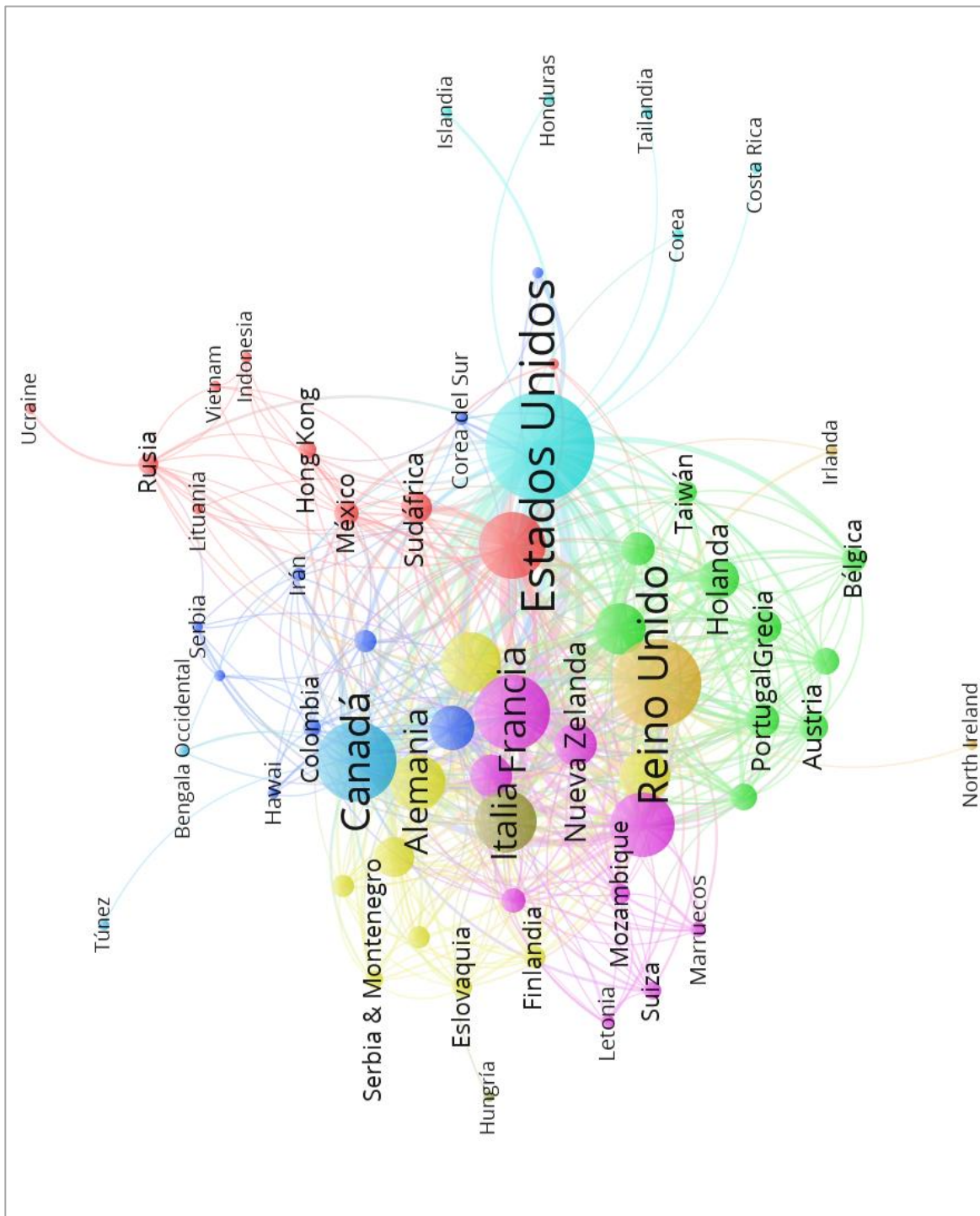


Figura 7.44 Red completa de colaboración entre países

En la red completa se observan dos nodos principales: Estados Unidos y Reino Unido. Y algunos nodos secundarios, como son Francia, Italia, Brasil o Canadá.

Se aprecia que la red del periodo completo es muy parecida a la red de la segunda mitad del periodo, algo que era de esperar puesto que la producción es mucho mayor en ese rango de tiempo, por tanto es más influyente en el análisis conjunto.

7.4.8. Redes de colaboración entre instituciones

7.4.9. Redes de cocitación de categorías

A continuación mostramos las redes de cocitación de las categorías, estas redes nos proporcionarán un mapa de cómo están relacionadas entre sí las diferentes temáticas tratadas en la muestra de estudio.

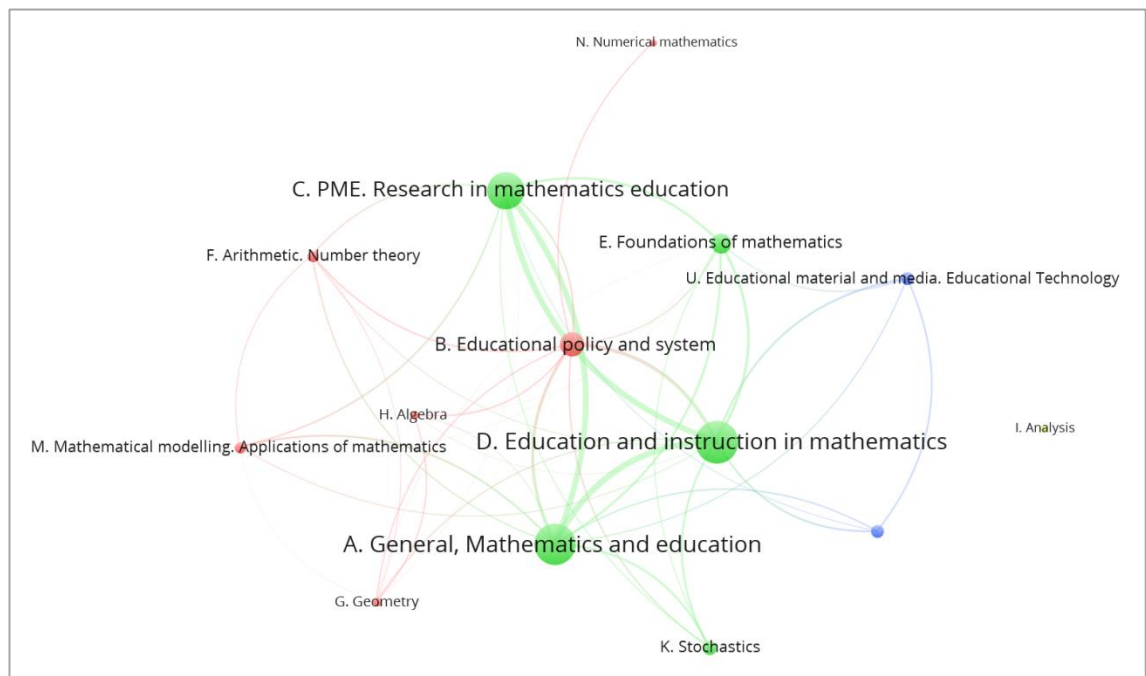


Figura 7.45 Red de cocitación de categorías

En la figura se observa que las categorías A, C y D son los nodos principales de la red.

Si representamos la red de subcategorías podremos especificar un poco más cómo están relacionadas unas temáticas con otras.

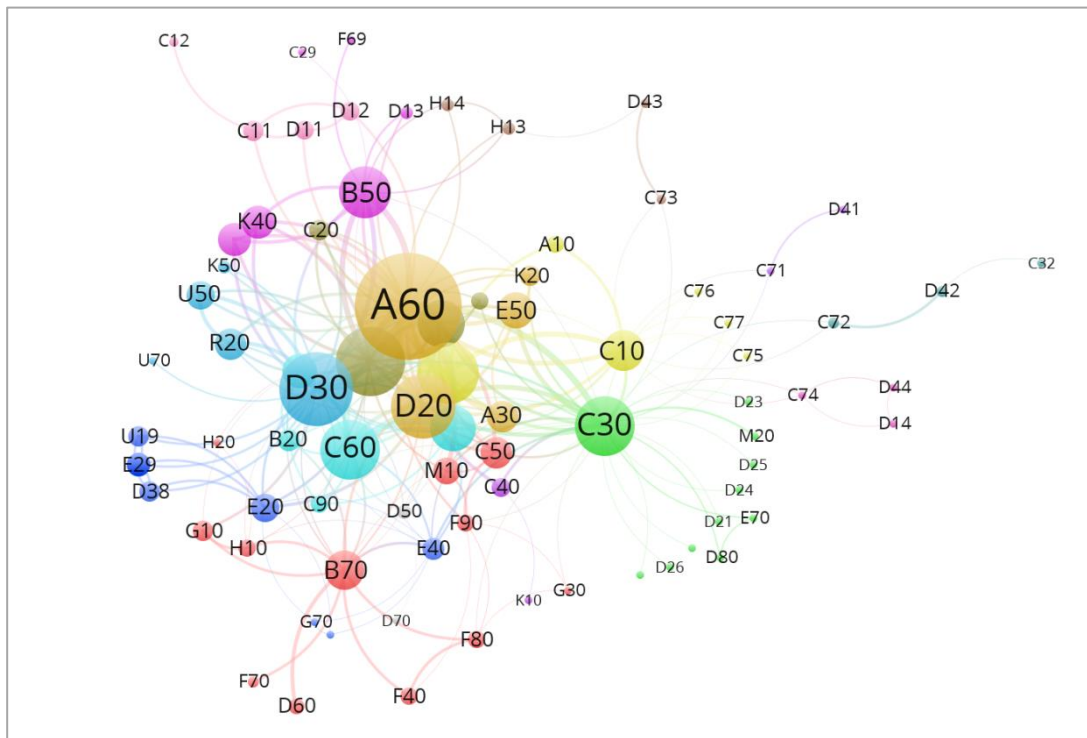


Figura 7.46 Red de cocitación de subcategorías

La categoría A60: *Actas. Informes de conferencias* es un nodo principal en la red, en cuanto a tamaño, si bien no se aprecian conexiones claras con otras categorías. Esto es un indicador de que en la muestra haya bastantes libros que recogen contribuciones a congresos.

Podemos ampliar la red para ver con más detalle algunos clúster. En la Figura 7.47 se presenta la categoría B70, correspondiente a planes de estudio y estándares, que representa el 3.81%, relacionada con D60, E40, F40, F70 y H10. Esto quiere decir que los trabajos centrados en planes de estudio y estándares también están relacionados con evaluación de los estudiantes o con números enteros y racionales, entre otros.

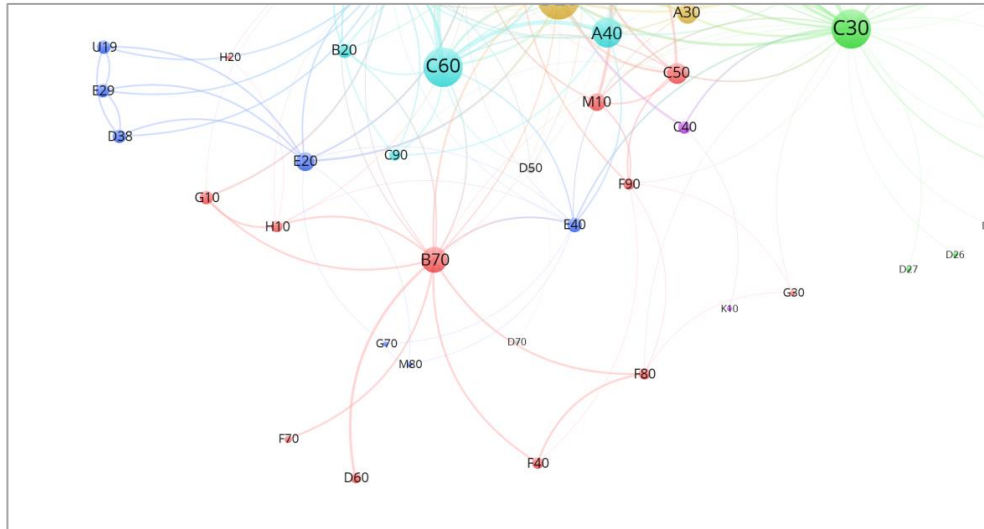


Figura 7.47 Red de cocitación de categorías (clúster 1)

En la Figura 7.48 destaca el nodo central D30, correspondiente a procesos cognitivos y teorías del aprendizaje, enlazado débilmente con contribuciones filosóficas y teórica a la didáctica de la Matemática, en diferentes niveles.

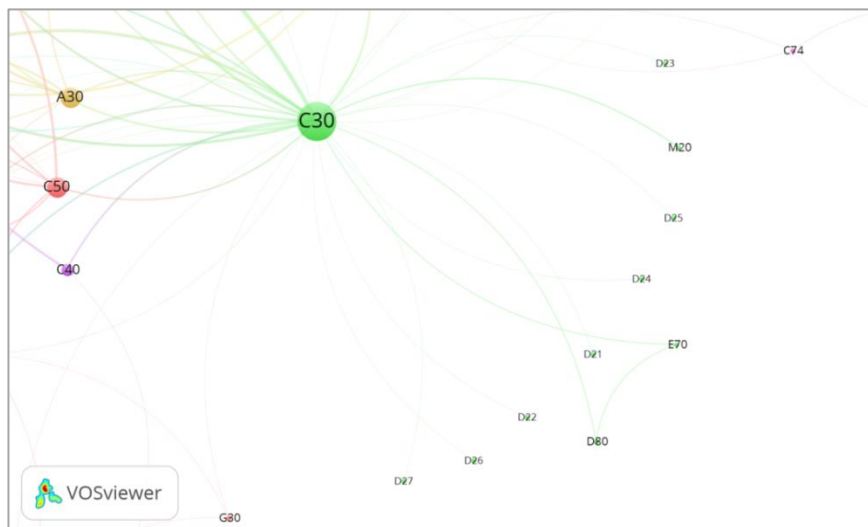


Figura 7.48 Red de cocitación de categorías (clúster 2)

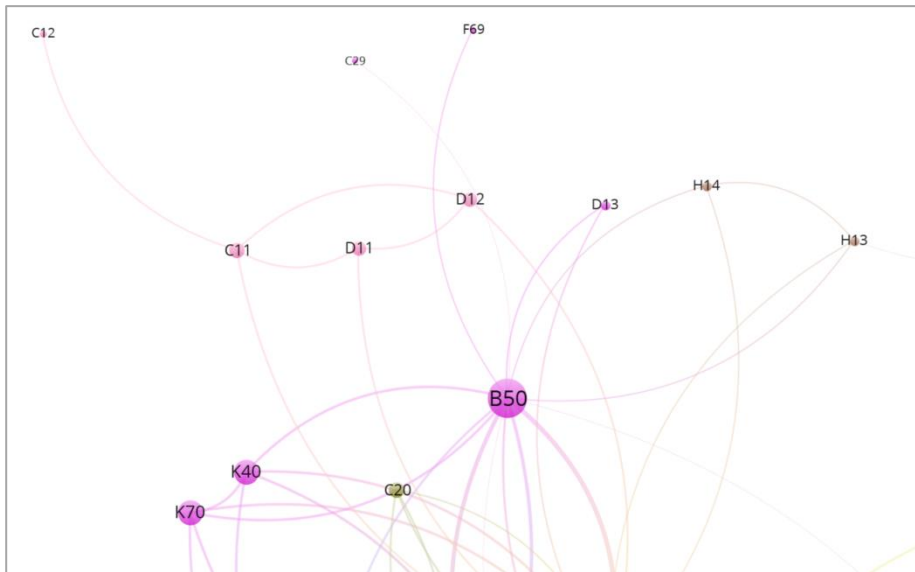


Figura 7.49 Red de cocitación de categorías (clúster 5)

7.4.10. Red de cocitación de términos de los títulos de documentos

Para realizar este análisis hemos usado las variables *título libro* y *título capítulo*. En el caso de los libros por capítulos no hemos tenido en cuenta la variable título de libro para que no desvirtuara el análisis. Si lo hubiéramos incluido se hubiera repetido una vez por cada capítulo lo que daría mucha más frecuencia a los términos que aparecen en esos títulos.

Hemos eliminado las palabras neutras como preposiciones y determinantes, y con el resto se ha hecho la red de cocitación que mostramos en la Figura 7.50.

Figura 7.51 Red de cocitación de términos de títulos de documentos ampliada

A continuación mostramos algunos resultados del análisis de la centralidad, valores de líneas e intermediación de la red de cocitación.

Tabla 7.41 Métricas de la red de cocitación de términos de títulos de documentos

Término	Intermediación	Grado centralidad
mathematics	0,219741	1.843
Learning	0,068101	1.250
Students	0,06646	1.137
Mathematics Education	0,073656	1.037
Development	0,030228	802
Curriculum	0,032335	769
School	0,026498	700
Using	0,033076	700
teachers	0,030516	694
teaching	0,038886	693
Classroom	0,022075	594
research	0,028803	582
Education	0,021591	571
Children	0,022212	557
Understanding	0,017547	550
Algebra	0,01949	515
Geometry	0,022496	511
Knowledge	0,014612	496
Study	0,012524	487
through	0,017638	487
Developing	0,01599	451
Professional	0,007635	428
Student	0,01032	417
Mathematics Teaching	0,010194	413
teacher	0,013038	400
Perspective	0,011504	392
Role	0,008582	381
Practice	0,007589	380
Reasoning	0,012492	365
Problems	0,010918	362
Thinking	0,009745	347
Elementary	0,005098	330
Between	0,00913	323

Término	Intermediación	Grado centralidad
Context	0,007784	320
Beliefs	0,006909	316
Language	0,007215	315
Lessons	0,005114	302
Two	0,00439	301
Analysis	0,00796	295
High	0,004702	293
Learning Mathematics	0,008542	284
Perspectives	0,004094	284
Number	0,007554	282
Approach	0,005799	275
Science	0,004388	274
Problem Solving	0,004518	273
Math	0,005206	269
Practices	0,00423	265
Representations	0,005362	259
Lesson	0,003744	253

Se observa que, efectivamente, “mathematics” es el término con mayor grado de centralidad y con mayor índice de intermediación, esto nos indica que hay muchos términos de la red unidos a través de este nodo. Por tanto, se confirma que “mathematics” es el denominador común en los títulos de documentos de la muestra. En la tabla también se observa que “mathematics education”, ocupa la segunda posición en cuanto a intermediación, aunque no así en el grado de centralidad.

CAPÍTULO 8. ANÁLISIS DE LAS EDITORIALES ESPAÑOLAS

- 8.1. Indicadores personales
- 8.2. Indicadores de productividad
- 8.3. Indicadores de contenido

En este capítulo analizaremos los datos de las ocho editoriales españolas que forman parte de nuestra muestra, estas son: Alianza Editorial, Grao, La Muralla, MEC, Morata, Octaedro, Pirámide y Síntesis.

Al igual que en el capítulo anterior, la presentación de los resultados se hará en cuatro bloques: indicadores personales, indicadores de productividad, indicadores de contenido y análisis de colaboración.

La muestra está formada por un total de 282 autores que publican un total de 268 documentos.

8.1. Indicadores personales

A través del análisis de la variable género de los autores obtenemos los siguientes resultados para la muestra de editoriales nacionales:

Tabla 8.1 Clasificación de los autores de editoriales nacionales atendiendo al género

	Número de autores	% autores
Femenino	115	40,64%
Masculino	166	58,66%
Sin determinar	2	0,71%
Total	283	100,00%

En la muestra hay dos autorías sin determinar, corresponden a dos instituciones, una de ellas Euridyce y otra el Colegio Público Antzuola. Se observa que el porcentaje de los autores masculinos es mayor que el de los femeninos.

8.2. Indicadores de productividad

8.2.1. Tipo de documentos

En este apartado analizamos la variable *tipo de documento*. En la siguiente tabla se recoge la muestra total desglosada por tipo de documento:

Tabla 8.2 Producción diferenciada por libros y capítulos de libros de las editoriales nacionales

Editorial	Libros	Capítulos de libro	Documentos	% libros	% Libros por capítulos
Alianza Editorial	5	0	5	100,00%	0,00%
Grao	21	46	67	31,34%	68,66%
La Muralla	3	0	3	100,00%	0,00%
MEC	5	67	72	6,94%	93,06%
Morata	4	25	29	13,79%	86,21%
Octaedro	11	0	11	100,00%	0,00%
Pirámide	0	17	17	0,00%	100,00%
Síntesis	31	36	67	46,27%	53,73%
Total	80	191	271	29,52%	70,48%

En la *Tabla 8.2* podemos ver que todas las editoriales, excepto Pirámide, han publicado libros de un solo autor.

En el diagrama de sectores mostrado en la Figura 8.1 se observa que las editoriales que más documentos tienen son Síntesis, Grao y MEC, juntando entre las tres el 75% de la producción analizada en la muestra de editoriales nacionales.

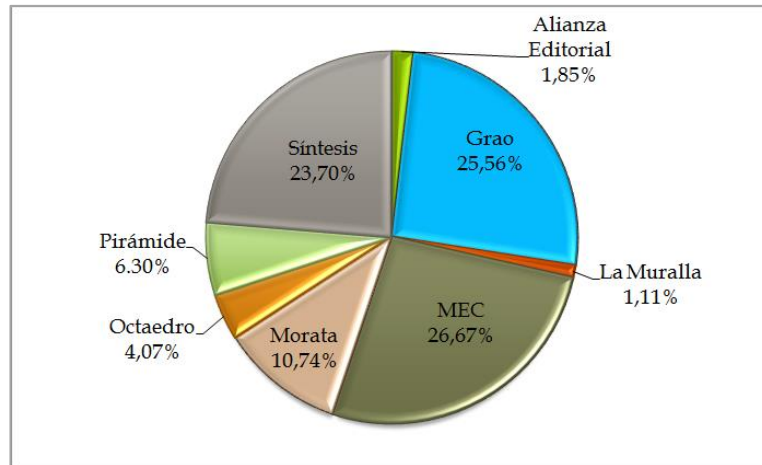


Figura 8.1 Porcentaje de libros por editoriales nacionales

Si representamos la producción en un diagrama de barras se observa que (Figura 8.2) Grao y MEC son las que publican el mayor número de capítulos de libro. En cambio, Alianza Editorial, La Muralla y Octaedro no publican libros por capítulos.

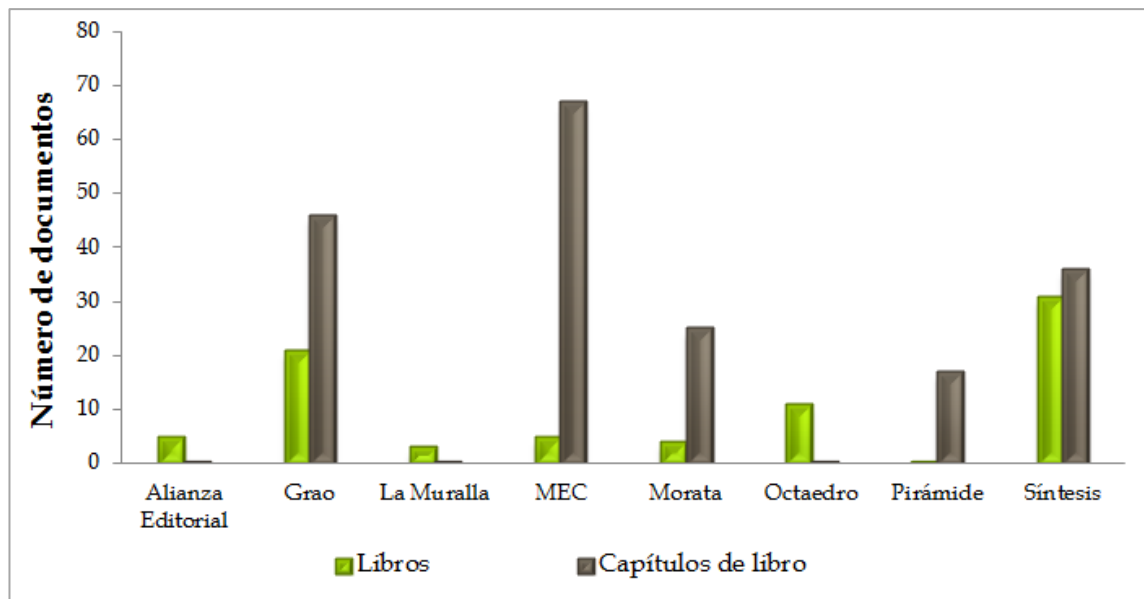


Figura 8.2 Producción por editoriales nacionales

8.2.1. Producción diacrónica

La variable *Año de publicación*, nos da información sobre el año de publicación de cada libro, así podemos obtener la producción diacrónica del número total de documentos publicados en las ocho editoriales nacionales, en el periodo de análisis de este trabajo, como podemos ver en la Figura 8.3.

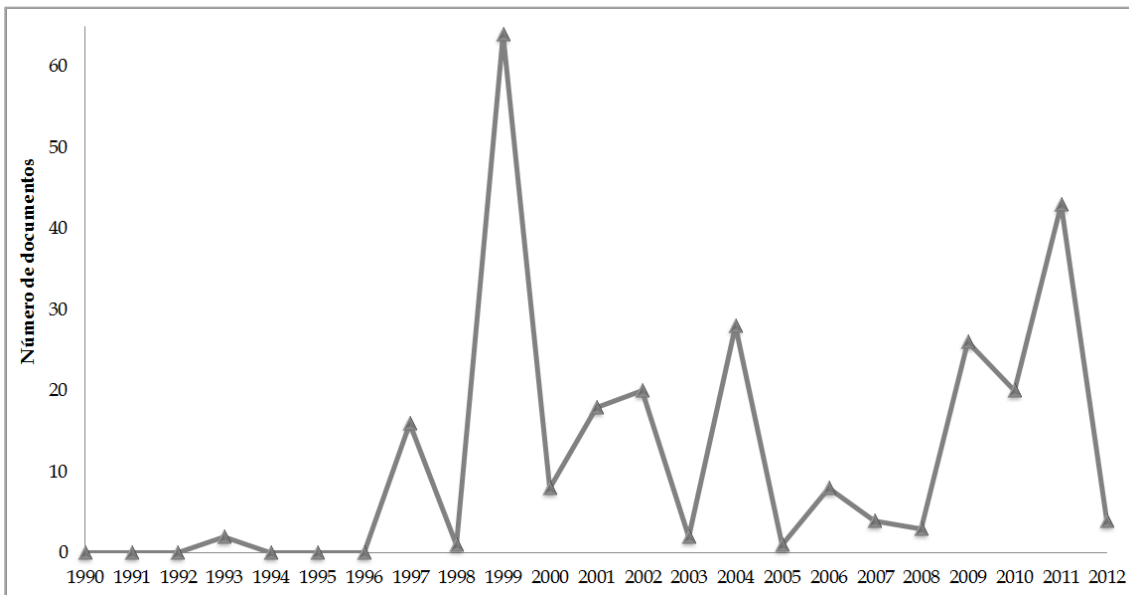


Figura 8.3 Producción diacrónica de los documentos publicados en las editoriales nacionales

Se observa que la producción comienza en el año 1993, presentándose un gran aumento de la producción en el año 1999. Esto se debe, probablemente, a la preparación para el año mundial de las Matemáticas, que se celebró en el 2000. Se aprecia otra crecida importante en el año 2011, para volver a disminuir sensiblemente en 2012.

Producción diacrónica por tipo de documentos

Realizamos el mismo análisis pero separando los libros completos de un solo autor y los libros por capítulos.

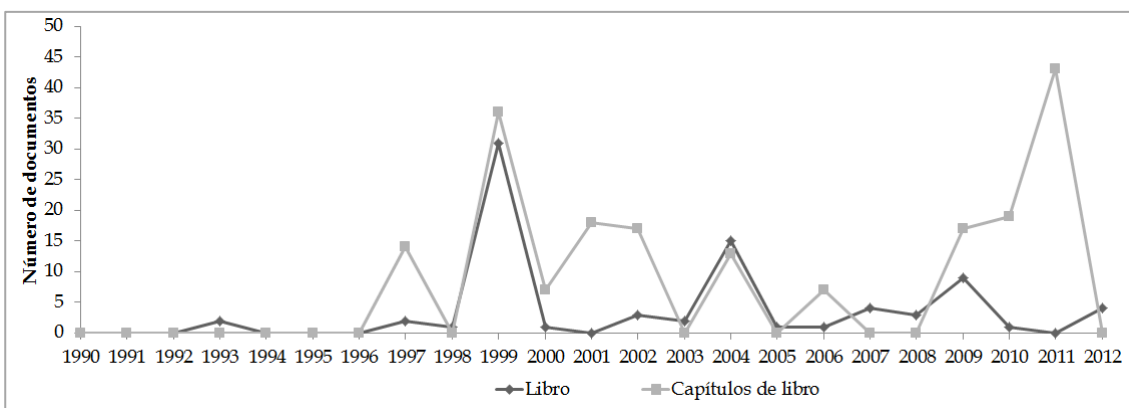


Figura 8.4 Producción diacrónica diferenciando capítulos de libro de libros completos de un solo autor

Como observa en la gráfica de la Figura 8.4, la producción de libros de un solo autor (80 registros) es inferior a la producción de libros por capítulos (191), aunque la diferencia no es tan marcada como en el caso de las editoriales internacionales.

Producción diacrónica de autoría según su género

El procedimiento para el análisis de género ha sido el mismo que se ha llevado a cabo con las editoriales internacionales. Por un lado se han separado los documentos en los que participan solo autores masculinos, y, por otro lado en el que participan solo autoras, en un tercer grupo hemos recogido los documentos en los que participan autores de ambos sexos. Así hemos obtenido la producción de forma separada, que recogemos en el gráfico de la Figura 8.5.

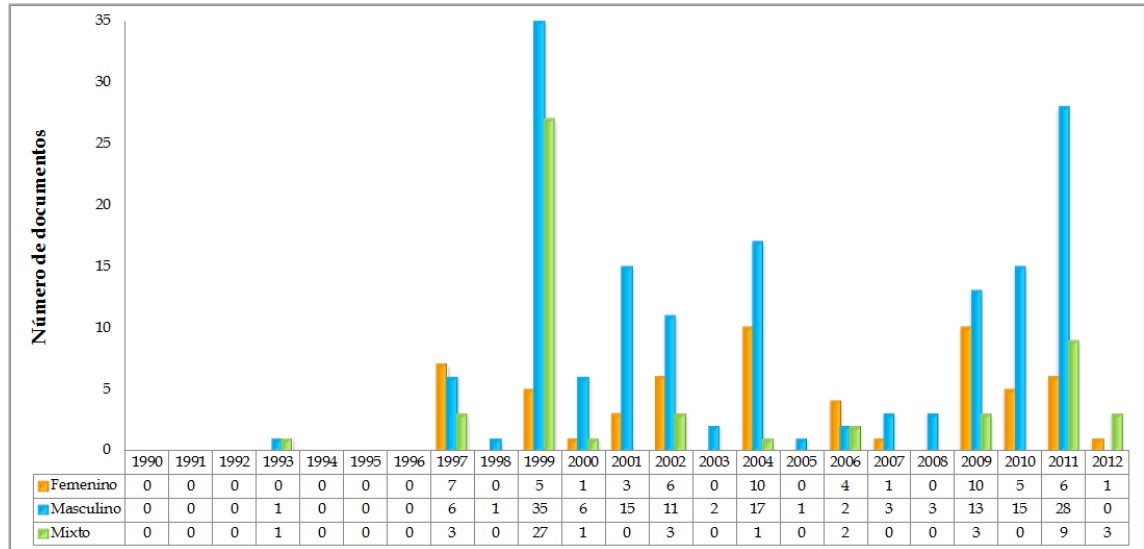


Figura 8.5 Producción de documentos publicados en editoriales nacionales clasificada por género

Se observa que la producción masculina (58,67%) es mucho mayor que la femenina (21,77%) y que la producción mixta (19,56%). Llama la atención que en la muestra no haya documentos firmados por mujeres hasta el año 1997.

8.2.2. Producción por autores

Para analizar la producción de los autores usaremos la información de las variables *Número de autores*, *Identidad de los autores* y *Autores con más producción*.

A continuación presentamos la producción de los autores clasificada por el número de documentos publicados:

Tabla 8.3 Frecuencias de contribuciones por autor (muestra nacional)

Nº de contribuciones por autor	Nº de autores	Total de documentos	% de autores
1	216	216	76,33%
2	37	74	13,07%
3	16	48	5,65%

Nº de contribuciones por autor	Nº de autores	Total de documentos	% de autores
4	1	4	0,35%
5	4	20	1,41%
6	5	30	1,77%
8	2	16	0,71%
9	1	9	0,35%
17	1	17	0,35%
Total	283	434	100,00%

La tabla muestra que el rango varía desde 216 autores que han publicado un solo documento y un autor que ha publicado 17 documentos.

De acuerdo a la clasificación de Bradford (1948), en la muestra de editoriales nacionales solo tenemos un autor considerado gran productor, que supone el 0.35% de los autores, mientras que el 23,05% son medianos productores y el 76,60% son pequeños productores.

Pasamos a presentar los autores más productivos de la muestra, para ello hemos realizado el conteo de firmas con la cuenta de autores completa, que describimos en el tema cinco.

Tabla 8.4 Tabla de autores con más documentos publicados (muestra nacional)

Autor	Nº doc	Autor	Nº doc
Rico, L.	17	Camacho, M.	3
Canals, M.A.	9	Cañadas, M.C.	3
Castro, E.	8	Cañizares, M.J.	3
Castro, Ea.	8	Carrillo, J.	3
Alsina, C.	6	De la Fuente, C.	3
Corbalán, F.	6	Flores, P.	3
Giménez, J.	6	García, J.E.	3
Goñi, J.M.	6	González, M.J.	3
Llinares, S.	6	Gorgorió, N.	3
Coriat, M.	5	Lupiañez, J.L.	3
Fortuny, J.M.	5	Ortega, T.	3
Ruiz, J.F.	5	Planas, N.	3
Segovia, I.	5	Ruiz, F.	3
Sierra, M.	4	Segarra, L.	3
Álvarez, J.L.	3	Serrano, L.	3

Como en el caso de la muestra española casi el 40% de la misma son libros, consideramos interesante hacer la distinción entre la producción de libros y capítulos de libros de los autores. Así presentamos a continuación el listado de autores más productivos en libros completos y el de autores de capítulos de libros.

Tabla 8.5 Tabla de autores con más libros publicados (muestra nacional)

Autor	Nº doc
Canals, M.A.	9
Rico, L.	5
Alsina, C.	4
Fortuny, J.M.	4
Giménez, J.	4
Corbalán, F.	3
Castro, E.	2
Castro, Ea.	2
Martínez, Al.	2
Martínez, Án.	2

Vemos que en primer lugar aparece María Antonia Canals con 9 libros, seguida de Luis Rico con 5.

En cuanto a los autores de capítulos obtenemos lo siguiente:

Tabla 8.6 Tabla de autores con más capítulos de libros publicados (muestra nacional)

Autor	Nº doc
Rico, L.	12
Castro, E.	6
Castro, Ea.	6
Goñi, J.M.	6
Coriat, M.	5
Llinares, S.	5
Ruiz, J.F.	5
Segovia, I.	4

Vemos que el autor con más capítulos de libros es Luis Rico, con 12 capítulos, seguido de Enrique Castro, Encarnación Castro y Jesús María Goñi, con 6.

8.2.3. Tasa de crecimiento interanual

Recordemos que la tasa de variación interanual nos indica el aumento o disminución de la producción científica respecto al año anterior. Se expresa en términos porcentuales en relación con el total de una producción anterior.

En la siguiente gráfica mostramos los valores obtenidos para las editoriales nacionales.

Tabla 8.7 Tasa de variación interanual de la producción publicada en

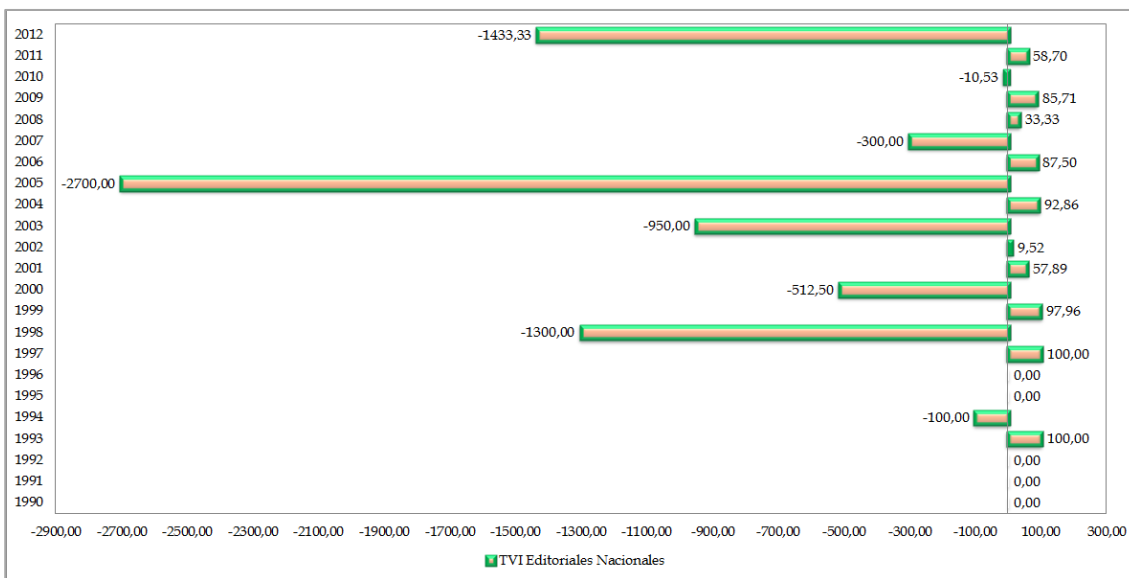


Figura 8.6 Representación de la Tasa de Variación Interanual para los documentos publicados en editoriales nacionales

En la muestra de editoriales nacionales la variación interanual fluctúa enormemente, este hecho muestra que la evolución de estas publicaciones no es constante.

8.2.4. Producción por país

Para realizar el análisis por países usaremos las variables *número de países autores*, *países autores* y *número de registros por país autores*.

Se ha contabilizado el número de nacionalidades diferentes en cada documento en el periodo analizado y se ha obtenido 17 países. Con un claro predominio de autores vinculados a instituciones españolas.

Si hacemos el conteo del número de documentos por país aparece un gran productor, España, con 82.85% del total de firmas de la muestra. Sin tener en cuenta el país anfitrión, destaca la presencia de Estados Unidos y Portugal como principales

países colaboradores con los investigadores españoles. Por tanto, podemos afirmar que la colaboración es mayoritariamente de tipo doméstico, por tanto, atendiendo a la clasificación dada por Katz y Martin (1997) es una colaboración intra(nacional).

Tabla 8.8 Número de documentos por país

País	Nº documentos	% documentos
España	454	82,85%
EEUU	32	5,84%
Portugal	17	3,10%
Italia	7	1,28%
Sin País	7	1,28%
UK	7	1,28%
Perú	5	0,91%
Bolivia	4	0,73%
Brasil	3	0,55%
Canadá	3	0,55%
Alemania	2	0,36%
Australia	2	0,36%
Chile	1	0,18%
Francia	1	0,18%
Honduras	1	0,18%
Israel	1	0,18%
México	1	0,18%

8.2.5. Análisis por instituciones

Para el análisis de las instituciones firmantes en cada documento, se ha realizado el recuento de la misma forma que para las editoriales internacionales. Así hemos obtenido los siguientes datos.

Tabla 8.9 Número de instituciones que firman cada documento

Nº de Instituciones por documento	Nº documentos	%
1	231	85,24%
2	26	9,59%
3	11	4,06%
4	3	1,11%
Total	271	100,00%

En la *Tabla 8.9* se observa que en el 85,24% de toda la producción participa una sola institución y en el 9,59% de los documentos participan dos instituciones.

En la muestra analizada aparecen 132 instituciones que generan las 434 firmas. Llevamos a cabo el conteo para obtener la producción de las distintas instituciones. En la siguiente tabla mostramos las universidades más productivas.

Tabla 8.10 Instituciones más productivas de la muestra de editoriales nacionales

Institución	Nº docs	% doc
Universidad de Granada	95	100,00%
Universidad Autónoma de Barcelona	24	25,26%
Universidad de Barcelona	11	11,58%
Universidad del País Vasco	11	11,58%
Universidad de Lisboa	10	10,53%
GAMAR (Gabinet de Materials i de Recerca per a la Matemàtica a l'Escola)	9	9,47%
Universidad de Almería	9	9,47%
Universidad de Sevilla	9	9,47%
Universidad de Alicante	8	8,42%
Universidad de Valencia	8	8,42%
Universidad Complutense de Madrid	7	7,37%
Universidad de Córdoba	7	7,37%
Universidad Politécnica de Catalunya	7	7,37%

Del total de la muestra tenemos 28 firmas sin información sobre filiación, lo que supone un 6,45% del total. Creemos que esto se debe a que hay muchos autores que pertenecen a centros de educación secundaria, que solo han participado como autores una vez, en la muestra analizada, por lo que no ha sido posible localizar sus centros de trabajo.

La primera universidad que encontramos en el ranking de productividad es la Universidad de Granada con 95 documentos, seguida de la Universidad Autónoma de Barcelona con 24. Recordemos que estos mismos resultados salían en la muestra de editoriales internacionales; estas dos universidades son las primeras universidades españolas que aparecían en ese ranking. La primera universidad extranjera encontrada se sitúa en la cuarta posición, es la Universidad de Lisboa con 10 documentos firmados.

Si clasificamos las instituciones obtenemos el siguiente reparto:

Tabla 8.11 Distribuciones de las instituciones según el tipo

	Nº de Instituciones	Nº de documentos	%
Universidades	64	295	67,97%
Centros no universitarios	36	52	11,98%
Otras instituciones	32	87	20,05%
Total	137	382	100,00%

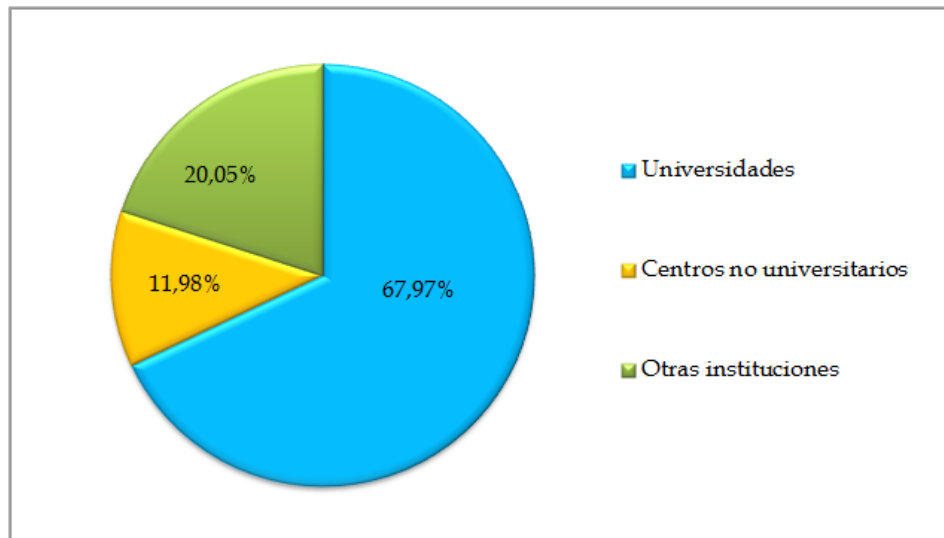


Figura 8.7 Producción por tipo de institución

Al igual que pasaba con las editoriales internacionales, la gran mayoría de la producción se debe a las universidades, tan solo el 11,98% corresponde a instituciones académicas de nivel no universitario, como colegios o institutos, mientras el 20,05% corresponde a centros de investigación, departamentos estatales de educación, y otras instituciones diversas.

8.3. Indicadores de contenido

Para el análisis conceptual usaremos la clasificación por categorías de MathEduc, al igual que con las editoriales internacionales. La asignación de las categorías a los libros no indexados en la base de datos se ha realizado a través de triangulación de expertos.

La clasificación de la muestra de estudio ha dado lugar a 593 etiquetas. En la Tabla 8.12 mostramos el reparto entre las distintas categorías.

Tabla 8.12 Reparto de etiquetas en las editoriales nacionales clasificado por variables

Variable	Frecuencia	%
----------	------------	---

Variable	Frecuencia	%
A: General, Matemáticas y Educación	89	15,01%
B: Política educativa y sistemas educativos	14	2,36%
C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática	76	12,82%
D: Educación e instrucción en Matemáticas	175	29,51%
E: Fundamentos de las matemáticas	55	9,27%
F: Aritmética. Teoría de números	63	10,62%
G: Geometría	38	6,41%
H: Algebra	29	4,89%
I: Análisis	1	0,17%
K: Estadística	6	1,01%
M: Modelización matemáticas. Matemáticas aplicadas	19	3,20%
N: Matemáticas numéricas	0	0,00%
P: Informática	0	0,00%
Q: Educación en Informática	0	0,00%
R: Aplicaciones de la Informática	0	0,00%
U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa	28	4,72%
Total	593	100,00%

Recogemos esta información en un diagrama de barras para visualizarla de manera más clara:

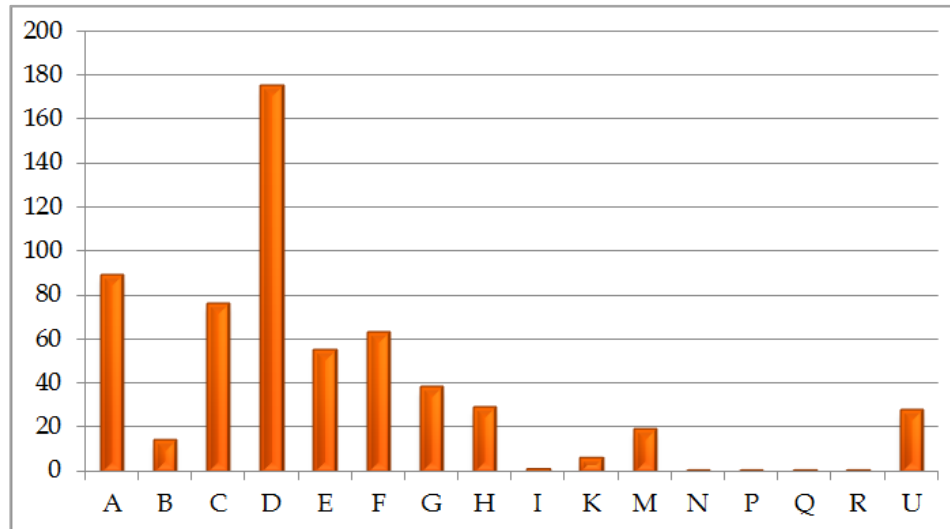


Figura 8.8 Representación de la frecuencia de las categorías de contenido

Se observa que en la muestra de editoriales nacionales los temas que más aparecen son *Educación e instrucción en matemáticas*, seguido del tópico general de *Matemáticas y Educación* y de *Psicología de la Educación Matemática*. *Investigación en Educación Matemática*. Al igual que pasaba con la muestra de editoriales internacionales, no hay ningún trabajo relacionado con *Informática y Educación en Informática*. Además, en esta muestra no aparece ningún trabajo relacionado con *Análisis, Matemáticas numéricas y Aplicaciones de la informática*. En cambio, parece que a los autores que publican en las editoriales nacionales les interesan más los temas relacionados con los fundamentos de las matemáticas que a los autores que publican en la editoriales internacionales ya que el porcentaje de documentos dedicados a estos temas (categorías E, F, G y H) es mayor en esta muestra que en la internacional.

A continuación presentamos los resultados por subcategorías de cada variable. En este análisis se aprecian temas que trabajan los investigadores de Educación Matemática que publican en las editoriales nacionales que forman parte de nuestra muestra.

8.3.1. Variable A: General, Matemáticas y Educación

Mostramos la tabla con la frecuencia de cada una de las subcategorías de esta variable:

Tabla 8.13 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable A

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
A10: Obras completas. Libros de referencia	17	2,87%
A20: Matemáticas recreativas. Juegos	13	2,19%

A30: Historia de las Matemáticas y Educación Matemática	1	0,17%
A40: Matemáticas y sociedad	47	7,93%
A50: Bibliografías	0	0,00%
A60: Actas. Informes de conferencias	0	0,00%
A70: Tesis doctorales y postdoctorales	0	0,00%
A80: Divulgación matemática	11	1,85%
A90: Varios	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	89	15,01%

Al igual que ocurría en el análisis de editoriales internacionales, destaca la categoría A40 dedicada a la temática de “Matemática y sociedad”. Se confirma como un tema de interés entre los autores.

8.3.2. Variable B: Política educativa y sistemas educativos

La variable B corresponde a *política educativa y sistemas educativos*, así que la conformarán, casi en su totalidad, libros y capítulos de libros que traten sobre currículos y estándares (1,69%).

Tabla 8.14 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable B

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
B10: Investigación educativa y planificación	1	0,17%
B20: Educación general	0	0,00%
B30: Educación vocacional	2	0,34%
B40: Educación superior	0	0,00%
B50: Formación de profesorado	1	0,17%
B60: Educación de adultos y educación extraescolar	0	0,00%
B70: Planes de estudios. Estándares	10	1,69%
Total de documentos de esta categoría	14	2,36%

8.3.3. Variable C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática

En la *Tabla 8.15* se observa que los autores que publican sobre temas relacionados con esta categoría lo hacen, fundamentalmente, sobre *aspectos sociológicos del aprendizaje* y sobre los *procesos de enseñanza y aprendizaje*. Coinciden en esto, con sus colegas que publican en las editoriales internacionales.

Tabla 8.15 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable C

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
-----------------------	------------	------------

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
C10: Obras completas	1	0,17%
C20: Aspectos afectivos	0	0,00%
C30: Procesos cognitivos. Teorías de aprendizaje	0	0,00%
C40: Inteligencia y actitudes	1	0,17%
C50: Lenguaje y comunicación verbal	9	1,52%
C60: Aspectos sociológicos del aprendizaje	45	7,59%
C70: Proceso de enseñanza-aprendizaje	13	2,19%
C90: Temas variados	7	1,18%
Total de documentos de esta categoría	76	12,82%

8.3.4. Variable D: Educación e instrucción en Matemáticas

Como en el análisis de las editoriales internacionales, la categoría de *Educación e instrucción en Matemáticas* es la más frecuente, parece pues, evidente que es un tema que interesa a los investigadores del área en general. Además, coinciden también que la subcategoría que más les interesa es la D10, referida a obras completas y estudios comparativos.

Tabla 8.16 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable D

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
D10: Obras completas en Educación Matemática. Estudios comparativos	64	10,79%
D20: Contribuciones filosóficas y teóricas a la Didáctica de la Matemática	2	0,34%
D30: Objetivos y metas	22	3,71%
D40: Métodos de enseñanza y técnicas de clase	44	7,42%
D50: Enseñanza sobre resolución de problemas y estrategias heurísticas. Planteamiento de problemas	23	3,88%
D60: Evaluación de los estudiantes, el control de realización y calificación	16	2,70%
D70: Dificultades de aprendizaje y errores de los estudiantes	2	0,34%
D80: Unidades de enseñanza y diseño de sesiones	2	0,34%
Total de documentos de esta categoría	175	29,51%

8.3.5. Variable E: Fundamentos de las matemáticas

En esta variable se presenta una diferencia de temáticas muy interesante con respecto al análisis de editoriales internacionales. Mientras que a los autores que publican en editoriales nacionales los temas que más le interesan están relacionados con el *razonamiento y métodos de demostración en el aula*, a nivel internacional, lo que más

interesa es analizar la relación entre *filosofía y matemáticas así como el lenguaje de las matemáticas*.

Tabla 8.17 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable E

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
E10: Obras completas	18	3,04%
E20: Filosofía y Matemáticas	0	0,00%
E30: Lógica	2	0,34%
E40: Lenguaje de las Matemáticas	1	0,17%
E50: Razonamiento y métodos de demostración en el aula de Matemáticas	34	5,73%
E60: Conjuntos. Relaciones. Teoría de conjuntos	0	0,00%
E70: Varios	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	55	9,27%

8.3.6. Variable F: Aritmética. Teoría de números

En la temática de *Aritmética y teoría de números* también se observan diferencias entre las publicaciones internacionales y las nacionales. En los libros analizados en el primer caso, por ejemplo, no aparecía ningún trabajo que tratase sobre la *etapa prenumérica y el concepto de número*. En cambio en los libros publicados por editoriales nacionales sí que es un tema que aparece con relativa frecuencia.

Tabla 8.18 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable F

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
F10: Obras completas en aritmética	23	3,88%
F20: Etapa prenumérica. Concepto de número	6	1,01%
F30: Números naturales	3	0,51%
F40: Enteros. Números racionales	10	1,69%
F50: Números reales. Números complejos	2	0,34%
F60: Teoría de números	0	0,00%
F70: Medida y unidades	5	0,84%
F80: Razón y proporción. Porcentajes	11	1,85%
F90: Matemáticas en la vida real. Aritmética práctica	3	0,51%
Total de documentos de esta categoría	63	10,62%

8.3.7. Variable G: Geometría

A nivel nacional, la Geometría parece despertar un mayor interés que a nivel internacional. Recordemos que solo un 1,87% de la producción recogida en las editoriales internacionales se centraba en este tema, en cambio, a nivel nacional el porcentaje sube a un 6,41%.

Tabla 8.19 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable G

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
G10: Obras completas en Geometría y enseñanza de la Geometría	15	2,53%
G20: Geometría informal	4	0,67%
G30: Áreas y volúmenes	2	0,34%
G40: Geometría sólida y del plano	15	2,53%
G50: Transformaciones geométricas	2	0,34%
G60: Trigonometría	0	0,00%
G70: Geometría analítica. Álgebra vectorial	0	0,00%
G80: Geometría descriptiva	0	0,00%
G90: Temas variados en geometría	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	38	6,41%

8.3.8. Variable H: Álgebra

En la tabla se observa que esta temática que todos los trabajos dentro de esta temática están dedicados al *álgebra elemental y a ecuaciones e inecuaciones*. Por el contrario, en la muestra internacional, recordemos no había ningún trabajo dedicado al tema de ecuaciones e inecuaciones.

Tabla 8.20 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable H

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
H10: Obras completas en Álgebra y en la enseñanza del Álgebra	0	0,00%
H20: Álgebra elemental	15	2,53%
H30: Ecuaciones e inecuaciones	14	2,36%
H40: Grupos, anillos y cuerpos	0	0,00%
H50: Estructuras algebraicas ordenadas	0	0,00%
H60: Álgebra lineal	0	0,00%
H70: Temas variados en Álgebra	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	29	4,89%

8.3.9. Variable I: Análisis

Dentro de esta categoría solo encontramos un trabajo que versa sobre funciones y sus aplicaciones. Esta tendencia coincide con la muestra internacional puesto que todos los trabajos relacionados con esta variable también estaban etiquetados con la misma subcategoría I20.

8.3.10. Variable K: Estadística

Se observa que la *Estadística* no es un tema muy recurrente entre los autores que publican en editoriales nacionales. Los seis trabajos que aparecen están dedicados a la *Estadística en general, Estadística descriptiva, Combinatoria y Probabilidad*.

Tabla 8.21 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable K

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
K10: Obras completas en Estadística	2	0,34%
K20: Combinatoria	1	0,17%
K30: Teoría de grafos	0	0,00%
K40: Estadística descriptiva	2	0,34%
K50: Teoría de Probabilidad	1	0,17%
K60: Distribuciones y procesos estocásticos	0	0,00%
K70: Inferencia estadística	0	0,00%
K80: Correlación y regresión	0	0,00%
K90: Temas variados en Estadística	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	6	1,01%

8.3.11. Variable M: Modelización matemática. Matemáticas aplicadas

En esta temática también coinciden la tendencia de la muestra internacional y nacional, en ambos casos los trabajos relacionados con la interdisciplinariedad son los que tienen mayor presencia.

Tabla 8.22 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable M

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
M10: Modelización matemática. Interdisciplinariedad	16	2,70%
M20: Matemáticas en la formación vocacional en las carreras de Educación	0	0,00%
M30: Matemáticas financieras	0	0,00%
M40: Investigación de operaciones económicas	0	0,00%
M50: Física. Astronomía. Tecnología. Ingeniería	1	0,17%
M60: Biología. Química. Medicina	1	0,17%
M70: Ciencias Sociales y del comportamiento	0	0,00%
M80: Arte. Música. Lenguaje. Arquitectura	0	0,00%
M90: Aplicaciones variadas	1	0,17%
Total de documentos de esta categoría	19	3,20%

8.3.12. Variables N, P, Q y R

De estas categorías no se ha registrado ningún documento en la muestra analizada.

8.3.13. Variable U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa

En la tabla se observa que dentro de esta temática, a los autores que publican en libros de editoriales nacionales les interesan bastante los temas relacionados con los materiales manipulativos y con las nuevas tecnologías aplicadas a la educación, marcando diferencias con la muestra internacional.

Tabla 8.23 Documentos relacionados con las categorías temáticas de la variable U

Subcategoría temática	Frecuencia	Porcentaje
U10: Obras completas	1	0,17%
U20: Libros de texto. Análisis de libros de texto	0	0,00%
U30: Manuales para el profesorado y programaciones	0	0,00%
U40: Libros de problemas, preguntas de competiciones y exámenes	0	0,00%
U50: Instrucción asistida por ordenador; e-learning; ordenador como medio educativo	0	0,00%
U60: Materiales manipulativos	15	2,53%
U70: Herramientas tecnológicas. Calculadoras	12	2,02%
U80: Medios audiovisuales	0	0,00%
U90: Temas variados en materiales educativos	0	0,00%
Total de documentos de esta categoría	28	4,72%

8.4. Análisis de colaboración

8.4.1. Colaboración en autoría

En la muestra de editoriales nacionales contamos con 282 autores, que firman un total de 268 documentos generando 430 firmas. Con estos datos, analizamos los indicadores de colaboración

Índice de colaboración (IC)

Nos da el número medio de autores por documento. Viene dado por la expresión

$$IC = \sum_{i=1}^N \frac{j_i \cdot n_j}{N} = \frac{434}{271} = 1.60$$

Al igual que ocurría con la muestra internacional, este índice de colaboración es inferior al obtenido en estudios centrados en revistas españolas como son Enseñanza de las Ciencias (1,84) o Suma (1,74) (Bracho-López et al., 2012; Maz-Machado et al., 2009).

A continuación mostramos el análisis diacrónico de la autoría. En la gráfica de la Figura 8.9 se puede apreciar que la producción individual supera a la producción en colaboración en todo el periodo de tiempo analizado, excepto en los años 1999 y 2011.

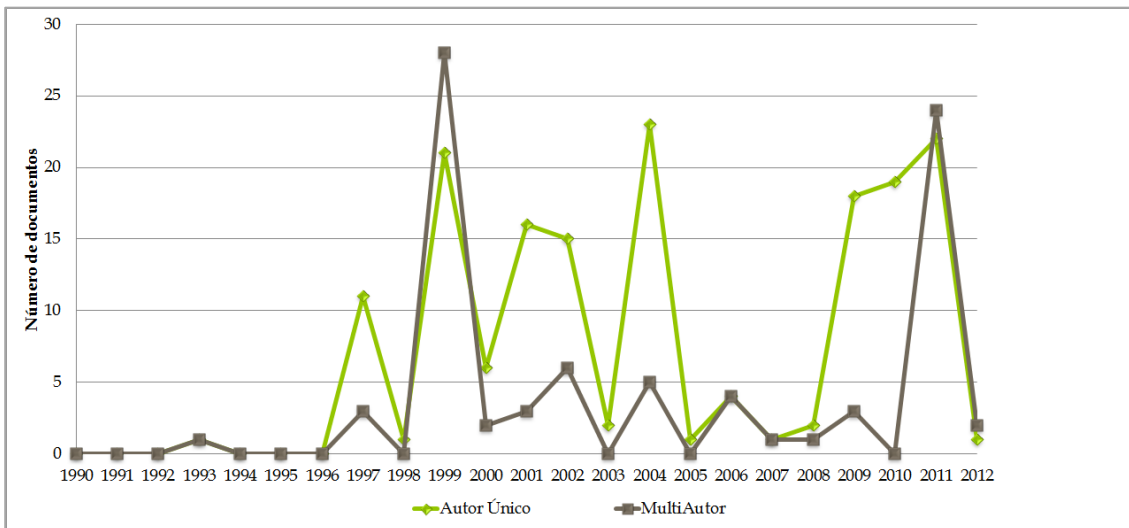


Figura 8.9 Representación diacrónica de la autoría (muestra nacional)

Grado de colaboración (GC)

Nos informa sobre la proporción de documentos de autoría múltiple en una muestra dada. Su resultado es un valor entre 0 y 1. Viene dado por la expresión:

$$GC = \frac{N_m}{N_m + N_s} = \frac{97}{271} = 0.36$$

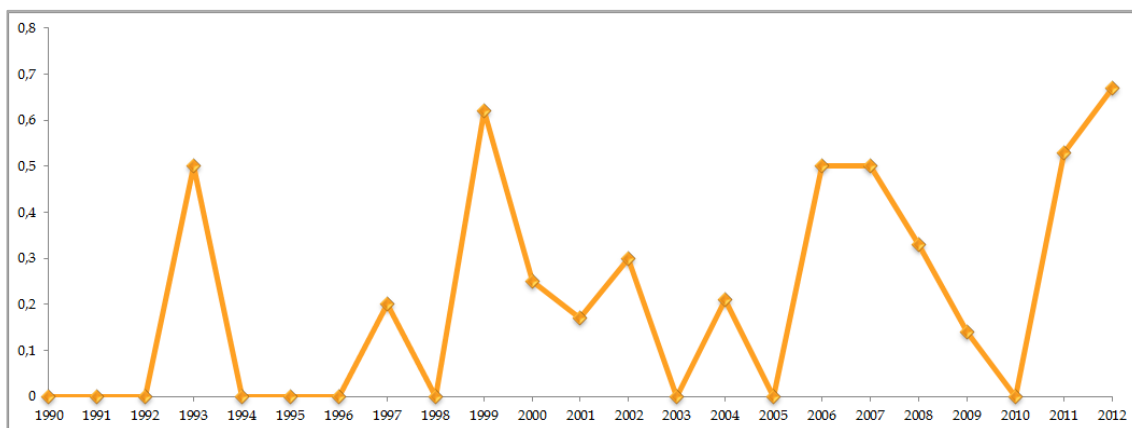


Figura 8.10 Representación diacrónica del grado de colaboración de autores

Observamos como el grado de colaboración ha sufrido muchas fluctuaciones a lo largo del periodo estudiado.

Coefficiente de colaboración (CC)

Nuevamente es un coeficiente cuyo valor oscila entre 0 y 1. Se obtiene a partir de la expresión

$$CC = 1 - \sum_{i=1}^N \frac{\left(\frac{1}{j_i}\right) \cdot n_{ji}}{N} = 0.14$$

Cabe destacar que los tres indicadores de colaboración dan valores muy bajos, por lo que podemos afirmar que la colaboración entre autores no es muy frecuente en la muestra nacional.

8.4.2. Indicadores de colaboración según género

Si analizamos la colaboración por género, de la gráfica resulta que la producción individual masculina siempre supera a la producción femenina, excepto en el año 2012 que es superior la femenina y el año 2006 en que ambas coinciden.

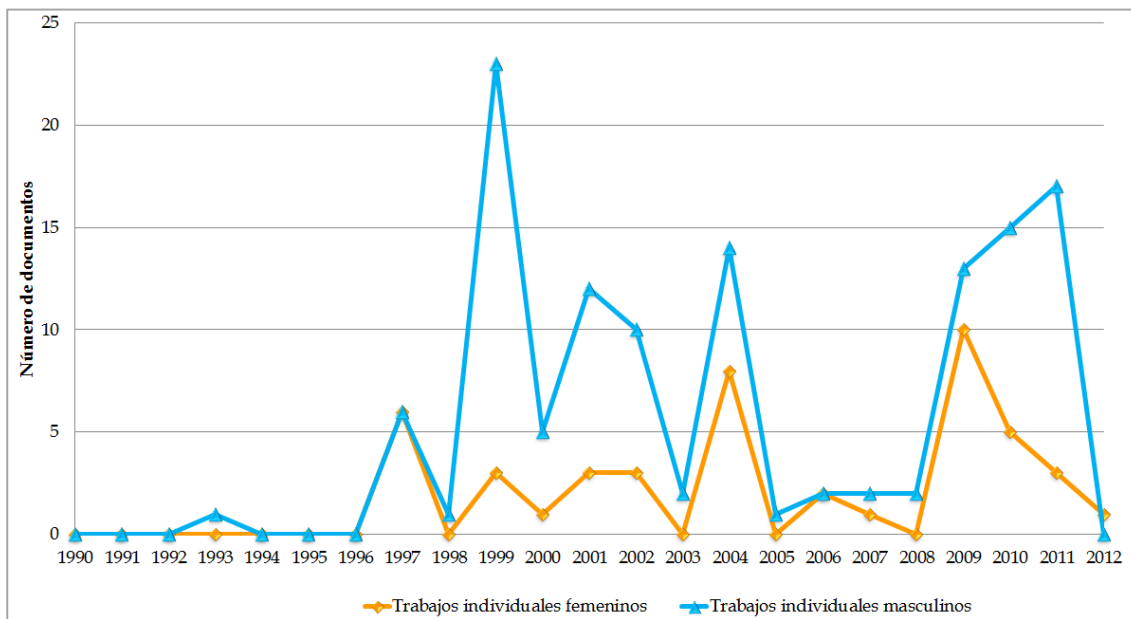


Figura 8.11 Comparativa de género en la producción individual

Si ahora analizamos la producción en coautoría de ambos grupos y añadimos el grupo de colaboración de género mixto, se observa que la producción de autoras en colaboración es casi inexistente, de hecho, solo durante cinco de los años analizados esta no es nula.

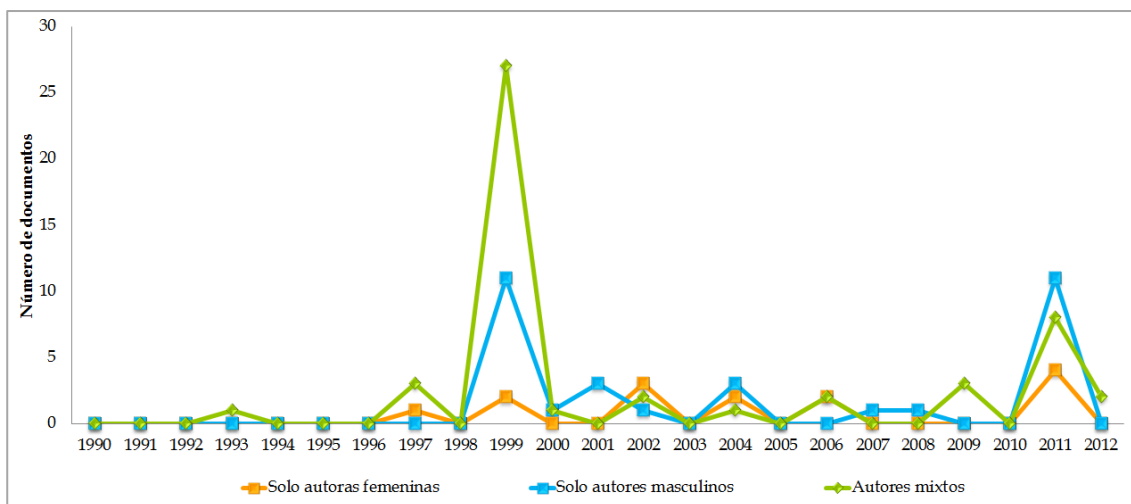


Figura 8.12 Comparativa por género de las publicaciones en coautoría

Calculamos el grado de colaboración en el grupo de autores masculinos y en el grupo de autoras, recordando que no tiene sentido calcularlo en el grupo mixto ya que siempre será 1. Así, obtenemos que para las autoras el grado de colaboración es 0.22 y

para los autores masculinos es de 0.21. Estos son prácticamente iguales en ambos grupos.

En la gráfica de la Figura 8.13 mostramos la evolución diacrónica de este índice en los dos casos.

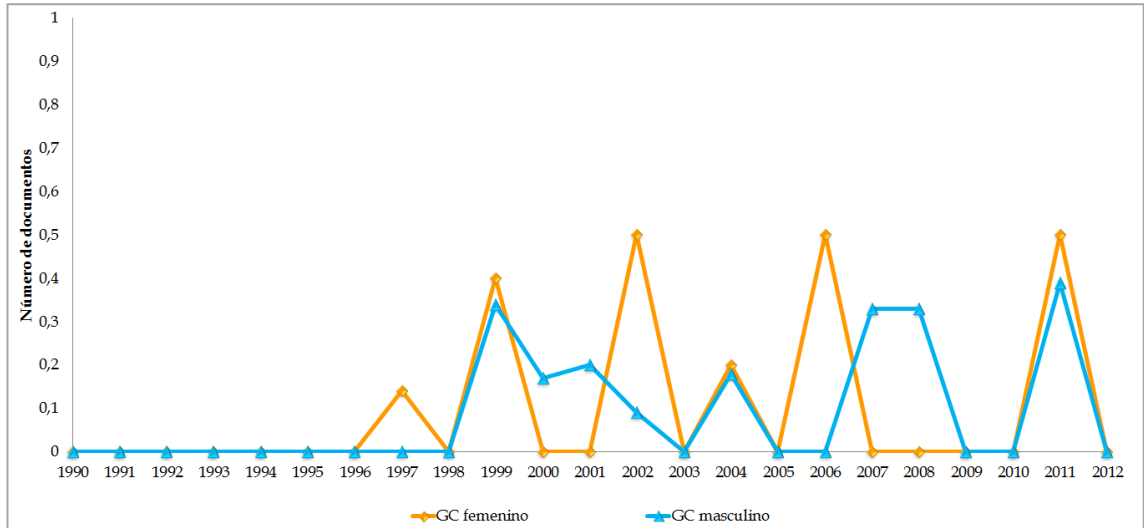


Figura 8.13. Evolución en el tiempo del grado de colaboración masculino y femenino

Se observa que no existe ninguna colaboración entre autores masculinos hasta 1998 y entre autoras hasta 1996.

Calculamos el índice de colaboración en cada uno de los tres grupos, es decir, el valor medio de número de autorías por documento, diferenciado por género (Tabla 8.24). En el grupo mixto se aprecia un mayor número de autorías por documento que en los grupos exclusivamente femenino y masculino.

Tabla 8.24. Número de autorías por documentos diferenciando por género

	Nº documentos	Nº autorías	Índice de colaboración
Femenino	59	79	1,34
Masculino	159	196	1,23
Mixto	53	157	2,96

8.4.3. Colaboración en países

La colaboración entre países en la muestra nacional es prácticamente inexistente, ya que solo en cuatro de los 271 documentos han participado dos países (en un caso Portugal y los tres restantes Estados Unidos).

8.4.4. Colaboración en instituciones

El grado de colaboración entre instituciones para la muestra nacional es de 0.15, la mitad aproximadamente de lo que habíamos obtenido para la muestra internacional.

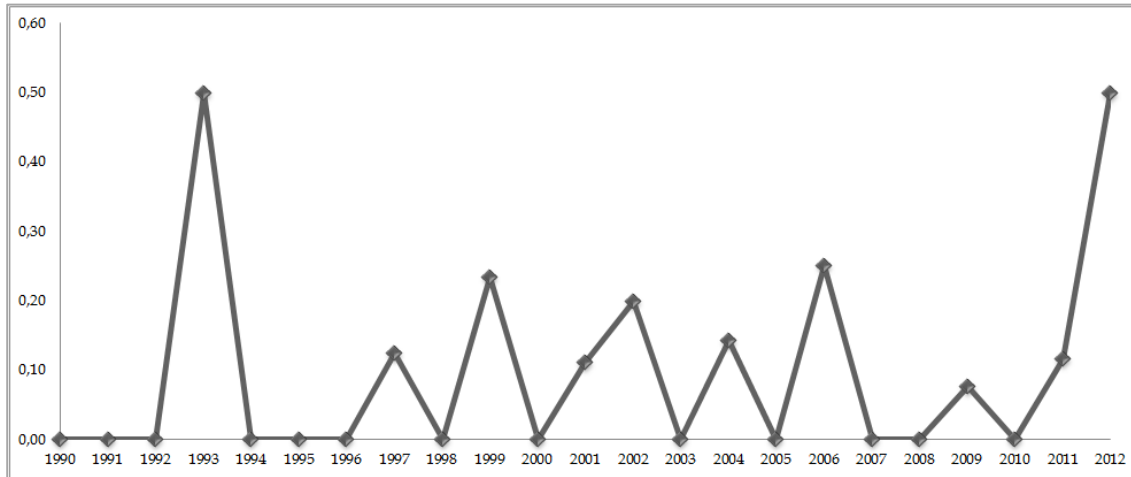


Figura 8.14 Evolución diacrónica del índice de colaboración entre instituciones

Se observa una gran fluctuación del grado de colaboración entre instituciones durante el periodo analizado, aunque siempre manteniéndose en valores muy bajos, excepto en los años 1993 y 2012.

8.4.5. Redes de colaboración de autoría

Para representar la red de colaboración de autores procedemos de la misma forma que en la muestra internacional.

En la Figura 8.15 aparece Rico como nodo principal de la red conectando a todos los demás autores.

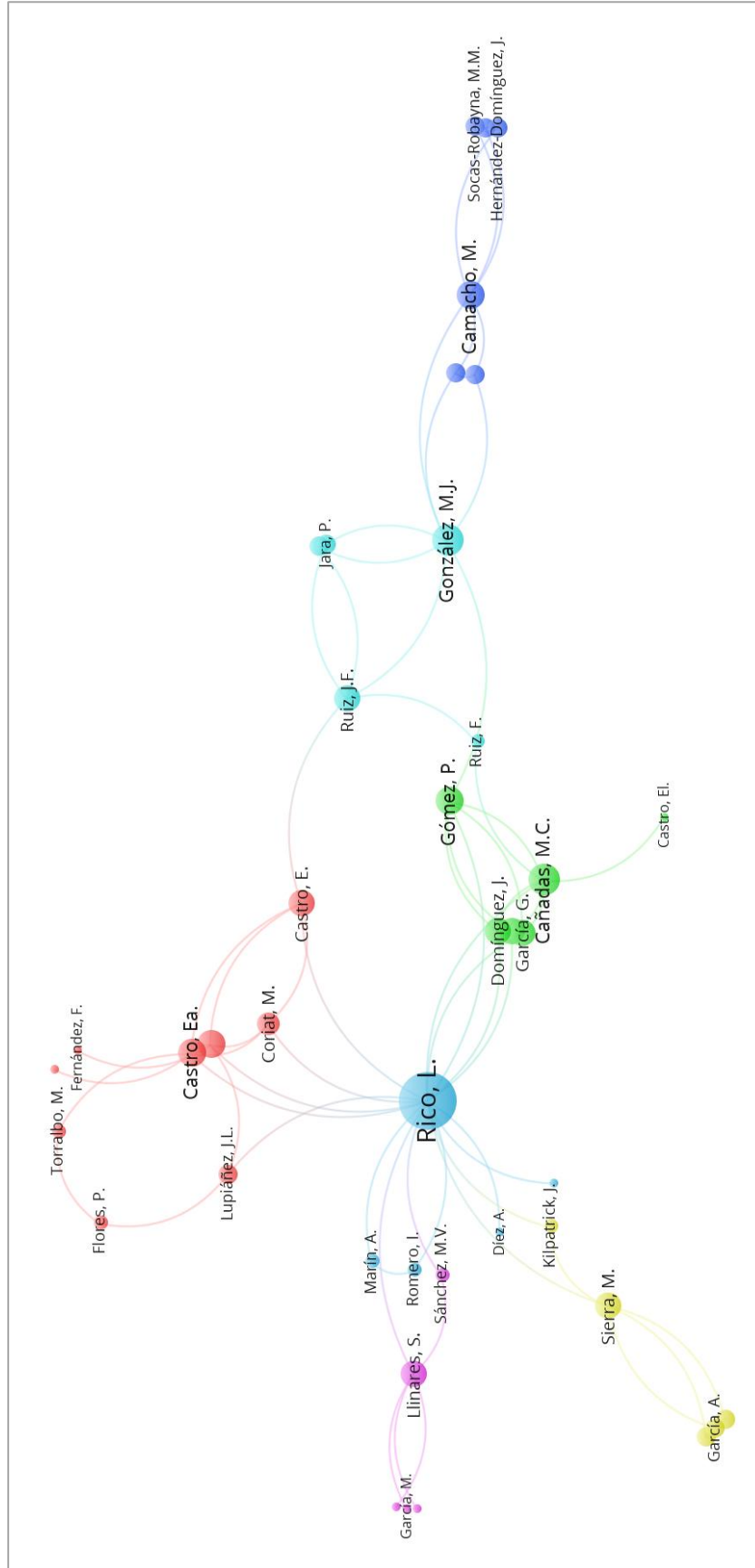


Figura 8.15 Red de colaboración de autores

8.4.6. Redes de colaboración de autoría según género

Empezamos el análisis de género en la colaboración entre autores por el grupo de autoras. En la Figura 8.16 se observa que la mayoría de las autoras no colaboran entre ellas, tan solo se observan escasas conexiones en los nodos del centro entre autoras como Encarnación Castro y Marta Molina, ambas de la Universidad de Granada o entre Trinidad Colomer y Nuria Ramos, de dos institutos de enseñanza secundaria.

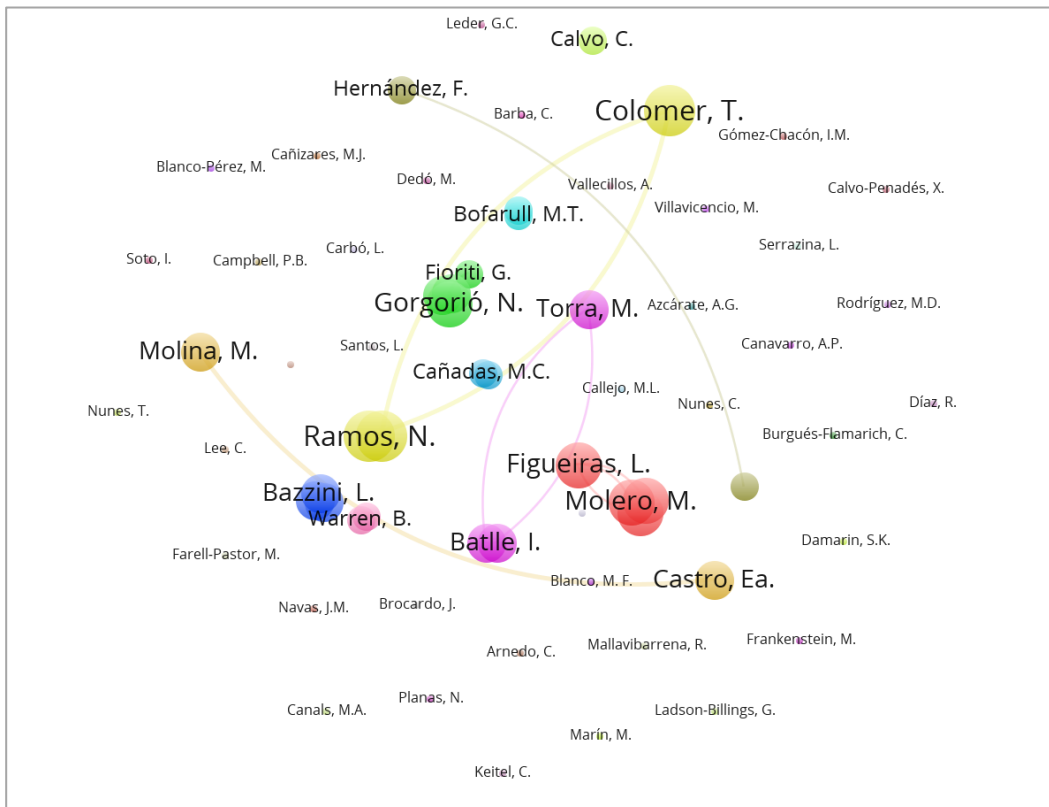


Figura 8.16 Red de colaboración autoras (muestra nacional)

A continuación mostramos la red de colaboración entre autores masculinos:

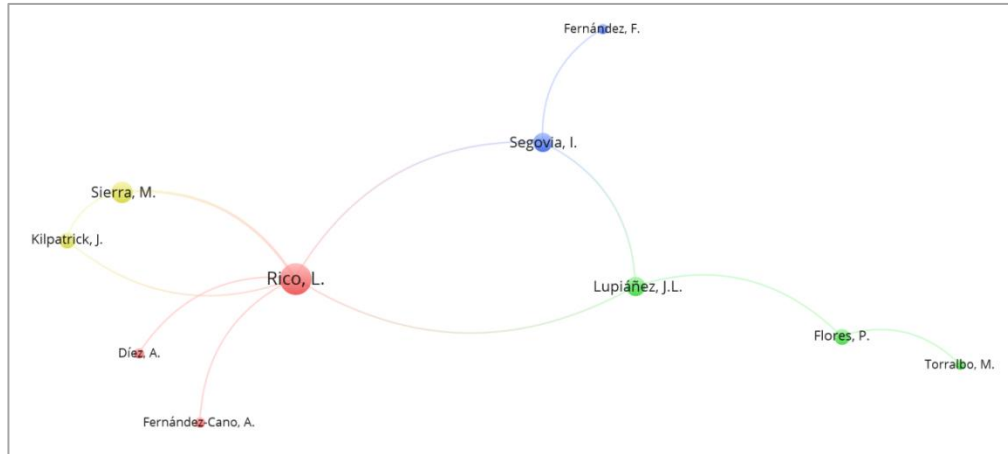


Figura 8.17 Red de colaboración entre autores masculinos (muestra nacional)

En la red se observa que Luis Rico representa el nexo de unión de toda la red, colaborando con colegas de su misma institución (Universidad de Granada) como Segovia o Lupiáñez, pero también con autores de otras universidades como Sierra (Universidad de Salamanca) o Kilpatrick (University of Georgia). Al igual que ocurría en la muestra internacional se confirma que la colaboración entre autores del mismo sexo exclusivamente, no es muy común.

Mostramos a continuación la red de colaboración entre autores mixtos

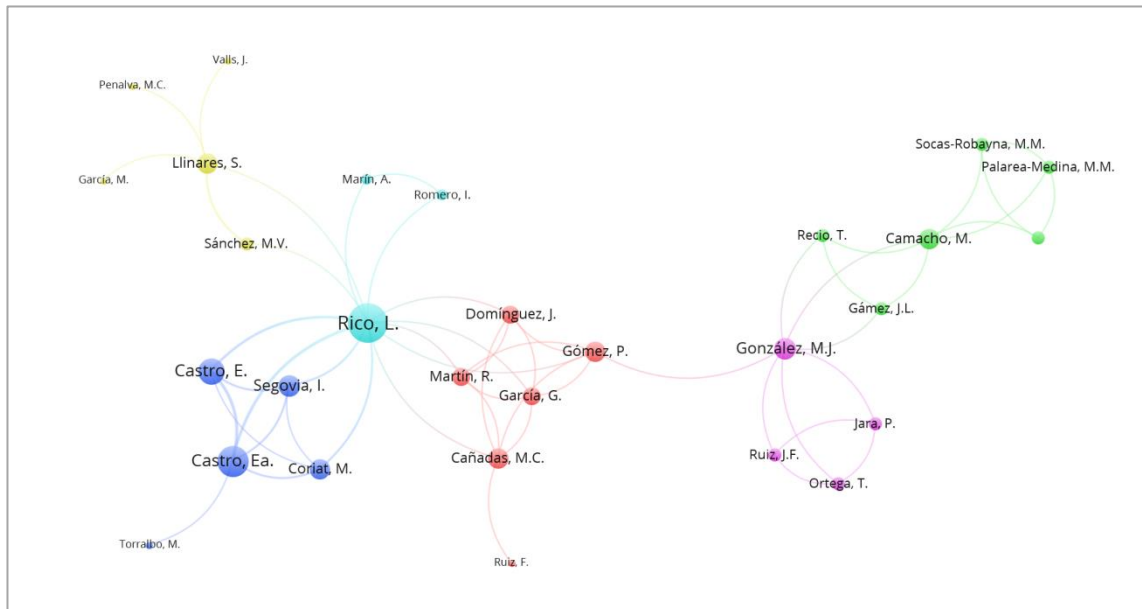


Figura 8.18 Red de colaboración entre autores mixtos (muestra nacional)

Nuevamente, aparece Rico como actor principal en la red de colaboración siendo el nexo de unión de tres clúster distintos, por tanto, se consolida como uno de los autores con más colaboración en el panorama nacional.

8.4.7. Redes de colaboración entre instituciones

En la siguiente figura presentamos la red de colaboración entre las instituciones a las que pertenecen los autores de la muestra de editoriales españolas.

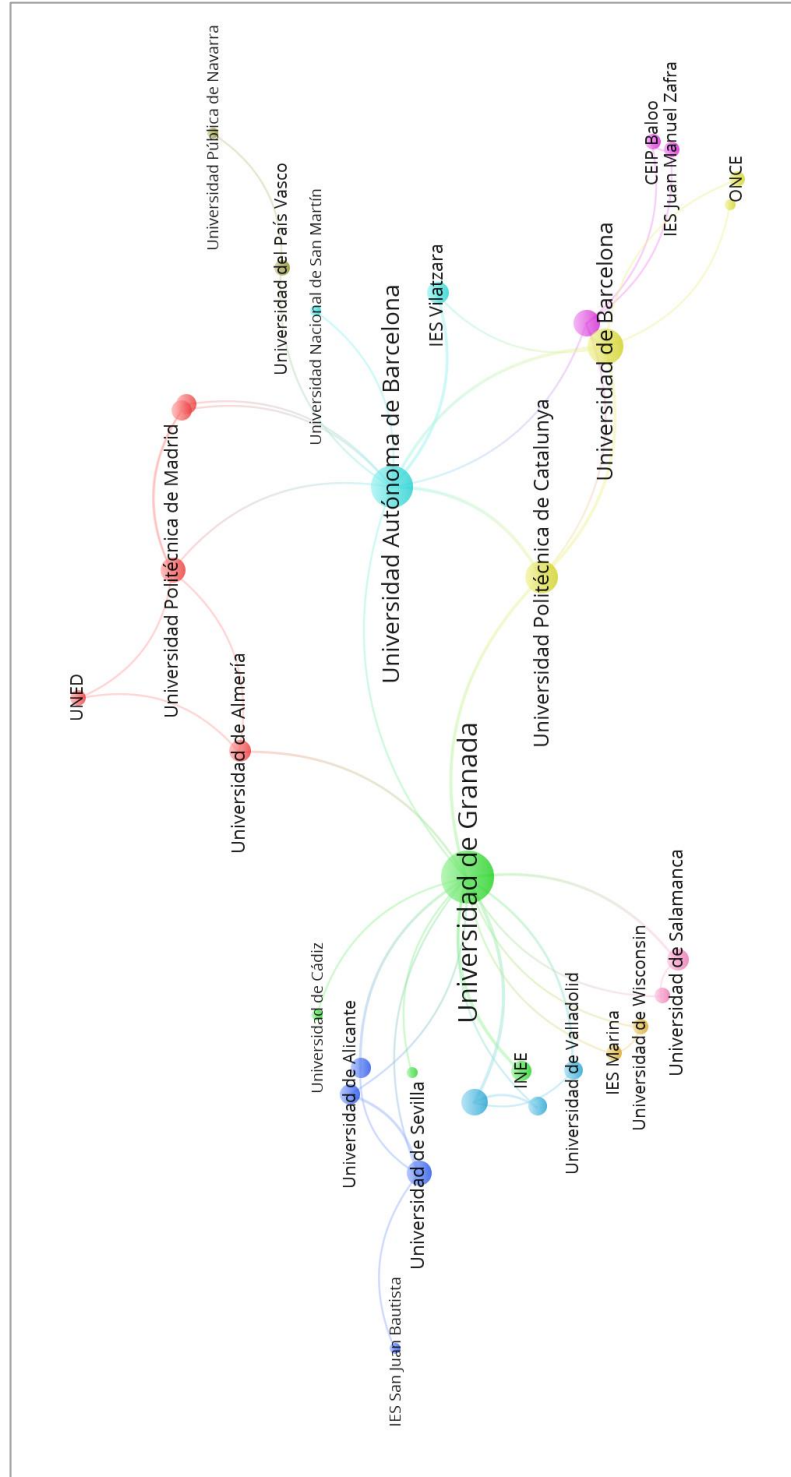


Figura 8.19 Red de colaboración entre instituciones (muestra nacional)

En la red se observa que la Universidad de Granada, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad de Barcelona son los actores principales de la colaboración entre instituciones en la muestra nacional. La Universidad de Granada, concretamente, presenta colaboraciones con varias universidades españolas, como la

de Sevilla, Salamanca o la de La Laguna, pero también con alguna institución extranjera, como la Universidad de Wisconsin.

8.4.8. Redes de cocitación de categorías

En la red de cocitación se aprecia un clúster central compuesto por las categorías D50, D60, A40, H30 y H20 que nos informa de la conexión entre documentos que versan sobre la resolución de problemas y estrategias heurísticas, con documentos que tratan sobre evaluación del alumnado un conjunto de nodos con mayor frecuencia y matemáticas y sociedad. Estos, a su vez están relacionados con el razonamiento y métodos de demostración en el aula de Matemáticas.

En otra parte de la red, se aprecia un clúster centrado en formación de profesorado que abarca un amplio abanico de temáticas, con nodo principal en obras completas de Educación Matemática para la formación de profesorado (D19).

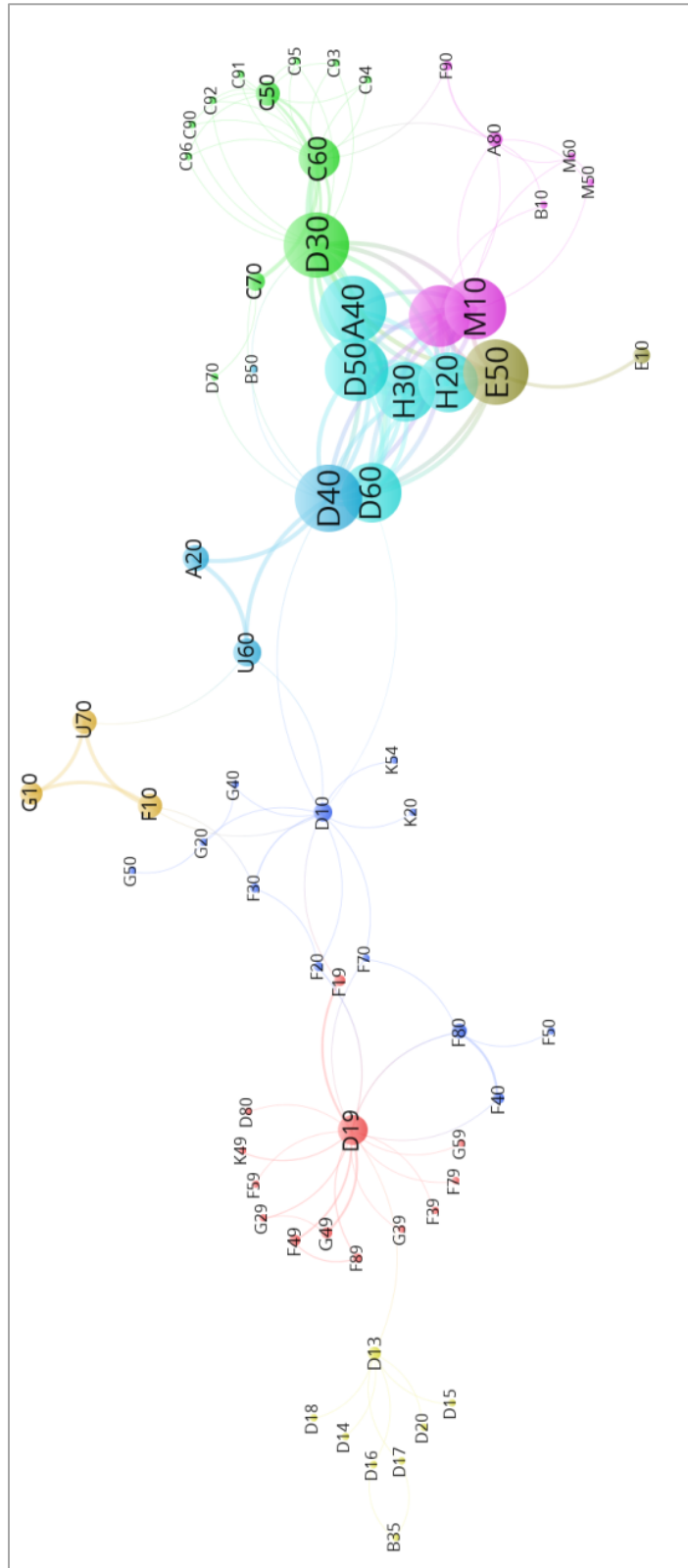


Figura 8.20 Red de cocitación de categorías

8.4.9. Red de cocitación de términos de los títulos de documentos

Analizamos las temáticas tratadas por los autores de la muestra de editoriales españolas a través de los términos usados en el título de los documentos, así obtenemos la siguiente red de cocitación:

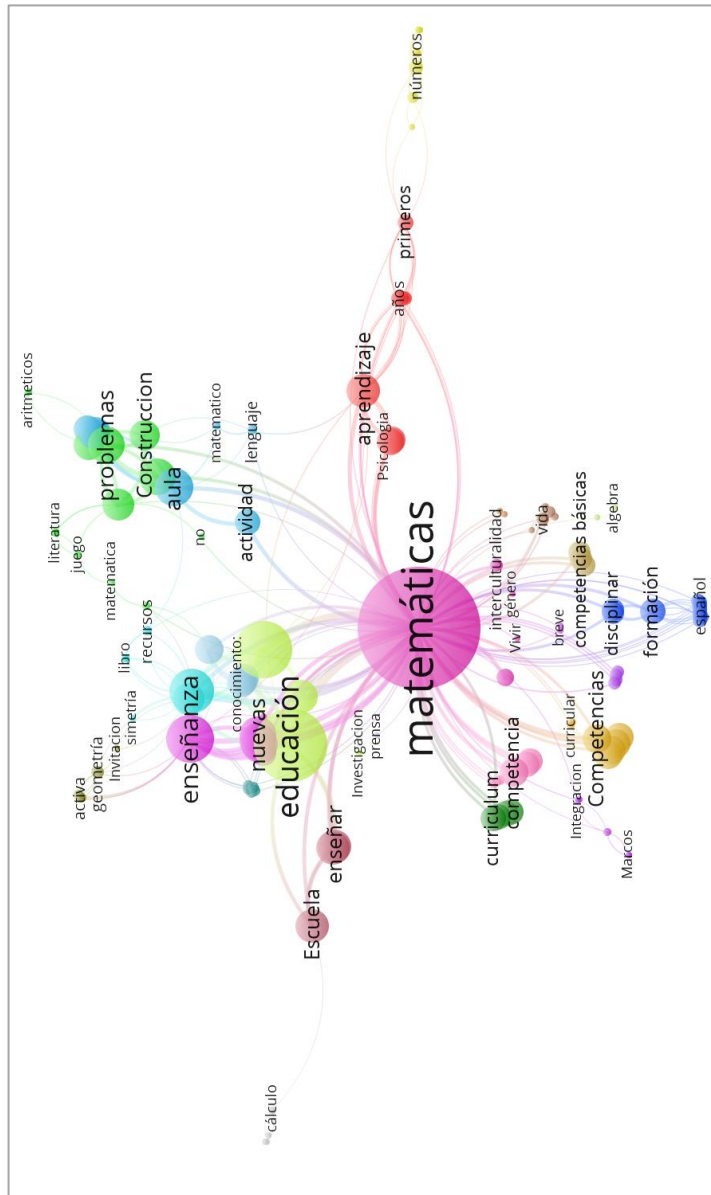


Figura 8.21 Red de cocitación de términos de los títulos de documentos (muestra nacional)

En la red se aprecia un claro dominio del término “Matemáticas”. Los autores de la muestra abordan, principalmente, temas relacionados con las Matemáticas en Educación Primaria. Destaca también el interés por temas relacionados con la actividad en el aula y con competencias básicas y currículum.

CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES

- 9.1. Conclusiones sobre el análisis cuantitativo
- 9.2. Conclusiones sobre el análisis de contenido
- 9.3. Alcance de los objetivos
- 9.4. Verificación de hipótesis
- 9.5. Limitaciones del estudio
- 9.6. Líneas de investigación futuras y recomendaciones

En el presente trabajo se ha realizado un análisis de la producción científica en Educación Matemática publicada en libros de seis editoriales internacionales así como en ocho editoriales nacionales, entre los años 1990 y 2012. El análisis se ha realizado desde dos perspectivas: la cuantitativa y la cualitativa.

En este capítulo presentamos las conclusiones de esa investigación, analizamos el alcance de los objetivos y la verificación de las hipótesis. Asimismo, mencionamos las limitaciones del estudio y las posibles vías de continuación del mismo.

9.1. Conclusiones sobre el análisis cuantitativo

9.1.1. Indicadores personales

Con respecto al análisis de género se concluye que en la muestra internacional la representación de autoras y autores masculinos está muy igualada, rozando el 50% en ambos casos, como puede verse en el apartado 7.1. En cambio, en la muestra nacional sí hay una ligera diferencia entre los dos grupos, firmando las autoras el 40% de los documentos y los autores masculinos casi el 60% (apartado 8.1). Esta diferencia puede deberse al retraso general que sufrió el desarrollo del área en nuestro país, así como a las circunstancias sociales que acontecían en la época de finales de los 70 y principio de los 80. Muestra de ello es que no aparece ninguna publicación de autoras en solitario hasta el año 1997.

9.1.2. Indicadores de productividad

En cuanto a la productividad de los autores, tal y como predice la ley de Lotka, hay un gran número de autores que publican pocos documentos, en concreto, para el caso de la muestra internacional casi el 70% de los autores publica un solo documento

y en el caso de la muestra nacional ese porcentaje asciende hasta el 76,60%. Con lo cual, ambas muestras presentan un alto índice de transitoriedad.

Los autores más productivos en la muestra internacional son Bharath Sriraman (31 documentos), Paul Cobb (27 documentos) y Ole Skovsmose (23 documentos), y para la muestra nacional, Luis Rico (16 documentos). Para ver un listado más extenso de la producción de los autores consultar las Tabla 7.4 y Tabla 8.4.

En el análisis de la producción desde la perspectiva de género podemos concluir que prácticamente un tercio de la producción de la muestra internacional es firmada por autoras exclusivamente (32,16%), ese porcentaje sube un poco para los autores masculinos en exclusividad (39,70%) y baja para los trabajos en los que participan autores de ambos sexos (28,15%).

Las grandes productoras, de acuerdo a la clasificación de Bradford, son Gilah C. Leder con 11 documentos, Lyn D. English y Norma C. Presmeg con 10 documentos cada una.

En la muestra nacional encontramos una diferencia más significativa entre la producción masculina y la femenina. Los autores masculinos cuentan con una producción del 58,21% y las autoras con solo el 22,39%, por lo que, en este caso, sí que podemos hablar de un sesgo de género en la publicación de libros dentro del área de Educación Matemática en España.

Con respecto al análisis de la producción por países, se concluye que hay un predominio absoluto de los países de habla inglesa, con Estados Unidos a la cabeza, firmando el 47,47% de los documentos. El primer país que encontramos en el ranking de producción con una lengua oficial distinta a la inglesa es Francia (2,86%), seguido de Israel (2,77%), Alemania (2,20%) e Italia (2,04%). Si bien recordamos que todos los documentos de la muestra están escritos en inglés.

En la muestra nacional, como era de esperar, el país que más aparece es España, con el 82,85% de la producción. Si lo dejamos a un lado, nuevamente resulta Estados Unidos el país con más documentos firmados (5,84%) seguido de Portugal (3,10%), aunque con unos porcentajes anecdóticos con respecto al porcentaje de España. Hecho que indica como las editoriales nacionales tienen un campo de actuación local y no cuentan con el prestigio suficiente, a nivel internacional, dentro del área de Educación Matemática, como para que autores extranjeros decidan publicar sus trabajos en ellas. Otra razón quizás sea la barrera del idioma, ya que todas las editoriales nacionales publican en español.

En cuanto al análisis de la producción por instituciones, en la muestra internacional aparecen 1328 instituciones, entre ellas la Utrecht University de Holanda,

sede del Freudenthal Institute, aparece con la productividad más elevada, con un total de 80 documentos. Seguida de la Vanderbilt University con 68 documentos. No es hasta la posición vigésimo novena para encontrar una institución de habla hispana, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados de México (CINVESTAV) con 30 documentos.

La primera institución española que encontramos en esta muestra es la Universidad de Granada con 22 documentos, seguida de la Universidad Autónoma de Barcelona con 11 documentos.

En el análisis de la ley de Bradford para instituciones se concluye que un total de 31 instituciones generan el 25% de toda la producción de la muestra analizada, es lo que corresponde al que se conoce como núcleo de las zonas de Bradford.

En lo que se refiere a la muestra nacional, aparecen 137 instituciones, destacando en primer lugar la Universidad de Granada con 92 documentos. Este resultado, junto con el obtenido en la muestra internacional, hace que la Universidad de Granada sea un referente en la investigación en Educación Matemática. En segundo lugar aparece la Universidad Autónoma de Barcelona con 20 documentos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Bracho-López (2010) analizando las revistas de educación más conocidas en el ámbito nacional español.

9.1.3. Análisis de colaboración

En relación a la colaboración en la autoría de trabajos, en la muestra internacional se obtiene un grado de colaboración de 1.88. Este valor no alcanza el grado de colaboración que se suele establecer para las ciencias sociales, situado en dos firmas por trabajo (Bordons & Gómez, 1997). En la muestra nacional el grado de colaboración es incluso menor, 1.60, como puede verse en el apartado 8.4.1.

9.2. Conclusiones sobre el análisis de contenido

El análisis de contenido realizado a través de la clasificación temática de categorías de MathEduc viene a confirmar lo que otros estudios bibliométricos sobre Educación Matemática han hallado (Bracho-López, 2010; Torralbo-Rodríguez, 2002; Vallejo-Ruiz, 2005), los temas que más interesan a los investigadores en Educación Matemática son *Educación e instrucción Matemática*, *Psicología de la Educación Matemática*, *Investigación en Educación Matemática* y temas generales de *Matemáticas y Educación*. En ambas muestras se obtienen los mismos resultados a este respecto, como puede comprobarse en los apartados 7.3 y 8.3.

Por el contrario, los resultados difieren en el análisis de la categoría E, *Fundamentos de las Matemáticas*, mientras que a los autores que publican en editoriales nacionales los temas que más le interesan son *Razonamiento y métodos de demostración en el aula de Matemáticas*, a sus colegas que publican en editoriales internacionales le interesa más la subcategoría de *Filosofía y Matemáticas*.

Otra diferencia encontrada es que los autores de la muestra nacional publican más trabajos relacionados con contenidos propios de las Matemáticas que los autores de la muestra internacional.

Con respecto a la red de cocitación de términos de títulos mostradas en los apartados 7.4.10 y 8.4.9, se concluye que, tanto en la muestra de editoriales internacionales como en la de editoriales nacionales, el nodo central es, como era de esperar, el término matemáticas.

En cuanto al nivel académico predominante al que se refieren los documentos analizados en ambas muestras, sí que encontramos diferencias: mientras que los autores de la muestra internacional se centran, principalmente, en Enseñanza Secundaria y Universidad, los autores de la muestra nacional focalizan su atención en Educación Primaria.

9.3. Alcance de los objetivos

Recordemos que el objetivo general de esta investigación es analizar la producción en Educación Matemática a través de un estudio ciencométrico y conceptual de los libros publicados en el área en un periodo comprendido entre 1990 y 2012. Este objetivo general se perfilaba a través de unos específicos.

El primero de los objetivos específicos se refiere al análisis conceptual:

- OE 1. Detectar tendencias y patrones en los temas de trabajo en el área de Educación Matemática.

Podemos decir que este objetivo se ha cumplido a través del análisis de las categorías temáticas de los documentos y a través del análisis de cocitación de términos de los títulos de los documentos.

Se ha podido dibujar un mapa conceptual de la producción científica en Educación Matemática publicada a través de libros. En este análisis se ha comprobado que los investigadores del área tratan temáticas muy diversas, pero un peso considerable de la producción está dedicado a temas relacionados directamente con la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

- OE 2. Identificar y describir las redes de colaboración a nivel institucional, geográfico y personal.

Creemos que este objetivo se ha cumplido con el análisis de redes. Estas nos proporcionan una visión de la colaboración mucho más rica que la que nos dan los indicadores de colaboración. De hecho hemos visto cuán diversas son las relaciones de colaboración entre los autores de la muestra, así como entre instituciones y países.

- OE 3. Identificar los autores más productivos del campo disciplinar
- OE 4. Identificar las instituciones más productivas del campo disciplinar.

Ambos objetivos se han conseguido a través del análisis de las variables *autores con más producción* e *instituciones con más presencia*, como se ha visto en los apartados 7.2.2, 8.2.2, 7.2.8 y 8.2.5.

- OE 5. Comprobar si la producción en Educación Matemática difundida a través de libros verifica las principales leyes bibliométricas.

Hemos comprobado las tres leyes bibliométricas: Price, Lotka y Bradford. Aunque los resultados obtenidos han sido distintos en la verificación. Por un lado, se ha comprobado que la producción de Educación Matemática difundida a través de libros verifica la ley de Bradford aplicada a las instituciones, aunque no así para países. Por otro lado, hemos aplicado la Ley de Lotka a los autores y se ha comprobado que su productividad no se ajusta (con un nivel de significación del 0.01) a esta Ley.

En cuanto a la ley de Price, hemos visto que el ajuste de la producción a una curva exponencial, tal y como predijo Price, no es demasiado bueno ($R^2=0.927$), por lo que este resultado debe tomarse con precaución. Es posible que, con una muestra más amplia, se hubiera conseguido un mejor ajuste.

- OE 6. Cuantificar la tasa de variación interanual en la producción de libros de Educación Matemática

Se ha podido cuantificar la tasa de variación interanual de la producción, observándose un comportamiento muy dispar de esta tasa a lo largo del periodo de tiempo analizado.

- OE 7. Analizar desde la perspectiva de género la producción en Educación Matemática difundida a través de libros.

Se ha podido realizar un análisis de género de los autores que firman los documentos muestra seleccionada. Aunque ha sido un objetivo complicado de conseguir por la tradición de no firmar con el nombre completo. Finalmente se ha obtenido que no hay sesgo en cuanto al género en la muestra internacional, aunque la

producción masculina es ligeramente superior a la femenina. En cambio, este sesgo sí que está presente en la muestra de editoriales españolas.

- OE 8. Identificar y cuantificar la producción científica en Educación Matemática en España difundida a través de libros.

Este objetivo se ha alcanzado, si bien la producción no ha sido muy numerosa por lo que el análisis no ha sido podido realizarse con la misma profundidad que el análisis internacional.

- OE 9. Elaborar una base de datos que sirva de instrumento de trabajo para diferentes agentes implicados en área de la Educación Matemática.

Conseguir este objetivo ha sido el trabajo más laborioso, por lo menos en términos de tiempo. Un proceso largo y concienzudo ha producido sus frutos con la elaboración de una base de datos bastante completa que puede ser de utilidad a otros investigadores del área, ya que permite visualizar la producción publicada a través de libros desde perspectivas muy diferentes.

9.4. Verificación de hipótesis

En relación a las hipótesis de trabajo establecidas para el trabajo podemos decir:

H5. La producción en Educación Matemática difundida a través de libros en el periodo comprendido entre 1990 y 2012 abarca un amplio rango de ejes temáticos, pero la mayoría de ellos están relacionados con la educación formal.

Se ha podido catalogar la producción analizada a través de una serie de categorías basadas en la clasificación temática de MathEduc que han permitido establecer que, efectivamente, se abordan un amplio abanico de temáticas. Igualmente cabe mencionar una cierta preferencia a tratar temas relacionados con la instrucción en matemáticas principalmente, como ha resultado de los análisis descritos en el apartado 9.2.

H6. De forma general, la producción en Educación Matemática difundida a través de libros verifica alguna de las leyes ciencométricas.

Efectivamente, la producción de la Educación Matemática publicada a través de libros verifica, al menos, la ley de Bradford para las instituciones (ver 7.2.9). También se verifica la ley de Price, aunque este resultado hay que tomarlo con cautela, como ya hemos comentado.

H7. La mujer desempeña un papel relevante en la investigación en Educación Matemática en la producción del área difundida a través de libros.

Los resultados arrojados por la investigación nos permiten afirmar que en la muestra internacional el papel de la mujer está prácticamente al mismo nivel que el de los autores masculinos, hecho que se ha podido comprobar tanto a nivel de número de autores masculinos y femeninos, como a nivel de productividad. Por tanto, podemos afirmar que a nivel internacional no hay sesgo relativo al género.

En la muestra nacional no podemos afirmar lo mismo, ya que tanto el número de autoras como la productividad de las mismas es inferior al de los hombres.

H8. Los libros publicados en el área de Educación Matemática se firman, mayoritariamente, por un solo autor.

Los resultados relativos a colaboración obtenidos nos hacen rechazar esta hipótesis, si bien la colaboración no es muy alta, en general, los indicadores hallados dan indicios de colaboración, como hemos visto en los apartados 7.4.1 y 8.4.1.

9.5. Limitaciones del estudio

El carácter descriptivo de este estudio ha hecho que analicemos la producción en Educación Matemática desde diferentes puntos de vista y atendiendo a diferentes variables. Esta perspectiva amplia nos proporciona una visión precisa de la muestra analizada.

Una de las primeras limitaciones del estudio se sitúa en la muestra precisamente, una muestra más amplia nos habría permitido establecer generalizaciones.

El análisis de la colaboración a partir de los índices de coautoría no es un tema baladí, cuando inferimos colaboración del índice de coautoría corremos el riesgo de negar alguna colaboración así como no estamos muy seguros de las razones actuales que hay detrás de la coautoría. Debemos usarlo con precaución y tomando los resultados de colaboración dados como una mapa general de la cuestión.

Otra limitación del trabajo la encontramos en la muestra de documentos publicados por editoriales españolas, durante el desarrollo de la investigación se ha podido comprobar que en España se utilizan otras vías de publicación a tener en cuenta, como son las editoriales de las asociaciones de profesorado de Educación Matemática y las editoriales universitarias.

9.6. Líneas de investigación futuras y recomendaciones

A la vista de los resultados presentados en este trabajo y teniendo en cuenta otros trabajos de investigación que se están realizando analizando la producción

científica en Educación Matemática publicada en revistas indexadas en bases de datos como WoS o SCOPUS, faltaría para completar un análisis profundo de la producción en el área el análisis de los trabajos publicados en congresos del área. Con esto tendríamos un perfil bien dibujado de la investigación en Educación Matemática a nivel internacional.

También sería interesante analizar la evolución en el tiempo de la red de cocitación de términos de los títulos. En este trabajo se ha hecho un análisis general, pero el análisis de la evolución en el tiempo nos puede dar datos fundamentales sobre la evolución de la disciplina.

Otra futura línea de investigación podría consistir en realizar un análisis profundo de relación de términos en los ICMI Study books y los NCTM Yearbook. Esto nos permitiría comparar en qué trabajan la parte más teórica de los investigadores en Educación Matemática, que sería lo que correspondería a los ICMI Study books, con la parte más práctica de la investigación en el área, que estaría presentada en los NCTM Yearbooks. Se podría ver si los temas de investigación son distintos en los dos casos, o analizar la evolución en el tiempo de las temáticas tratadas en ambas series.

También sería muy interesante analizar la muestra por niveles educativos, para detectar si ha habido algún cambio de tendencias en ese aspecto, como refleja Kilpatrick (1998, p. 10).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamuz-Povedano, N. (2011). *El proyecto PISA en la investigación en Educación Matemática. Un análisis en la base de datos SCOPUS*. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada, Granada.
- Adamuz-Povedano, N., Jiménez-Fanjul, N., & Maz-Machado, A. (2013). Búsqueda de descriptores que caractericen una disciplina emergente en WoS y SCOPUS: el caso de la Educación Matemática. *Biblios*, 50.
- AENOR. (2001). *Información y documentación. Vocabulario. UNE-ISO 5127:2010*. Madrid: AENOR.
- Ajiferuke, I., Burrell, Q., & Tague, J. (1988). Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, 14, 421-433.
- Araújo-Ruiz, J. A., & Arencibia-Jorge, R. (2002). Informetria, bibliometria y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *ACIMED*, 10(4).
- Batagelj, V., & Mrvar, A. (2007). Pajek software. Retrieved from <http://pajek.imfm.si/doku.php>
- Beaver. (2001). Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present and future. *Scientometrics*, 52(3), 365-377.
- Beaver, D., & Rosen, R. (1978). Studies in Scientific Collaboration I. The professional origins of scientific coauthorship. *Scientometrics*, 1(1), 65-84.
- Beaver, D., & Rosen, R. (1979). Studies in Scientific Collaboration II. Scientific co-authorship, research productivity and visibility in the French scientific elite 1799-1830. *Scientometrics*, 1(2), 139-149.
- Bishop, A. J. (1992). International Perspectives on Research in Mathematics Education. In *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning* (pp. 710-723). New York: McMillan.

- Bizquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa. Guía práctica*. Barcelona: Promociones Publicaciones Universitarias.
- Bordons, M., & Gómez, I. (1997). La actividad científica española a través de indicadores bibliométricos en el período 1990-93. *Revista General de Información Y Documentación*, 7(2), 69-86.
- Bos, N., Zimmerman, A., Olson, J., Yew, J., Yerkie, J., Dahl, E., & Olson, G. (2007). From shared databases to communities of practice: a taxonomy of collaboratories. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 12(2), 652-672.
- Bourke, P., Butler, L., & Biglia, B. (1996). Monitoring Research in te Periphery: Australia and the ISI Indies. *Research Evaluation and Policy Project, Monograph* .
- Bracho-López, R. (2010). *Visibilidad de la Investigación en Educación Matemática en España. Análisis ciencométrico y conceptual de la producción de artículos científicos (1999-2008)*. Departamento de Educación. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Bracho-López, R., Jiménez-Fanjul, N., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., & Fernández-Cano, A. (2014). Producción Científica sobre Narrativa en Educación Matemática en la Web of Science. *BOLEMA*, 28(49), 744-761.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Guitiérrez-Arenas, P., Torralbo-Rodríguez, M., Jiménez-Fanjul, N., & 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. doi:10.3989/redc.2012.2.870
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N., Guitiérrez-Arenas, P., & Torralbo-Rodríguez, M. (2011). La investigación en Educación Matemática en la revista Epsilon. Análisis ciencométrico y temático (2000-2009). *Epsilon*, 27(2), 9-25.
- Bracho-López, R., Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Gutiérrez-Arenas, P., Hidalgo-Ariza, M. D., & Jiménez-Fanjul, N. (2011). La ley de Lotka aplicada a la producción de artículos científicos de Educación Matemática en revistas españolas. *Biblios: Revista de Bibliotecología Y Ciencias de La Información*, (39).
- Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Maz-Machado, A., & Adamuz-Povedano, N. (2014). Tendencias Temáticas de la Investigación en Educación Matemática en España. *BOLEMA*, 28(50).
- Bradford, S. C. (1948). *Documentation*. London: Crosby Lockwood.
- Broadus, R. N. (1987). Toward a definition of "Bibliometrics." *Scientometrics*, 12(5-6), 373-379.
- Bunge, M. (1985). *Epistemología*. Barcelona: Ariel.

- Burkhardt, H. (1988). The roles of theory in a “systems” approach to mathematical education. *ZDM*, 5, 174–177.
- Callon, M., Courtial, J.-P., & Laville, F. (1991). Co-Word Analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22(1), 155–205.
- Canales, H., & Mesa, M. (2002). Bibliometría, Informetría, Cienciometría: Su Etimología y Alcance Conceptual. Retrieved from <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/eventos/index/assoc/HASH0160.dir/doc.pdf>
- Carpenter, T. P., & Fennema, E. (1992). Cognitively guided instruction: Building on the knowledge of students and teachers. In *Curriculum reform: The case of mathematics education in the United States* (pp. 457–470). Elmsfors: Pergamon Press.
- Carro, L. (2002). *Análisis Bibliométrico y Normalización Científica de la Revista Interuniversitaria de formación de Profesorado (1987-2001)*. Universidad de Valladolid.
- Chompalov, I., Genuth, J., & Shrum, W. (2002). The organization of scientific collaborations. *Research Policy*, 31, 749–767.
- Clarke, S. (2001). Earnings of men and women in the EU: the gap narrowing but slowly. *Eurostat Data-Statistics in Focus*, 5.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. R. B. (2007). *Research methods in education* (6^a ed.). Psychology Press.
- Cole, J. R., & Zuckerman, H. (1984). The productivity puzzle: persistence and change in patterns of publication on men and women scientists. In M. L. Maehr & M. W. Steinkamp (Eds.), *Advances in motivation and achievement* (pp. 217–256). Greenwich: JAI Press.
- Comission, E. (n.d.). Research & Innovation: Gender Equality.
- Copenheaver, C. A., Goldbeck, K., & Cherubini, P. (2010). Lack of gender bias in citation rates of publications by dendrochronologists: What is unique about this discipline? *Tree-Ring REsearch*, 66(2), 127–133.
- Crane, D. (1969). Social Structure in a Group of Scientists: A Test of the “Invisible College” Hypothesis. *American Sociological Review*, 34(3), 335–352.
- Crane, D. (1972). *Invisibles Colleges*. Chicago: The University of Chicago Press.
- D’Ambrosio, U. (2013). *Etnomatemáticas. Entre las tradiciones y la modernidad* (2nd ed.). Madrid: Ediciones Díaz de Santeos, S.A.
- Damarin, S. K. (1995). Gender and mathematics from a feminist standpoint. In W. S.

Secada, E. Fennema, & L. Byrd (Eds.), *New directions for equity in mathematics education*. New York: Cambridge University Press.

de Moya-Anegón, F. (2003). Visibilidad internacional de la investigación española en Ciencias de la Educación. El caso de la Didáctica de la Matemática. In E. Castro (Ed.), *Investigación en educación matemática: séptimo Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática*. Granada: Universidad de Granada. Retrieved from <http://funes.uniandes.edu.co/1360/>

de Moya-Anegón, F., Chinchilla-Rodríguez, B., Vargas, B., & González, A. (2006). Visualización de redes de colaboración internacional. In V. Guerrero-Bote (Ed.), *Proceeding of the I International Conference on Multidisciplinary Information Sciences on Technologies, InSciT2006. Merida, España* (pp. 593-597). Badajoz: Open Institute Knowledge.

de Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Chinchilla-Rodríguez, Z., Corera-Álvarez, E., González-Molina, A., Muñoz-Fernández, F. J., & Herrero-Solana, V. (2006). Visualización y análisis de la estructura científica española: ISI Web of Science 1990-2005. *El Profesional de La Información*, 14(4), 258-269.

De Torres, I., & Torres-Salinas, D. (2007). *Tesis doctorales sobre estudios de las mujeres en las universidades de España (1976-2005). Análisis bibliométrico y repertorio bibliográfico*. Sevilla: Instituto Andaluz de la Mujer.

Donoghue, E. F. (1999). The task-teqnique matrix: An alternative system for classifying research in mathamtics education. *School Science and Mathematics*, 99(1), 42-46.

Donoghue, E. F. (2001). Mathematics education in the United States: Origins of the field and the development of early graduate programs. In R. Reys & J. Kilpatrick (Eds.), *One field, many paths: U.S Doctoral programs in Mathematics Education*. Washington, D. C: American Mathematical Association.

Engels, T., Ossenblok, T., & Spruyt, E. (2012). Changing publication patterns in the Social Sciences and Humanities, 2000-2009. *Scientometrics*, 93, 373-390. doi:10.1007/s11192-012-0680-2

English, L. D., & Sriraman, B. (2010). Problem solvin for the 21st century. In *Theories of Mathematics Education* (pp. 263-289). Heidelberg: Springer-Verlag.

Erdogan, A., & Yucedag, T. (2011). Investigation of theses in mathematics education according to research topics studied between 2000 and 2009 in Turkey. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15(0), 2738-2741.

Fennema, E. (2002). Mathematics, Gender, and Research. In *Towards Gender Equity in Mathematics Education* (pp. 9-26). New York: Kluwer Academic Publishers.

Fennema, E., & Sherman, J. (1978). Sex-related differences in mathematics achievement

- and related factors: A further study. *Journal for Research in Mathematics Education*, 9(3), 189–203.
- Fennema, E., Wolleat, P., Becker, A., & Pedro, J. D. (1980). *Multiplying options and subtractig bias (An intervention program composed of four videotapes and facilitaors' guides)*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Fernández-Cano, A. (1995). *Métodos para evaluar la investigación en Psicopedagogía*. Madrid: Síntesis.
- Fernández-Cano, A., Vallejo-Ruíz, M., & Torralbo-Rodríguez, M. (2003). Reconsiderando los modelos de Price. In J. A. Frías & C. Travieso (Eds.), *Tendencias de investigación en organización del conocimiento* (pp. 157–162). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.
- Ferreiro, L. (1993). *Bibliometría (análisis bivoariante)*. Madrid: EYPASA.
- Filippo, D. De, Morillo, F., & Fernández, M. T. (2008). Indicadores de colaboración científica del CSIC con Latinoamérica en bases de datos internacionales. *Revista Española de Documentación Científica*, 31(1), 66–84.
- Fiorentini, D. (1993). Memoria e análise da pesquisa acadêmica em educação matemática no Brasil: O banco de teses do CEMPEM/FEUNICAMP. *Zetetiké*, 1(1), 55–76.
- Forner, A., & Latorre, A. (1996). *Diccionario terminológico de investigación psicopedagógica*. Barcelona: EUB.
- Fraenkel, J. R., & Wallen, N. F. (1989). *How to design and evaluate research in education*. New York: McGraw-Hill.
- Frame, J. D., & Carpenter, M. P. (1979). International research collaboration. *Social Studies of Science*, 9, 481–497.
- Freudenthal, H. (1982). Fiabilité, validité et pertinence - critères de la recherche sus l'enseignement de la mathématique. *Educational Studies in Mathematics*, 13, 395–408.
- Furinghetti, F., Matos, J. M., & Menghini, M. (2013). From Mathematics and Education, to Mathematics Education. In M. A. (Ken) Clements, A. J. Bishop, C. Keitel, J. Kilpatrick, & F. K. S. Leung (Eds.), *3rd International Handbook of Mathematics Education* (pp. 273–302). New York: Springer.
- Glänzel, W., & Schoepflin, U. (1997). A bibliometric study of reference literature in the sciences and social sciences. *Information Processing & Management*, 35, 31–34.
- Godino, J. D. (2010). *Perspectiva de la didáctica de las matemáticas como disciplina tecnocientífica*. Granada. Retrieved from

http://www.ugr.es/~jgodino/fundamentos_teoricos/perspectiva_ddm.pdf

- Godino, J. D., Carrillo, J., Castro, W., Lacasta, E., Muñoz-Catalán, M. C., & Wilhelmi, M. R. (2012). Métodos de investigación en las ponencias y comunicaciones presentadas en los simposios de la SEIEM. *Avances de Investigación En Educación Matemática*, 2, 29-52.
- Gómez, P., Cañadas, M. C., Bracho-López, R., Restrepo, A. M., & Aristizábal, G. (2011). Análisis temático de la investigación en Educación Matemática en España a través de los Simposios de la SEIEM. In *Investigación en Educación Matemática XV* (pp. 371-382).
- Gorbea-Portal, S. (1994). Principios teóricos y metodológicos de los estudios métricos de la información. *Investigación Bibliotecológica*, 9(17), 23-32.
- Gorbea-Portal, S. (1996). *El modelo matemático de Bradford: su aplicación a las revistas latinoamericanas de las ciencias bibliotecológicas y de la información*. México: UNAM.
- Gorbea-Portal, S. (2005a). *El modelo matemático de Lotka: su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gorbea-Portal, S. (2005b). *Modelo teórico para el estudio métrico de la información documental*. Gijón: Trea.
- Group, T. H. (2014). Helsinki Group on Women and Science.
- Gutiérrez, A. (1991). La investigación en Didáctica de las Matemáticas. In A. Gutiérrez (Ed.), *Área de conocimiento: Didáctica de las Matemáticas* (pp. 149-194). Madrid: Síntesis.
- Haba, J., Osa, J., Muñoz, J., & López, S. (1999). La publicación de libros de cardiología en España. Acercamiento bibliométrico. *Revista Española de Cardiología*, 52(4), 261-268.
- Hanna, G. (2002a). Introduction: Towards gender equity in Mathematics Education. In G. Hanna (Ed.), *Towards Gender Equity in Mathematics Education* (pp. 1-7). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Hanna, G. (Ed.). (2002b). *Towards Gender Equity in Mathematics Education*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Hicks, D. (1999). The difficulty of achieving full coverage of international Social Science literature and the bibliometric consequences. *Scientometrics*, 44(2), 193-215.
- Hicks, D. (2004). The four literatures of Social Science. In *Handbook of Quantitative Science and Technology Research* (pp. 473-496). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Hicks, D., & Skea, J. (1989). Is big really better? *Physics World*, 2(12), 31–34.
- Higginson, W. (1980). On the foundations of mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 1(2), 3–7.
- Hood, W., & Wilson, C. (2001). The literature of bibliometrics, scientometrics, and informetrics. *Scientometrics*, 52(2), 291–314.
- Hunter, L. A., & Lealhy, E. (2010). Parenting and research productivity: new evidence and methods. *Social Studies of Science*, 40(3), 433–451.
- Isaacson, Z. (1986). Freedom and girls' education: A philosophical discussions with particular reference to mathematics. In L. Burton (Ed.), *Girls into maths can go*. London: Holt, Rinehart & Winston.
- Jacobs, J. (2009). Feminist pedagogy and mathematics. In B. Sriraman & L. D. English (Eds.), *Theories of Mathematics Education* (pp. 435–446). Berlin: Springer.
- Jiménez-Contreras, E. (2000). Los métodos bibliométricos. Estado de la cuestión y aplicaciones. *Cuadernos de Documentación Multimedia*. Madrid: Servicio de documentación Multimedia.
- Jiménez-Fanjul, N. (2011). *Efecto del estudio PISA en la investigación en Educación Matemática. Un análisis en WOS-SSCI*. Departamento de Educación. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Jiménez-Fanjul, N., Maz-Machado, A., & Bracho-López, R. (2013a). Bibliometric analysis of the mathematics education journals in the SSCI. *International Journal of Research in Social Sciences*, 2(3).
- Jiménez-Fanjul, N., Maz-Machado, A., & Bracho-López, R. (2013b). Quiénes son y qué citan los autores españoles de educación matemática en el Social Science Citation Index. *Épsilon-Revista de Educación Matemática*, 30(3), 55–68.
- Katz, J. S., & Martin, B. R. (1997). What is research collaboration? *Research Policy*, 26, 1–18.
- Kilpatrick, J. (1981). Research on mathematical learning and thinking in the United States. *PME-Proceedings*, 11, 18–29.
- Kilpatrick, J. (1997). Valoración de la investigación en Didáctica de las Matemáticas: Más allá del valor aparente. In L. Puig (Ed.), *Investigar y enseñar. Variedades de la Educación Matemática*. Bogotá: Una empresa docente & Grupo Editorial Iberoamérica.
- Kilpatrick, J. (1998). Investigación en educación matemática: su historia y algunos temas de actualidad. In J. Kilpatrick, L. Rico, & P. Gómez (Eds.), *Educación Matemática* (pp. 1–18). Bogotá: Una empresa docente.

- Kilpatrick, J. (2008). The Development of Mathematics Education as an Academic Field. In M. Menghini, F. Furinghetti, L. Giacardi, & F. Arzarello (Eds.), *The first Century of the International Commission on Mathematical Instruction (1908-2008). Reflecting and shaping the world of Mathematics Education* (pp. 25–39). Rome: Instituto della Enciclopedia Italiana.
- Koblitz, A. H. (2002). Mathematics and Gender: Some Cross-Cultural Perspectives. In G. Hanna (Ed.), *Towards Gender Equity in Mathematics Education* (pp. 93–110). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Larivière, V., Vignola-Gagné, E., Villeneuve, E., Gélinas, P., & Gingras, Y. (2011). Sex differences in research funding, productivity and impact: an analysis of Québec University professors. *Scientometrics*, 87(3), 483–498.
- Laudel, G. (2002). Collaboration and reward. What do we measure by co-authorships? *Research Evaluation*, 11(1), 3–15.
- Lawani, S. M. (1986). Some Bibliometric correlaties of quality in scientific research. *Scientometrics*, 9(1-2), 013–25.
- Leder, G. (1992). Mathematics and gender: Changing perspectives. In *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics*. New York: McMillan.
- Ledin, A., Bornmann, L., Gannon, F., & Wallon, G. (2007). A persistent problem. Traditional gender roles hold back female scientists. *EMBO Reports*, 8(11), 982–987. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2247380/>
- León, O., & Montero, I. (1997). *Diseño de Investigaciones. Introducción a la lógica de la investigación en Psicología y Educación*. Madrid: McGraw-Hill.
- Lerman, S. (2000). The social turn in mathematics education research. In J. Boaler (Ed.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp. 19–44). London: Ablex Publishing.
- Leta, J., & Lewison, G. (2003). The contribution of women in Brazilian science: a case study in astronomy, immunology and aceanography. *Scientometrics*, 57(3), 339–353.
- Lewison, G. (1991). The advantages of dual nationality. *New Scientist*, 130, 50–51.
- Lewison, G. (2001). The quantity and quality of female researchers: A bibliometric study of Iceland. *Scientometrics*, 52(1), 29–43.
- Linn, R. L., Baker, E. L., & Dunbar, S. B. (1991). Complex, performance-based assesment: Expectations and validation criteria. *Educational Researcher*, 20(8), 15–21.
- Llinares, S. (2008). Agendas de Investigación en Educación Matemática en España. Una aproximación desde “ISI-web of knowledge” y ERIH. In G. Luengo, A. Gómez, M.

- Camacho, & N. Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XII* (pp. 25–53). Badajoz: Sociedad Extremeña de Educación Matemática “Ventura Prosper”-SEIEM.
- Lloyd, M. E. (1990). Gender factors in reviewer recommendations for manuscript publication. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 23(4), 539–543.
- Long, J. S. (1992). Measures of sex differences in scientific productivity. *Social Forces*, 71(1), 159–178.
- López-Piñero, J. (1973). *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel.
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Science*, 16(12), 317–323.
- Lundberg, J., Brommels, M., Skar, J., & Tomson, G. (2008). Measuring the validity of early health technology assessment: Bibliometrics as a tool to indicate its scientific basis. *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 24(1), 70–75. doi:10.1017/s0266462307080099
- Macías-Chapula, C. A. (2001). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *ACIMED*, 9(4).
- Mattessich, P. W., Murray-Close, M., & Monsey, B. R. (2001). *Collaboration: what makes it work*. Saint Paul: Wilder Foundation.
- Mauleón, E., Bordons, M., & Oppenheim, C. (2008). The effect of gender on research staff success in life sciences in the Spanish National Research Council. *Research Evaluation*, 17(3), 213–225.
- Maz-Machado, A., Bracho-López, R., Torralbo-Rodríguez, M., Gutiérrez-Arenas, P., & Hidalgo-Ariza, M. D. (2011). La investigación en Educación Matemática en España: los simposios de la SEIEM. *PNA*, 5(4).
- Maz-Machado, A., Gutiérrez-Arenas, P., Bracho-López, R., Jiménez-Fanjul, N., Adamuz-Povedano, N., & Torralbo-Rodríguez, M. (2011). Producción científica en Ciencias Sociales de las mujeres en Andalucía (2003-2007). *Aula Abierta*, 39(3), 63–72.
- Maz-Machado, A., & Torralbo-Rodríguez, M. (2007). Producción ISI del profesorado universitario español del área de Didáctica de la Matemática. In M. Camacho, P. B., P. Flores, B. Gómez, J. Murillo, & M. T. González (Eds.), *Investigación en Educación Matemática. Comunicaciones de los grupos de investigación. XI Simposio de la SEIEM* (pp. 181–188). Tenerife: Universidad de la Laguna.
- Maz-Machado, A., Torralbo-Rodríguez, M., Vallejo-Ruiz, M., Fernández-Cano, A., & Rico, L. (2009). La Educación Matemática en la revista Enseñanza de las Ciencias: 1983-2006. *Enseñanza de Las Ciencias*, 27(2), 185–194.

- McGrath, W. (1989). What bibliometricians, scientometricians and informetricians study; a typology for definition and classification; topics for discussion. In *International Conference on Bibliometrics, Scientometrics and Informetrics*. Ontario: The University of Western Ontario.
- Melin, G., & Persson, O. (1996). Studying research collaboration using co-authorships. *Scientometrics*, 36(3), 363-377.
- Merton, R. K. (1968). The Matthew Effect in Science. *Science*, 159, 56-63.
- Moore, M. (1978). Discrimination o favoritism? Sex bias in book reviews. *American Psychologist*, 33, 936-938.
- Morales-Morejón, M., & Cruz-Paz, A. (1995). La bibliotecología, la cienciaología, y la ciencia de la información y sus disciplinas instrumentales: su alcance conceptual. *Ciencias de La Información*, 2, 70-88.
- Muñoz-Muñoz, A. M. (2004). Representaciones de los estudios de género en los índices temáticos. *El Profesional de La Información*, 13, 47-60.
- Nacke, O. (1983). Informetría: un nuevo nombre para una nueva disciplina. Definición, estado de la ciencia y principios de desarrollo. *Revista Española de Documentación Científica*, 6(3), 183-204.
- Nalimov, V. V., & Mulchenko, Z. (1969). *Naukometriya. Izuchenie Razvitiya Nauki kak Informatsionnogo Protsessa*. [Scientometrics. Study of the Development of Science as an Information Process] (English tr.). Moscow: Nauka.
- Narin, F., Stevens, K., & Whitlow, E. (1991). Scientific co-operation in Europe and the citation of multinationally authored papers. *Scientometrics*, 21(3), 313-323.
- Nederhof, A. J. (2006). Bibliometric monitoring of research performance in the Social Sciences and the Humanities: A review. *Scientometrics*, 66(1), 81-100.
- Newman, M. E. J. (2003). The structure and function of complex networks. *SIAM Review*, 45(2), 167-256.
- Newman, M. E. J. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaborations. In *Proceedings National Academy of Science of the United States of America* (pp. 5200-5205).
- Ossenblok, T., & Engels, T. (2015). Edited books in the Social Sciences and Humanities: Characteristics and collaboration analysis. *Scientometrics*, 104, 219-237. doi:10.1007/s11192-015-1544-3
- Pao, M. L. (1985). Lotka's law: a testing procedure. *Information Processing & Management*, 21(4), 305-320.
- Perianes-Rodríguez, A., Olmeda-Gómez, C., & de Moya-Anegón, F. (2008).

- Introducción al análisis de redes. *El Profesional de La Información*, 17(6), 664–669.
- Persson, O., Glänzel, W., & Danell, R. (2004). Inflationary bibliometric values: the role of scientific collaboration and the need for relative indicators in evaluative studies. *Scientometrics*, 60(3), 421–432.
- Pestaña, A., Gómez, I., Fernández, M. T., Zulueta, M., & Méndez, A. (1995). Scientometric evaluation of R&D activities in medium-size institutions: A case study based on the Spanish Scientific Research Council (CSIC). In M. Koenig & A. Bookstein (Eds.), *The Proceeding of the Fifth International Conference of the International Society for Scientometrics and Infometrics* (pp. 425–434). New Jersey: Medford.
- Polit, D. E., & Hungler, B. P. (1995). *Nursing Research Principles and Methods*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers.
- Polya, G. (1957). *How to Solve it* (2nd ed.). Princeton: Princeton University Press.
- Pontigo, J., & Quijano, A. (1977). La ley de Bradford: Aspectos teóricos y prácticos. In *La problemática de las Bibliotecas en México y sus soluciones. VIII Jornadas Mexicanas de Biblioteconomía, del 1º al 6 de mayo de 1977, Guadalajara, Jal. México. Asociación mexicana de bibliotecarios* (pp. 241–263).
- Pravdic, N., & Oluic-Vucovic, V. (1991). Distribution of scientific productivity: ambiguities in the assignment of author rank. *Scientometrics*, 20(1), 131–144.
- Price, D. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
- Price, D. (1986). *Little Science, Big Science and beyond*. Nueva York: Columbia University Press.
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25(4), 348–349.
- Puuska, H.-M. (2010). Effects of scholar's gender and professional position on publishing productivity in different publication types- Analysis of a Finnish university. *Scientometrics*, 82(2), 419–437.
- Radford, L. (2006). Introducción. Semiótica y Educación Matemática. *Revista Latinoamericana de Matemática Educativa*, Número esp, 7–21.
- RAE. (2012). *Diccionario de la Real Academia Española* (22ª ed.). Real Academia Española. Retrieved from <http://lema.rae.es/drae/>
- Rajan, T. (1985). Informetrics: the concept and ramifications. *FID-IM Newslater*, 1(1), 1–2.
- Reys, R. E., & Kilpatrick, J. (2001). *One field, many paths: U.S. Doctoral programs in Mathematics Education* (Vol. 9). Providence, RI: American Mathematical Society.

- Reys, R. E., & Kilpatrick, J. (2008). *U.S. Doctorates in Mathematics Education*. Washington, D. C: American Mathematical Society - Mathematical Association of America.
- Rico, L. (1996). Didáctica de la Matemática como campo de Problemas. In *Estrategias de intervención en el aula desde la LOGSE*. Las Palmas: ICEPSS.
- Rico, L., & Sierra, M. (2000). Didáctica de la matemática e investigación. In *Matemática española en los albores del siglo XXI* (pp. 77-131). Huelva: Hergué.
- Rico, L., Sierra, M., & Castro, E. (1999). Didáctica de la Matemática. In L. Rico & D. Madrid (Eds.), *Las Disciplinas Didácticas entre las Ciencias de la Educación y las Áreas Curriculares*. Madrid: Síntesis.
- Romberg, T. (1988). Necessary ingredients for a Theory of Mathematics Education. In H.-G. Steiner & A. Vermadel (Eds.), *Foundations and Methodology of the Discipline Mathematics Education (Didactics of Mathematics): Proceedings of the 2nd TME-Conference*. Bielefeld & Antwerp: University of Bielefeld & University of Antwerp.
- Ruiz de Osma, E. (2006). Aplicación del modelo Bradford en la producción científica del área biomédica de la Universidad de Granada (1988-1996). *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia E Ciência Da Informação*, (Especial 2/2006), 1-23.
- Scharage, M. (1995). *No more teams!: mastering the dynamics of creative collaboration*. New York: Currency and Doubleday.
- Schubring, G. (1988). Factors Determining Theoretical Developments of Mathematics Education as a Discipline - Comparative Historical Studies of its Institutional and Social Contexts. In H.-G. Steiner & A. Vermadel (Eds.), *Foundations and Methodology of the Discipline Mathematics Education (Didactics of Mathematics): Proceedings of the 2nd TME-Conference* (pp. 161-173). Bielefeld & Antwerp: University of Bielefeld & University of Antwerp.
- SEIEM. (n.d.). Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática.
- Sengupta, I. N. (1992). Bibliometrics, Informetrics, Scientometrics and Librametrics: an overview. *Libri*, 42(2), 75-98.
- Sherman, J., & Fennema, E. (1977). The study of mathematics among high school girls and boys: Related factors. *American Educational Research Journal*, 14(2), 159-168.
- Shulman, L. (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. In *Handbook of research on teaching* (pp. 3-36). London: McMillan.
- Skemp, R. (1983). The International Group for the Psychology of Mathematics Education (PME): past, present and future. *ZDM*, 15, 112-117.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a philosophy of critical mathematics education*. Dordrecht:

Kluwer Academic Publishers.

- Spiegel-Rosing, I. (1977). The Study of Science, Technology and Society (SSTS): recente trends and future challenges. In I. Spiegel-Rosing & D. Price (Eds.), *Science, Technology and Society: a cross-disciplinary perspective* (pp. 7-42). Londres: Sage.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario Enciclopédico de Bibliometria, Cienciometría e Informetria*. Caracas: UNESCO.
- Spinak, E. (1998). Indicadores cientimetricos. *Ciência Da Informação*, 27, 141-148. Retrieved from http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-19651998000200006&script=sci_arttext&tlng=eses
- Steen, L. A. (1999). Theories that gyre and gimble in the wabe. A Review of Mathematics Education as a Research Domain: A Search for Identity. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30(2), 235-241.
- Steiner, H.-G. (1990). Needed cooperation between Science education and mathematics education. *Zentralblatt Für Didaktik Der Mathematik*, 22(6), 194-197.
- Subramanyam, K. (1983). Bibliometric studeis of research collaboration: A review. *Journal of Information Science*, 6, 33-38.
- Symonds, M. R. E., Gemmell, N. J., Braisher, T. L., Gorringer, K. L., & Elgar, M. A. (2006). Gender Differences in Publication Output: Towards an Unbiased Metric of Research Performance. *PLoS ONE*, 1(1), e127. doi:10.1371/journal.pone.0000127
- Tague-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to Informetrics. *Information Processing & Management*, 28(1), 1-3.
- Tangué-Sutcliffe, J. (1992). An introduction to informetrics. *Information Processing & Management*, 28, 1-3.
- Tomás, M., & Duran, M. M. (2009). El género y la participación en algunos órganos de gobierno en la universidad. *Revista Complutense de Educacion*, 20, 151-163.
- Torralbo, M., Maz, A., Rico, L., & Fernández-Cano, A. (2001). Programas de doctorado e investigación en didáctica de la matemática. In F. Perales, A. García, J. Muros, L. Rico, & J. Roldán (Eds.), *Congreso Nacional de didácticas específicas. Las didácticas de las áreas curriculares en el siglo XXI* (pp. 905-914). Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Torralbo-Rodríguez, M. (2002). *Análisis cientimétrico, conceptual y metodológico de las tesis doctorales españolas en educación matemática*. Universidad de Granada.
- Torres-Salinas, D., & Delgado-López-Cózar, E. (2013). Cobertura de las editoriales científicas del Book Citation index en ciencias sociales y humanidades: ¿la historia se repite? *Anuario ThinkEPI*, 7, 110-113.

- Torres-Salinas, D., Robinson-García, N., Cabeza-Clavijo, Á., & Jiménez-Contreras, E. (2014). Analyzing the citation characteristics of books: edited books, book series and publisher types in the book citation index. *Scientometrics*, 98(3), 2113–2127.
- Torres-Salinas, D., Robinson-García, N., Jiménez-Contreras, E., & Delgado-López-Cózar, E. (2012). Towards a “Book Publishers Citation Reports” First approach using the “Book Citation Index.” *Revista Española de Documentación Científica*, 35(4), 615–620. Retrieved from arXiv:1207.7067v1.On: <http://arxiv.org/abs/1207.7067> [31 July 2012]
- UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. Mayenne: UNESCO.
- Urbizagástegui, R. (2004). 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.
- Vallejo-Ruíz, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática*. Granada: Universidad de Granada.
- Vallejo-Ruíz, M., Fernández-Cano, A., & Torralbo-Rodríguez, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en educación matemática (1975-2002)*. Universidad de Granada, Granada.
- Vallejo-Ruíz, M., Fernández-Cano, A., Torralbo-Rodríguez, M., & Maz-Machado, A. (2007). La investigación española en Educación Matemática desde el enfoque conceptual inserto en sus tesis doctorales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 25(259), 266.
- Vallejo-Ruíz, M., Rojas-Barahona, C., & Fernández-Cano, A. (2002). Sesgos relativos al género en las políticas editoriales de revistas científicas españolas del campo de la educación. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación Y Evaluación Educativa*, 8(2), 166–174.
- Van Raan, A. F. J. (1997). Scientometrics: state-of-art. *Scientometrics*, 38(1), 205–218.
- Vanti, N. (2000). Métodos cuantitativos de evaluación de la ciencia: bibliometría, ciencometría e informetría. *Investigación Bibliotecológica*, 14(29).
- Vinkler, P. (1991). Possible causes of differences in information impact of journals from different subfields. *Scientometrics*, 20(1), 145–161.
- Vinkler, P. (2000). Evaluation of the publication activity of research teams by means of scientometrics indicators. *Current Science*, 79, 602–6012.
- Vinkler, P. (2010). *The evaluation of research by scientometric indicators*. Oxford: Chandos Publishing.
- White, H. D., & McCain, K. W. (1989). Bibliometrics. In M. E. Williams (Ed.), *Annual Review of Information Science and Technology* (pp. 119–186). Amsterdam: Elsevier

science publishers B.V.

Wittig, G. R. (1978). Statistical bibliography- a historical footnote. *Journa of Documentation*, 34, 240.

ANEXOS

Anexo 1. Listado de editoriales internacionales, en la categoría de Educación, producido por el *Book Citation Index* (BKCI)

Anexo 2. Listado de editoriales españolas, en la categoría de educación, producido por el *Scholarly Publishers Indicators* (SPI)

Anexo 3. Clasificación temática de MathEduc

Anexo 1. Listado de editoriales internacionales, en la categoría de Educación, producido por el *Book Citation Index* (BKCI)

Editorial	Frecuencia
SPRINGER	294
INFORMATION AGE PUBLISHING-IAP	117
NOVA SCIENCE PUBLISHERS, INC	20
CLAME-COMITE LATINOAMERICANO MAT EDUC	19
ROUTLEDGE	12
EMERALD GROUP PUBLISHING LIMITED	7
BLACKWELL SCIENCE PUBL	3
ANNUAL REVIEWS	2
EDWARD ELGAR PUBLISHING LTD	2
EMERALD GROUP PUBLISHING LTD	2
PALGRAVE	2
PHYSICA-VERLAG GMBH & CO	2
PSYCHOLOGY PRESS	2
SAGE PUBLICATIONS INC	2
CAMBRIDGE UNIV PRESS	1
EDINBURGH UNIV PRESS	1
IOS PRESS	1
JAI PRESS INC	1
MATHEMATICAL ASSOC AMERICA SERVICE CENTER	1
WILEY-BLACKWELL	1

Anexo 2. Listado de editoriales españolas, en la categoría de educación, producido por el *Scholarly Publishers Indicators* (SPI)

Editorial	ICEE
Graó	51.08
Morata	51.07
Síntesis	47.96
Paidós	41.64
Ariel	29.21
Narcea Ediciones	24.00
Biblioteca Nueva	23.99
Octaedro	23.69
Alianza	18.41
La Muralla	14.91
Pirámide	12.00
Akal	9.37
McGraw Hill Interamericana de España	8.19
Pearson Educación	6.41
Aljibe Editorial	5.88
Gedisa	5.77
Dykinson	4.94
Médica Panamericana	4.74
Paidotribo	4.64
EOS Editorial	4.59
Da Vinci Continental	4.49
Ministerio de Educación	4.15
INDE	4.00
Herder	3.90
Elsevier	3.70
Siglo XXI	3.70
Porta Linguarum	3.06
Marfil	2.81
Marcial Pons	2.77
Díada Editorial	2.47
Tirant lo Blanch	2.47
La Ley	2.32
Universidad de Salamanca	2.32
Wanceulen	2.32
Laertes	2.07

Cátedra	1.68
Crítica	1.68
Fundación Germán Sánchez Ruipérez	1.68
UNED	1.68
Desclée de Brouwer	1.58
Universitat Autònoma de Barcelona	1.53
Aguilar	1.53
Aranzadi	1.53
Biblioteca de Autores Cristianos	1.53
CSIC	1.53
Doyma	1.53
Horsori	1.53
Pomares Corredor	1.53
Promociones y Publicaciones Universitarias	1.53
Universitat de Barcelona	1.53
Ceac	0.94
Oikos-Tau	0.94
Esteban Sanz	0.79
Eumo	0.79
Fundamentos	0.79
Icaria	0.79
Santillana	0.79
Visor	0.79
Alambique	0.64
Bosch	0.64
Brief	0.64
Castalia	0.64
CCS	0.64
Ediciones Anthema	0.64
Editorial Reverté	0.64
Eunsa	0.64
Generalitat de Catalunya	0.64
Gymnos	0.64
Kluwer	0.64
Labor	0.64
Musicalis (Música y Educación)	0.64
Nau Llibres	0.64
Rialp	0.64
Sociedad de Investigación en Educación Matemática (SEIEM)	0.64
Tecnos	0.64
Praxis	0.45
Cauce	0.30

Fondo de Cultura Económica	0.30
Milenio	0.30
Nívola	0.30
Alhambra	0.15
Amaru	0.15
Anaya	0.15
Centro de Investigación y Documentación Educativa (CIDE)	0.15
COLEFA	0.15
Delta	0.15
Edicions 62	0.15
Editorial CEPE	0.15
Editorial Círculo de Lectores	0.15
Editorial Hispano-Europea	0.15
Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (FESPM)	0.15
Grupo Anaya	0.15
Grupo Editorial Universitario	0.15
ICE/HORSORI	0.15
La Catarata	0.15
Magisterio Español	0.15
Mira Editores	0.15
Pai	0.15
SGEL	0.15
Taylor and Francis	0.15
Trea	0.15
Universidad de Barcelona. ICE	0.15
Universidad de Castilla La Mancha	0.15
Universidad de Granada	0.15
Universitas	0.15
Vertigo	0.15

Anexo 3. Clasificación temática de MathEduc

A: General, Matemáticas y Educación

- A10: Obras completas. Libros de referencia
- A20: Matemáticas recreativas. Juegos
- A30: Historia de las Matemáticas y Educación Matemática
- A40: Matemáticas y sociedad
- A50: Bibliografías
- A60: Actas. Informes de conferencias
- A70: Tesis doctorales y postdoctorales
- A80: Divulgación matemática
- A90: Varios

B: Política educativa y sistemas educativos

- B10: Investigación educativa y planificación
- B20: Educación general
- B30: Educación vocacional
- B40: Educación superior
- B50: Formación de profesorado
- B60: Educación de adultos y educación extraescolar
- B70: Planes de estudios. Estándares

C: Psicología de la Educación Matemática. Investigación en Educación Matemática

- C10: Obras completas
- C20: Aspectos afectivos
- C30: Procesos cognitivos. Teorías de aprendizaje
- C40: Inteligencia y actitudes
- C50: Lenguaje y comunicación verbal
- C60: Aspectos sociológicos del aprendizaje
- C70: Proceso de enseñanza-aprendizaje
- C90: Temas variados

D: Educación e instrucción en Matemáticas

- D10: Obras completas en Educación Matemática. Estudios comparativos
- D20: Contribuciones filosóficas y teóricas a la Didáctica de la Matemática
- D30: Objetivos y metas
- D40: Métodos de enseñanza y técnicas de clase
- D50: Enseñanza sobre resolución de problemas y estrategias heurísticas. Planteamiento de problemas
- D60: Evaluación de los estudiantes, el control de realización y calificación
- D70: Dificultades de aprendizaje y errores de los estudiantes
- D80: Unidades de enseñanza y diseño de sesiones

E: Fundamentos de las Matemáticas

- E10: Obras completas
- E20: Filosofía y Matemáticas
- E30: Lógica
- E40: Lenguaje de las Matemáticas
- E50: Razonamiento y métodos de demostración en el aula de Matemáticas
- E60: Conjuntos. Relaciones. Teoría de conjuntos
- E70: Varios

F: Aritmética. Teoría de números

- F10: Obras completas en aritmética
- F20: Etapa prenumérica. Concepto de número
- F30: Números naturales
- F40: Enteros. Números racionales
- F50: Números reales. Números complejos
- F60: Teoría de números
- F70: Medida y unidades
- F80: Razón y proporción. Porcentajes
- F90: Matemáticas en la vida real. Aritmética práctica

G: Geometría

G10: Obras completas en Geometría y enseñanza de la Geometría

G20: Geometría informal

G30: Áreas y volúmenes

G40: Geometría sólida y del plano

G50: Transformaciones geométricas

G60: Trigonometría

G70: Geometría analítica. Álgebra vectorial

G80: Geometría descriptiva

G90: Temas variados en geometría

H: Algebra

H10: Obras completas en Álgebra y en la enseñanza del Álgebra

H20: Álgebra elemental

H30: Ecuaciones e inecuaciones

H40: Grupos, anillos y cuerpos

H50: Estructuras algebraicas ordenadas

H60: Álgebra lineal

H70: Temas variados en Álgebra

I: Análisis

I10: Obras completas en Cálculo y en la enseñanza del Cálculo

I20: Aplicaciones y funciones

I30: Sucesiones y series

I40: Cálculo diferencial

I50: Cálculo integral

I60: Funciones de varias variables

I70: Ecuaciones funcionales

I80: Análisis de funciones complejas

I90: Temas variados en Análisis

K: Estadística

K10: Obras completas en Estadística

K20: Combinatoria

K30: Teoría de grafos

K40: Estadística descriptiva

K50: Teoría de Probabilidad

K60: Distribuciones y procesos estocásticos

K70: Inferencia estadística

K80: Correlación y regresión

K90: Temas variados en Estadística

M: Modelización matemática. Matemáticas aplicadas

M10: Matemáticas aplicadas. Interdisciplinariedad

M20: Matemáticas en la formación vocacional en las carreras de Educación

M30: Matemáticas financieras

M40: Investigación de operaciones económicas

M50: Física. Astronomía. Tecnología. Ingeniería

M60: Biología. Química. Medicina

M70: Ciencias Sociales y del comportamiento

M80: Arte. Música. Lenguaje. Arquitectura

M90: Aplicaciones variadas

N: Matemáticas numéricas

N10: Obras completas en matemáticas completas

N20: Redondeo, estimación. Teoría de errores

N30: Álgebra numérica

N40: Análisis numérico

N50: Interpolación y aproximación

N60: Programación matemática

N70: Matemáticas discretas

N90: Temas variados en Matemáticas numéricas

P: Informática

P10: Obras completas en Informática

- P20 Teoría de la Informática
- P30: Software de sistemas
- P40: Lenguajes de programación
- P50: Técnicas de programación
- P60: Hardware
- P70: Informática y sociedad
- P80: Temas variados en Informática

Q: Educación en Informática

- Q10: Obras completas en Educación Informática
- Q20: Aspectos afectivos en la enseñanza de la Informática
- Q30: Procesos cognitivos
- Q40: Aspectos sociológicos en Educación Informática
- Q50: Objetivos en Educación en Informática
- Q60: Métodos de enseñanza y técnicas de clase
- Q70: Evaluación de estudiantes en Educación Informática
- Q80: Unidades de enseñanza en Educación Informática
- Q90: Temas variados

R: Aplicaciones de la Informática

- R10: Obras completas y colecciones de programas
- R20: Aplicaciones en Matemáticas
- R30: Aplicaciones en Ciencias
- R40: Inteligencia artificial
- R50: Bases de datos. Sistemas de información
- R60: Gráficos por ordenador
- R70: Programas de usuario. Aplicaciones ofimáticas
- R80: Informática recreativa
- R90: Aplicaciones varias

U: Materiales educativos y multimedia. Tecnología educativa

- U10: Obras completas

U20: Libros de texto. Análisis de libros de texto

U30: Manuales para el profesorado y programaciones

U40: Libros de problemas, preguntas de competencias y exámenes

U50: Instrucción asistida por ordenador; e-learning; ordenador como medio educativo

U60: Materiales manipulativos

U70: Herramientas tecnológicas. Calculadoras

U80: Medios audiovisuales

U90: Temas variados en materiales educativos

Último dígito: Nivel educativo

0: General

1: Educación preescolar

2: Educación Primaria

3: Educación secundaria obligatoria

4: Educación secundaria no obligatoria

5: Universidad

6: Escuelas especiales

7: Escuelas vocacionales

8: Colegios de enseñanzas no regladas, educación a distancia, educación popular

9: Formación de profesorado