

La investigación en Educación Matemática a través de las publicaciones científicas españolas

Rafael Bracho-López**, Alexander Maz-Machado*, Pilar Gutiérrez-Arenas**, Manuel Torralbo-Rodríguez*, Noelia Noemí Jiménez-Fanjul*, Natividad Adamuz-Povedano*

Resumen: Se presenta un estudio bibliométrico y de análisis de las redes de colaboración en los artículos de investigación en Educación Matemática publicados en una muestra de revistas españolas en el período 1999-2008. Para ello se han analizado los 774 artículos publicados en un conjunto de ocho revistas españolas representativas verificándose el cumplimiento de las leyes o patrones propios de la Cienciometría y comprobándose un bajo grado de colaboración científica entre los investigadores del área y también entre las instituciones.

Palabras clave: Educación matemática, bibliometría, revistas científicas, colaboración.

Research in Mathematics Education through Spanish scholarly publications

Abstract: *We present a bibliometric study of research articles on mathematics education, as well as an analysis of networks of collaboration in the same, based on a sample of Spanish journals published during the period 1999-2008. For this purpose we analyzed 774 articles published in the eight most representative Spanish journals in the field. The results show compliance with scientometric laws and patterns, as well as verifying the low level of scientific collaboration among researchers in the area, as well as among institutions.*

Keywords: *Mathematics education, bibliometrics, scholarly journals, collaboration.*

1. Introducción

La valoración de la productividad de la investigación entraña una cuestión cargada de complejidad conceptual y de juicios de valor, no siempre universalmente aceptada. Es precisamente la Cienciometría el campo disciplinar que brinda los métodos e instrumentos que ayudan en esta difícil labor. A través del

* Departamento de Matemáticas. Universidad de Córdoba. Correo-e: ma1brlpr@uco.es, ma1mamaa@uco.es, ma1torom@uco.es, el1jifan@uco.es, natiadamuz@gmail.com.

** Departamento de Educación. Universidad de Córdoba. Correo-e: ue2guarp@uco.es.
Recibido: 16-06-2011; 2.ª versión: 20-12-2011; aceptado: 26-12-2012.

análisis cuantitativo se obtienen indicadores de la actividad científica, útiles para conocer el nivel de institucionalización de una disciplina científica, ofrecer una visión global de la investigación realizada, identificar de modo empírico los campos científicos y las direcciones de las disciplinas, servir de base para investigaciones posteriores, planificar la investigación científica y orientar a los usuarios de dicha información (Terrada y Peris, 1988).

Aunque la evaluación de la investigación se viene aplicando desde hace tiempo, hoy día se hace aún más necesaria como consecuencia de la enorme cantidad de producción científica que se genera. En el ámbito internacional son muchas las áreas de conocimiento que se vienen preocupando desde hace años de realizar estudios sistemáticos sobre la difusión del conocimiento científico y desarrollando nuevas metodologías y estrategias para ello (Rons y otros, 2008). En España desde la última década del pasado siglo han ido surgiendo diversos grupos que se han dedicado al análisis de la producción científica y la evaluación de las revistas científicas, entre estos grupos están los vinculados a las universidades de Granada, Carlos III, Murcia y Salamanca, así como al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (Malalana y otros, 2007; Torres-Salinas y otros, 2010).

Por otra parte, la Educación Matemática como disciplina científica en España solo cuenta con unas décadas de corta historia (Rico y Sierra, 1994); sin embargo, su desarrollo creciente hace que en la actualidad se pueda considerar una disciplina emergente en torno a la cual existe una delimitada comunidad de investigadores que en este tiempo han ido produciendo conocimiento científico. Es por ello que resulta pertinente y necesario el estudio de los patrones de la productividad investigadora en Educación Matemática con la idea de poder contrastar por similitud o asimilación estos indicadores con los de otras disciplinas plenamente consolidadas (Fernández-Cano y Bueno, 1999).

Existen trabajos previos que se han centrado en el análisis de la evolución de la Educación Matemática en los últimos años a través de la producción de tesis doctorales en este área de conocimiento (Torrallbo y otros, 2007; Fernández-Cano y otros, 2003), de los congresos o de una revista en particular (Maz-Machado y otros, 2011; Maz y otros, 2009; Ortiz, 2010). Sin embargo, la actual existencia en España de un nutrido conjunto de revistas científicas consolidadas que publican artículos sobre Educación Matemática hace pensar que su análisis exhaustivo puede complementar en buena medida los trabajos citados aportando una perspectiva más amplia de la evolución de esta disciplina científica y de su grado de madurez.

En España hay precedentes sobre estudios de un conjunto de revistas de un campo determinado en Ciencias Sociales. Así, se han analizado las revistas españolas de Comunicación (Fernández-Quijada, 2010), Periodismo (Giménez y Alcain, 2006), Biblioteconomía y Documentación (Jiménez y Moya, 1997), Actividad Física y el Deporte (Villamón y otros, 2007), pero sobre Educación Matemática solo hay un trabajo centrado en mostrar el proceso utilizado para alcanzar cierta visibilidad en su área (Molina y otros, 2011). Esta situación hace que sea pertinen-

te un estudio sobre la producción científica de las revistas de este campo de conocimiento en España que permita tener una visión global de ellas y el papel que realmente desempeñan en la difusión de la investigación en Educación Matemática en España.

Por tanto, el objetivo general de este trabajo es analizar longitudinalmente la investigación en Educación Matemática en España en el período comprendido entre 1999 y 2008, a través del estudio bibliométrico de algunas de las revistas de Educación españolas más representativas que publican artículos sobre esta disciplina.

Para ello, a grandes rasgos, nos proponemos los siguientes objetivos:

1. Realizar un análisis bibliométrico de la producción de investigación en Educación Matemática en España a través de los artículos científicos publicados en revistas españolas en los años 1999 a 2008, analizando su evolución y aportando una visión diacrónica de dichos elementos así como de sus patrones y tendencias.
2. Establecer cuáles son las instituciones con mayor producción del campo disciplinar.
3. Identificar posibles redes de coautoría y colaboración institucional en los artículos de Educación Matemática publicados en revistas españolas.

2. Método y materiales

Este estudio es exploratorio descriptivo y longitudinal y en él se utilizan técnicas bibliométricas cuantitativas así como el análisis de redes sociales. Se ha hecho uso de datos cuantitativos como frecuencias, porcentajes de valores, estadísticos inferenciales con significación estadística y correlacionales e interpretaciones de los mismos.

Se han estudiado un total de 27 variables y se determinaron indicadores de producción (autores e instituciones más productivos) y de citación (nº de referencias, antigüedad, tipo de documentos referenciados, revistas más citadas, autocitación de revistas e idioma de las referencias). Por otro lado, se ha verificado el cumplimiento de la ley de Lotka y también se ha determinado la relación de coautoría (nº de firmas/nº de artículos) de acuerdo con Bordons y Gómez (1997). En lo relativo a la colaboración, más allá del estudio de los indicadores clásicos (Moya-Anegón y otros, 2006), se ha realizado un análisis de redes sociales (ARS) de autoría y colaboración institucional (centralidad e intermediación), dada la importancia de estudiar hoy día estos colectivos científicos.

La recogida de datos se ha realizado a través de la consulta directa de los ejemplares de las revistas. En una base de datos de estructura relacional, confeccionada *ad hoc* en OpenOffice Base, se registró un conjunto de campos relacionados con las variables objeto de estudio. Más tarde se programaron una serie de consultas que fueron exportadas a una hoja de cálculo diseñada con el pro-

grama Calc, también del paquete OpenOffice, para el tratamiento estadístico de los datos. Para el estudio de las redes de colaboración entre autores e instituciones se ha empleado el programa Ucinet 6 y se han graficado las relaciones mediante el software Pajek.

Población y muestra

En este estudio se ha analizado la producción de la investigación en Educación Matemática en artículos publicados en revistas científicas españolas en el período 1999-2008 (población accesible), para ello se han identificado aquellas revistas indexadas en *MathEduc*, la única base de datos internacional especializada en Educación Matemática, resultando 21 revistas. Luego se cruzó esta consulta con las revistas que se hallan en la base de datos española *IN-RECS*, que mide el índice de impacto de las revistas científicas españolas, obteniéndose un conjunto de 8 revistas (*Cuadernos de Pedagogía*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Epsilon*, *Números*, *PNA*, *Revista de Educación*, *SUMA* y *UNO*) (muestra disponible). Finalmente la muestra operante ha estado formada por los artículos publicados en estas ocho revistas.

Una de las mayores dificultades encontrada ha sido la de elegir un criterio adecuado para determinar qué artículos sobre Educación Matemática debían ser considerados trabajos de investigación entre los publicados en las revistas seleccionadas. Para ello, en el caso de revistas que disponían de una sección dedicada a la investigación, se ha optado por estudiar únicamente los artículos incluidos en dicho apartado, mientras que en las revistas que no ofrecían esta sección, se ha aplicado una parrilla metodológica mediante triangulación de expertos en este campo.

3. Resultados y discusión

El análisis de las revistas reveló que no todas habían publicado artículos durante el período estudiado, algunas eran de reciente creación (*PNA*) y otras presentaban retraso en su publicación (*Epsilon*). Finalmente se obtuvieron 774 artículos de Educación Matemática. La tabla I indica el nulo impacto de las revistas específicas de esta área en el ámbito español, mientras que las revistas de educación general que publican artículos de Educación Matemática están en los dos primeros cuartiles. También se observa que la mayor publicación de artículos la realizan las revistas que no son especializadas en investigación, esto se debe en algunos casos a una mayor frecuencia de publicación de números por año y en otros a una mayor cantidad de artículos por número. Por ejemplo *PNA* solo publica tres por número mientras que en *UNO* o *SUMA* se publican seis. *PNA* empezó a editarse en el año 2006 por lo cual es la de menos artículos entre las especializadas en esta área. Las revistas *Epsilon* y *Números* presentaban retraso en la publicación por lo que solo se disponía de sus artículos hasta el año 2007.

TABLA I*Número de artículos por revistas e índice de impacto In-Recs*

| Revista | Nº de artículos EMA | % | % acumulado | Años analizados | Impacto IN-RECS 2008 | Cuartil |
|----------------------------------|---------------------|-------|-------------|-----------------|----------------------|---------|
| <i>UNO</i> | 229 | 29,59 | 29,59 | 1999-2008 | 0.000 | 4 |
| <i>Suma</i> | 213 | 27,52 | 57,11 | 1999-2008 | 0.032 | 3 |
| <i>Epsilon</i> | 116 | 14,99 | 72,10 | 1999-2007 | 0.000 | 4 |
| <i>Números</i> | 96 | 12,40 | 84,50 | 1999-2007 | 0.000 | 4 |
| <i>Enseñanza de las Ciencias</i> | 57 | 7,36 | 91,86 | 1999-2008 | 0.333 | 1 |
| <i>PNA</i> | 27 | 3,49 | 95,35 | 2006-2008 | 0.000 | 4 |
| <i>Cuadernos de Pedagogía</i> | 21 | 2,71 | 98,06 | 1999-2008 | 0.071 | 2 |
| <i>Revista de Educación</i> | 15 | 1,94 | 100,00 | 1999-2008 | 0.243 | 1 |
| Total | 774 | | | | | |

Autores más productivos

En los artículos analizados ha intervenido un total de 781 autores (tabla II), de los cuáles el 70,8% solo han publicado un artículo (pequeños autores), el 28,7% han publicado entre 2 y 9 artículos (autores medios) y solo el 0,5% de los autores, responsables del 5% de los artículos (65 en total), podrían considerarse grandes autores (Price, 1986), ya que publicaron 10 trabajos o más, a saber: Tomás Ortega (16), Carmen Batanero (14), Luis Rico (13), Bruno D'Amore (12) y Joaquín Giménez (10).

TABLA II*Número de autores según el número de artículos publicados*

| Nº de contribuciones por autor | Nº de autores | Total de artículos | | % de autores | | % de artículos | |
|--------------------------------|---------------|--------------------|------------------|--------------|-------------|----------------|---------------------|
| x | y | $x \cdot y$ | $\sum x \cdot y$ | $\% y$ | $\sum \% y$ | $\% x \cdot y$ | $\sum \% x \cdot y$ |
| 1 | 553 | 553 | 553 | 70,8 | 70,8 | 42,5 | 42,5 |
| 2 | 107 | 214 | 767 | 13,7 | 84,5 | 16,4 | 58,9 |
| 3 | 53 | 159 | 926 | 6,8 | 91,3 | 12,2 | 71,1 |
| 4 | 34 | 136 | 1.062 | 4,4 | 95,6 | 10,4 | 81,6 |
| 5 | 13 | 65 | 1.127 | 1,7 | 97,3 | 5,0 | 86,6 |
| 6 | 6 | 36 | 1.163 | 0,8 | 98,1 | 2,8 | 89,3 |
| 7 | 6 | 42 | 1.205 | 0,8 | 98,8 | 3,2 | 92,5 |
| 8 | 4 | 32 | 1.237 | 0,5 | 99,4 | 2,5 | 95,0 |

TABLA II (continuación)

| Nº de contribuciones por autor | Nº de autores | Total de artículos | | % de autores | | % de artículos | |
|--------------------------------|---------------|--------------------|-------|--------------|-------|----------------|-------|
| 9 | 0 | 0 | 1.237 | 0,0 | 99,4 | 0,0 | 95,0 |
| 10 | 1 | 10 | 1.247 | 0,1 | 99,5 | 0,8 | 95,8 |
| 11 | 0 | 0 | 1.247 | 0,0 | 99,5 | 0,0 | 95,8 |
| 12 | 1 | 12 | 1.259 | 0,1 | 99,6 | 0,9 | 96,7 |
| 13 | 1 | 13 | 1.272 | 0,1 | 99,7 | 1,0 | 97,7 |
| 14 | 1 | 14 | 1.286 | 0,1 | 99,9 | 1,1 | 98,8 |
| 15 | 0 | 0 | 1.286 | 0,0 | 99,9 | 0,0 | 98,8 |
| 16 | 1 | 16 | 1.302 | 0,1 | 100,0 | 1,2 | 100,0 |
| Total | 781 | 1.302 | | | | | |

Verificación de la Ley de Lotka

Para la verificación de la Ley de Lotka se ha aplicado el modelo del poder inverso generalizado utilizando el método de los mínimos cuadrados propuesto por Pao (1985) y aplicando el test de ajuste Kolmogorov-Smirnov, como sugiere Urbizagástegui (2004) ya aplicado en otros estudios sobre producción en Educación Matemática (Maz-Machado y otros, 2011; Bracho-López y otros, 2010). La formulación del modelo es la siguiente: $y_x = Cx^{-n}$ para $x = 1, 2, 3, \dots, x_{\text{máx}}$, 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:

$$n = - \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad C = \frac{1}{\sum_{x=1}^{P-1} \frac{1}{x^n} + \frac{1}{(n-1)P^{n-1}} + \frac{1}{2P^n} + \frac{1}{24(P-1)^{n+1}}}$$

donde, N = pares de datos observados; X = logaritmo decimal de x ; Y = logaritmo decimal de y . Hemos tomado $P = 20$, siguiendo a Pao (1985), quien comprobó que el error residual es insignificante para este valor de P (véase tabla III).

Para nuestro caso se ha obtenido: $y_x = 0,7461 x^{-2,5029}$. A partir de ahí se pudieron conseguir los valores teóricos esperados para nuestro estudio mediante aplicación de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado. En la figura 1 podemos comparar la gráfica que obtenemos al representar nuestros datos reales con la de la gráfica obtenida de la Ley de Lotka de poder inverso generalizado.

Al aplicar la prueba de ajuste K-S tomando como referencia el nivel de significación más fino $\alpha = 0,01$ de la tabla de los valores críticos de la prueba K-S en la que se establece para valores de n mayores que 40 una diferencia máxima

igual a: $\frac{1,63}{\sqrt{n}}$, en nuestro caso: $\frac{1,63}{\sqrt{781}} \approx 0,0583259$.

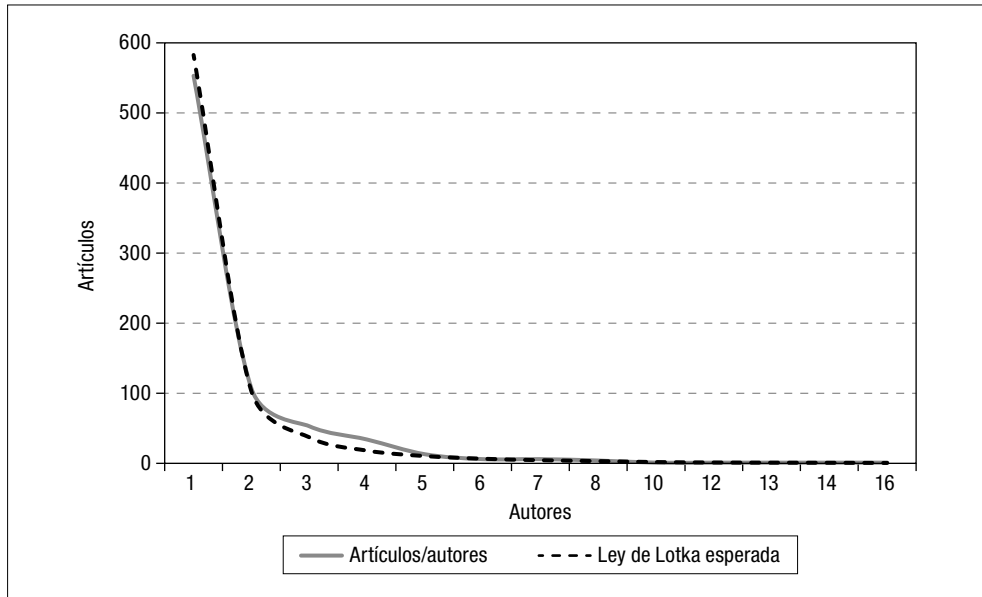
TABLA III

Distribución de los mínimos cuadrados de los datos observados

| x | y | $\log x$ | $\log y$ | $\log x \cdot \log y$ | $(\log x)^2$ |
|--------------|-----|----------|----------|-----------------------|--------------|
| 1 | 553 | 0,0000 | 2,7427 | 0,0000 | 0,0000 |
| 2 | 107 | 0,3010 | 2,0294 | 0,6109 | 0,0906 |
| 3 | 53 | 0,4771 | 1,7243 | 0,8227 | 0,2276 |
| 4 | 34 | 0,6021 | 1,5315 | 0,9220 | 0,3625 |
| 5 | 13 | 0,6990 | 1,1139 | 0,7786 | 0,4886 |
| 6 | 6 | 0,7782 | 0,7782 | 0,6055 | 0,6055 |
| 7 | 6 | 0,8451 | 0,7782 | 0,6576 | 0,7142 |
| 8 | 4 | 0,9031 | 0,6021 | 0,5437 | 0,8156 |
| 10 | 1 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0000 |
| 12 | 1 | 1,0792 | 0,0000 | 0,0000 | 1,1646 |
| 13 | 1 | 1,1139 | 0,0000 | 0,0000 | 1,2409 |
| 14 | 1 | 1,1461 | 0,0000 | 0,0000 | 1,3136 |
| 16 | 1 | 1,2041 | 0,0000 | 0,0000 | 1,4499 |
| Total | 781 | 10,1489 | 11,3002 | 4,9411 | 9,4736 |

FIGURA 1

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



Para aplicar el test K-S, construimos la siguiente tabla con los valores observados y esperados:

TABLA IV

Prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov de la distribución de la producción de los autores en las revistas estudiadas

| x | y | $y_x/\Sigma y_x$ | $\Sigma(y_x/\Sigma y_x)$ | $C \cdot x^{-n}$ | $\Sigma(C \cdot x^{-n})$ | D_{\max} |
|--------------|-----|------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|------------|
| 1 | 553 | 0,708067 | 0,708067 | 0,746062 | 0,746062 | 0,037996 |
| 2 | 107 | 0,137004 | 0,845070 | 0,131623 | 0,877686 | 0,032615 |
| 3 | 53 | 0,067862 | 0,912932 | 0,047709 | 0,925394 | 0,012462 |
| 4 | 34 | 0,043534 | 0,956466 | 0,023221 | 0,948616 | 0,007851 |
| 5 | 13 | 0,016645 | 0,973111 | 0,013284 | 0,961900 | 0,011212 |
| 6 | 6 | 0,007682 | 0,980794 | 0,008417 | 0,970317 | 0,010477 |
| 7 | 6 | 0,007682 | 0,988476 | 0,005723 | 0,976039 | 0,012437 |
| 8 | 4 | 0,005122 | 0,993598 | 0,004097 | 0,980136 | 0,013462 |
| 10 | 1 | 0,001280 | 0,994878 | 0,002344 | 0,982480 | 0,012399 |
| 12 | 1 | 0,001280 | 0,996159 | 0,001485 | 0,983965 | 0,012194 |
| 13 | 1 | 0,001280 | 0,997439 | 0,001215 | 0,985180 | 0,012259 |
| 14 | 1 | 0,001280 | 0,998720 | 0,001010 | 0,986190 | 0,012530 |
| 16 | 1 | 0,001280 | 1,000000 | 0,000723 | 0,986912 | 0,013088 |
| Total | 781 | | | | | |

Dado que los parámetros obtenidos a partir de la distribución completa están dentro de los valores permitidos por el test K-S, podemos afirmar que se cumple la ley de Lotka para la productividad de los autores que publican en el conjunto de las revistas analizadas a un nivel 0,01 de significación.

Sin embargo, en los casos en los que cabe plantearse la verificación de la ley de Lotka de manera individual en cada revista (*Epsilon*, *Números*, *SUMA* y *UNO* ya que en el resto el número de trabajos publicados ha sido reducido), se ha comprobado que esta no se cumple, lo que pone de manifiesto que si bien la producción científica sobre Educación Matemática en España tiene indicios de consolidación en lo que a producción en conjunto se refiere, no podemos decir lo mismo del nivel de consolidación de cada una de las citadas publicaciones.

Productividad institucional

En conjunto, los 781 autores provienen de un total de 265 instituciones, de las cuáles 125 son universidades, 83 son centros de enseñanza no universitarios y 57 son otro tipo de centros e instituciones.

Según la clasificación de Price (1986) aplicada a los autores, podemos agrupar estas instituciones productoras en tres grupos:

- Grandes productoras (más de 10 artículos publicados): 15 instituciones, siendo estas las Universidades de Granada (65 artículos), Autónoma de Barcelona (39), La Laguna (38), Cádiz (27), Sevilla (25), Valladolid (22), Barcelona (19), Córdoba (13), Complutense de Madrid, Extremadura, Salamanca, Politécnica de Valencia y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México (CINVESTAV) (todas ellas con 11 artículos) y las Universidades de Alicante y de Valencia (10).
- Productoras medianas (entre 2 y 9 artículos): 75 instituciones.
- Productoras ocasionales (tan solo un artículo): 175 instituciones.

Resulta evidente que la producción se concentra en grandes universidades con amplia tradición investigadora.

Indicadores de colaboración

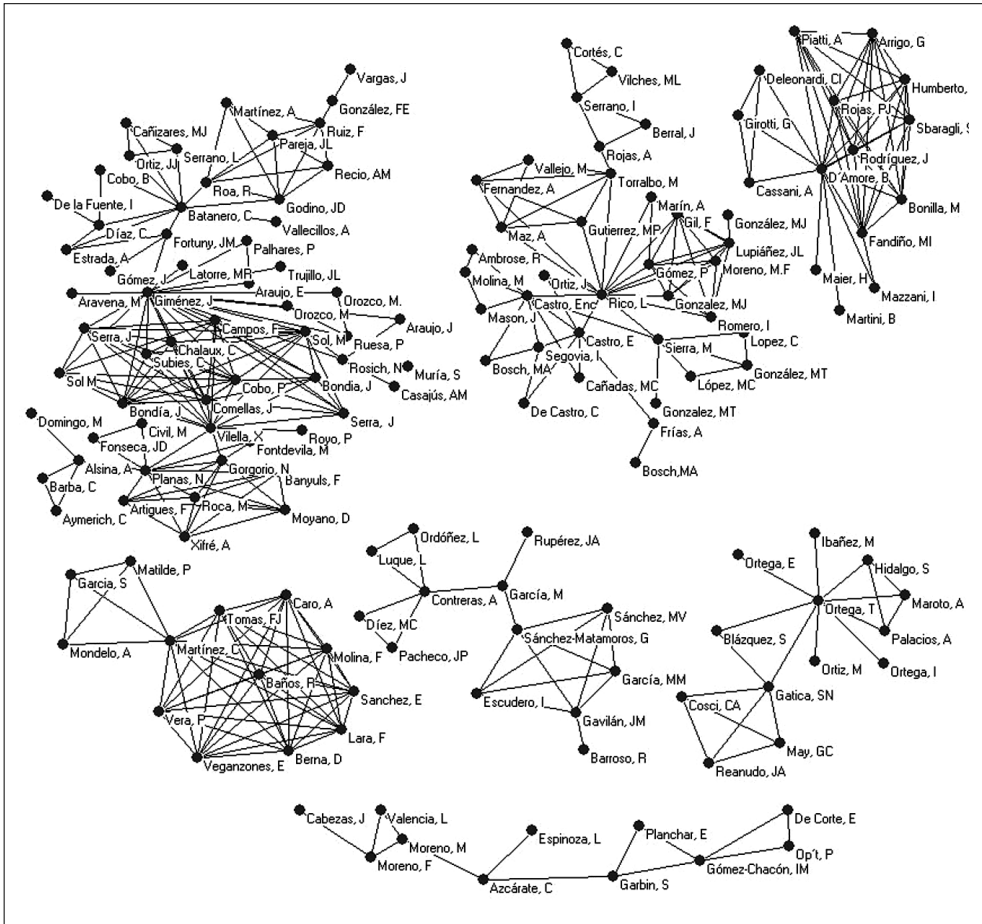
Al analizar el número de autores que firman cada artículo, se observa que predominan los trabajos individuales (56,61%), mientras que se obtiene una relación de coautoría igual a 1,7, considerablemente más bajo que el índice de dos firmas por trabajo que Bordons y Gómez (1997) establecían para las Ciencias Sociales en España.

Son evidentes las diferencias existentes entre las relaciones de coautoría de las distintas revistas, coincidiendo que las tres publicaciones especializadas en investigación educativa son las que presentan los índices más altos: *Enseñanza de las Ciencias* (2,32), *PNA* (2,26) y *Revista de Educación* (2,46), lo que pone de manifiesto que este indicador, junto a otros de los estudiados, podría considerarse un caracterizador de este tipo de publicaciones.

Para visualizar las redes de colaboración entre autores se construyó la matriz de coautoría y se graficó mediante el programa Pajek (Batagelj y Mrvra, 2007). Como consecuencia del elevado número de autores, la representación gráfica obtenida inicialmente mediante el algoritmo de Kamada-Kawai resultó extensa y compleja. Para poder interpretar mejor las relaciones de interdependencia entre los nodos de la red se procedió a una serie de reducciones en las que se fueron depurando progresivamente los nodos aislados y las subredes más pequeñas, observándose que la mayor parte de los autores relativamente productivos estaban integrados en un conjunto formado por siete grandes subredes claramente diferenciadas (figura 2), entre las que destacan cuatro: las tres representadas en la parte superior y la situada a la izquierda de la parte inferior, lo que nos permite identificar a los denominados «colegios invisibles».

El grado de centralidad de un autor es el número de nodos a los cuales está directamente unido y sirve para visualizar a los autores más colaborativos que, gráficamente, tienden a ocupar las posiciones centrales de la red. Por otro lado,

FIGURA 2
Mayores subredes de colaboración de autores



el índice de intermediación (*betweenness*) nos da una idea del poder de determinados nodos de la red (autores en este caso) para conectarse y servir de vínculo entre otros nodos. En la tabla V se muestran los autores con mayores grados de centralidad y de intermediación.

Obsérvese la independencia entre ambos indicadores; si bien Giménez aparece encabezando los dos listados, Fortuny aparece en el 2.º lugar en intermediación pero no posee un nivel destacado de centralidad.

Puesto que la mayor parte de la investigación en Educación Matemática en España se realiza en las universidades, nos hemos interesado en conocer cuál es la colaboración que se da entre ellas. Aplicamos el algoritmo de identificación de universidades a la red de coautorías y esto generó una nueva agrupación con

TABLA V*Grados de centralidad y de intermediación en la red de autores*

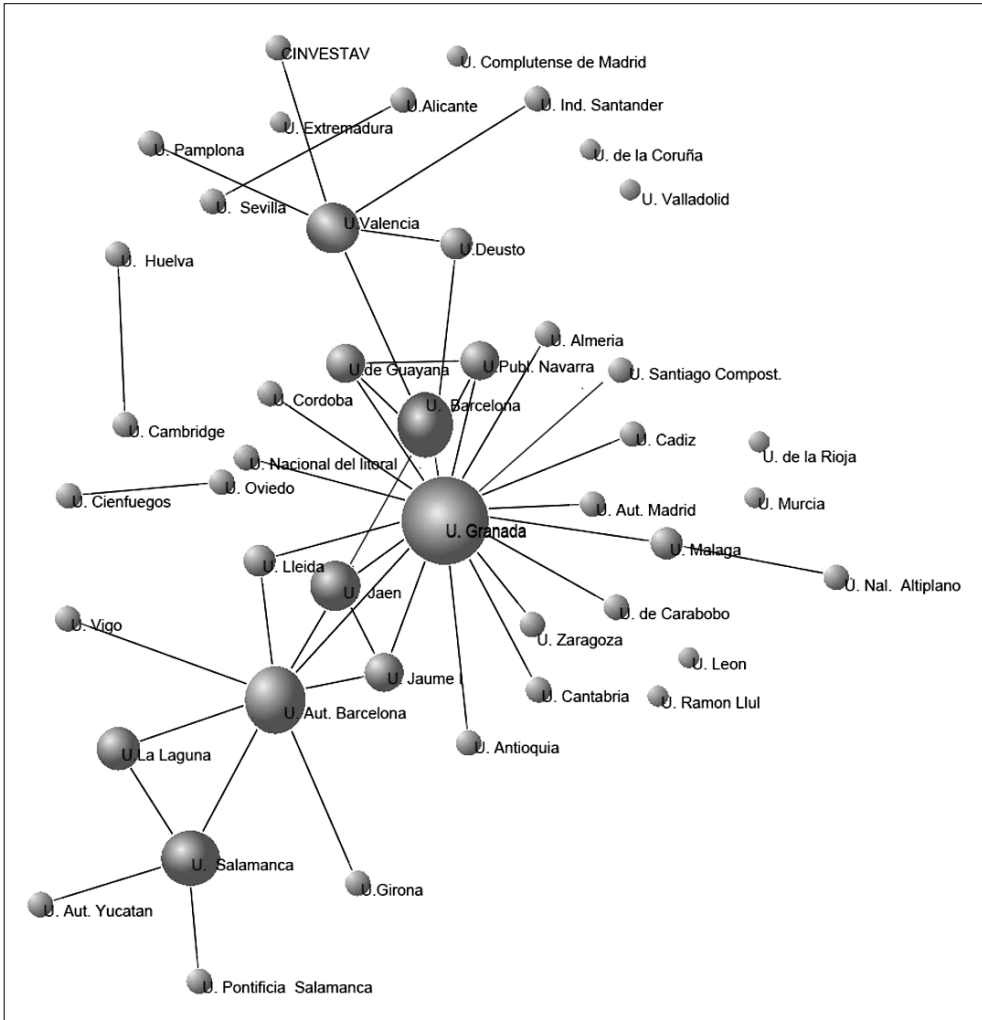
| Centralidad | | Intermediación | |
|----------------|----------------------|-----------------|--------------------------|
| Autores | Grado de centralidad | Autores | Índice de intermediación |
| Giménez, J. | 23 | Giménez, J. | 1.083,13 |
| Vilella, X. | 16 | Fortuny, J. M. | 737 |
| Rico. L. | 13 | Batanero, C. | 671,5 |
| D'Amore, B. | 14 | Vilella, X. | 661,63 |
| Comellas, J. | 12 | Rico. L. | 453,83 |
| Martínez, C. | 12 | Planas, N. | 435 |
| Cobo, P. | 12 | Torralbo, M. | 196,67 |
| Sol, M. | 12 | Castro, Enc. | 174 |
| Planas, N. | 11 | Alsina, A. | 167 |
| Campos, F. | 10 | Roa, R. | 153,25 |
| Bondía, J. | 10 | Díaz-Godino, J. | 153,25 |
| Batanero, C. | 10 | Sierra, M. | 135,5 |
| Serra, J. | 10 | Rojas, A. | 132 |
| Castro, Enc. | 9 | Castro, E. | 124,5 |
| Berna, D. | 9 | Gorgorio, N. | 115 |
| Molina, F. | 9 | Rosich, N. | 113,5 |
| Tomás, F.J. | 9 | Ruiz, F. | 112,25 |
| Ortega, T | 9 | Serrano, I. | 70 |
| Sánchez, E. | 9 | García, M. | 65 |
| Fandito, M. | 9 | Díaz, C. | 57,5 |
| Caro, A. | 9 | González, F. E. | 57 |
| Veganzones, E. | 9 | D'Amore, B. | 55,5 |
| Vera, P. | 9 | Ortega, T. | 53 |
| Lara, F. | 9 | Contreras, A. | 52 |
| Baños, R. | 9 | Llinares, S. | 51,5 |

lo que se obtuvo una nueva matriz en la que cada una de las celdas contiene la relación entre los autores i con los autores j de cada universidad. La figura 3 presenta la representación de esta nueva red.

La Universidad de Granada (UGR) es la que realiza más colaboraciones y, por tanto, es la que establece más relaciones. En segundo lugar está la Universidad Autónoma de Barcelona, seguida por la Universidad de Barcelona. Asimismo, existen universidades que aparecen aisladas. De forma general, podemos decir

FIGURA 3

Red de colaboración interuniversitaria



que existe una red central cohesionada con tres subredes aisladas. La UGR ocupa el centro de la red, lo que indica que, además de ser la que más trabajos produce, es la institución relacionada de forma directa con más universidades.

Análisis de las referencias

El análisis de las referencias, a pesar de las polémicas que genera, constituye un elemento esencial de la bibliometría, ya que permite cuantificar la repercusión

de las publicaciones científicas y de la producción de los investigadores, así como establecer las relaciones existentes entre los documentos científicos.

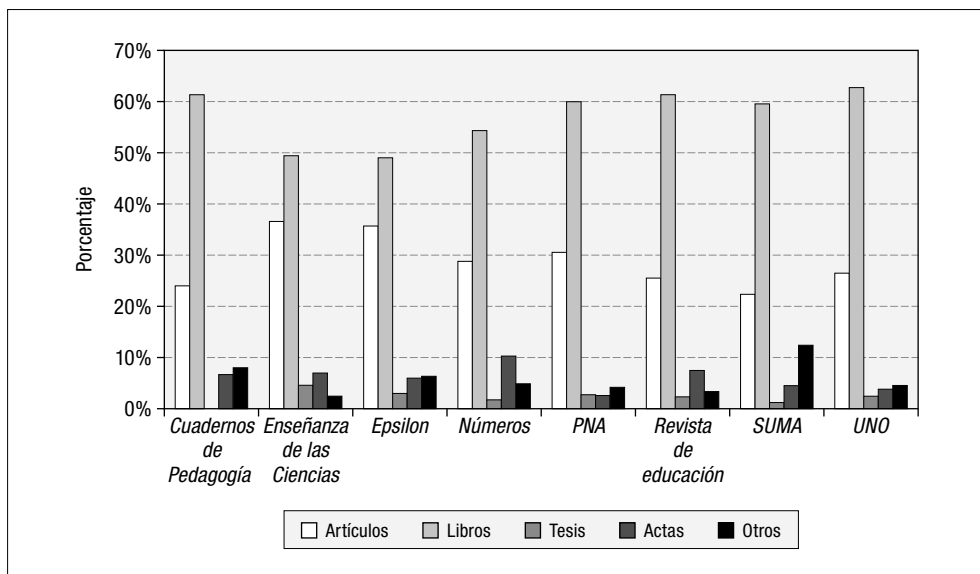
Hemos obtenido un total de 9.508 referencias bibliográficas en los 774 artículos publicados en las revistas que se han analizado en el período de 1999 a 2008, lo que supone una media de 12,28 referencias por artículo y una desviación típica de 11,7. Por revistas, se obtienen resultados bastante parecidos en cuatro de los casos, pero aparecen promedios de referencias más altos en las revistas especializadas en investigación educativa (*Enseñanza de las Ciencias* tiene una media de 27,19 referencias, *PNA* de 23,04 y *Revista de Educación* de 25,87), mientras que en el sentido contrario encontramos a *Cuadernos de Pedagogía* con una media del número de referencias de tan solo 3,57 documentos.

En cuanto a la antigüedad de las referencias, se obtiene una media global de 16,29 años, bastante más alta que la que se obtiene para algunas ramas de las Ciencias Sociales en general. Por ejemplo en Marketing la antigüedad es de 9,6 años (Gázquez y Sánchez, 2004). Por otro lado, se ha observado bastante variabilidad entre las revistas estudiadas, destacando por lo elevado del promedio *Epsilon* (24,35 años) y *SUMA* (20,18 años), debido a la frecuencia con la que aparecen en dichas publicaciones artículos sobre Historia de las Matemáticas, en los que se suele hacer referencia a libros antiguos.

Atendiendo al tipo de documentos citados en estas revistas se obtuvo que los más citados son los libros (57%), seguidos de los artículos de revistas científicas (29%) (figura 4), siendo este valor inferior a los obtenidos a nivel internacional

FIGURA 4

Comparación de citas por revistas según el tipo de documentos



para otras ramas de las Ciencias Sociales como la Psicología (64%), Documentación (47,6%) o Sociología (40,4%) (Glänzel y Schoepflin, 1999). Llama la atención los altos porcentajes de referencias a libros en las revistas específicas de investigación (*Enseñanza de las Ciencias*, *PNA* y *Revista de Educación*), lo que puede señalar que esta área, aún joven, requiere apoyarse en los libros que han sentado las bases de esta disciplina.

Los porcentajes de referencias a tesis doctorales, actas de congresos y otros documentos son más bajos y oscilan entre el 0% y el 5%, en el caso de tesis; entre el 4% y el 10% en el caso de actas, y entre el 2% y el 12% en lo relativo a documentos de otra naturaleza.

Puesto que las revistas son el cauce normal de difusión de los avances en el ámbito de la investigación, interesa saber cuáles son las tomadas como referencia habitual en el ámbito de la investigación en Educación Matemática en España.

TABLA VI
Revistas más citadas

| Nº | Revista | Frecuencia | % |
|----|--|------------|-------|
| 1 | <i>Educational Studies in Mathematics</i> | 266 | 42,22 |
| 2 | <i>SUMA</i> | 150 | 23,81 |
| 3 | <i>UNO</i> | 144 | 22,86 |
| 4 | <i>Journal for Reserch in Mathematics Education</i> | 114 | 18,10 |
| 5 | <i>For the Learning of Mathematics</i> | 93 | 14,76 |
| 6 | <i>Recherches en Didactique des Mathématiques</i> | 93 | 14,76 |
| 7 | <i>Enseñanza de las Ciencias</i> | 92 | 14,60 |
| 8 | <i>Epsilon</i> | 61 | 9,68 |
| 9 | <i>American Mathematical Monthbly</i> | 48 | 7,62 |
| 10 | <i>Educación Matemática</i> | 39 | 6,19 |
| 11 | <i>Journal of Mathematical Behavior</i> | 38 | 6,03 |
| 12 | <i>Int. Journal of Mathematics Education in Science and Technology</i> | 30 | 4,76 |
| 13 | <i>Educational Research</i> | 26 | 4,13 |
| 14 | <i>La Matemática e la sua didattica</i> | 26 | 4,13 |
| 15 | <i>Journal of Educational Psychology</i> | 24 | 3,81 |
| 16 | <i>Review of Educational Research</i> | 21 | 3,33 |
| 17 | <i>Focus on Learning Problems in Mathematics</i> | 20 | 3,17 |
| 18 | <i>Números</i> | 20 | 3,17 |
| 19 | <i>Cuadernos de Pedagogía</i> | 18 | 2,86 |
| 20 | <i>Investigación y Ciencia</i> | 17 | 2,70 |

En total se contabilizaron referencias a 630 revistas distintas. Destaca en primer lugar la importancia de *Educational Studies in Mathematics* y la presencia de seis de las revistas que estamos estudiando, entre las más referenciadas: *SUMA*, *UNO*, *Enseñanza de las Ciencias*, *Epsilon*, *Números* y *Cuadernos de Pedagogía*, algo que podría hacernos pensar que, probablemente, pueda darse cierta endogamia en las autocitaciones a las propias revistas; sin embargo, al analizar el índice de autocitación se ha observado bastante variabilidad entre unas publicaciones y otras, pero siempre se obtienen valores moderados.

TABLA VII
Índice de autocitación por revistas

| Revista | Nº de referencias | Nº de autocitas | % autocitación |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| <i>Cuadernos de Pedagogía</i> | 75 | 4 | 5,33 |
| <i>Enseñanza de las Ciencias</i> | 1.550 | 57 | 3,68 |
| <i>Epsilon</i> | 1.373 | 19 | 1,38 |
| <i>Números</i> | 622 | 5 | 0,80 |
| <i>PNA</i> | 388 | 3 | 0,77 |
| <i>Revista de Educación</i> | 924 | 6 | 0,60 |
| <i>Suma</i> | 2.242 | 70 | 3,12 |
| <i>UNO</i> | 2.334 | 61 | 2,61 |

Otra de las características de citación importantes que se ha estudiado es el idioma de los documentos referenciados. En términos globales, existe bastante igualdad entre el número de referencias en español y en inglés, si bien la proporción de las primeras es algo superior (48% frente al 42%). Sin embargo, hay tres revistas con mayor número de referencias en inglés: *PNA* (58% frente a un 37%), *Enseñanza de las Ciencias* (54% frente a un 37%) y *Epsilon* (46% frente a un 43%).

Por otro lado, el porcentaje de documentos citados que están escritos en francés es similar al de los documentos escritos en idiomas diferentes del inglés, español o francés (5% aproximadamente en ambos casos).

4. Conclusiones

La producción científica de la Educación Matemática en España se distribuye fundamentalmente a través de tres canales: la producción de tesis doctorales, los congresos especializados y las revistas científicas. Este estudio de la producción de investigación en Educación Matemática en España a través de los trabajos publicados en revistas científicas españolas es complementario a los trabajos pre-

vios centrados en la producción de tesis doctorales (Torrallbo, 2002; Vallejo, 2005; Fernández-Cano y otros, 2003) y en el estudio cuantitativo de los simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) (Maz y otros, 2009). En este sentido, mientras que hace tan solo unos años los primeros estudios bibliométricos mostraban una disciplina emergente pero con cierto grado de inmadurez, este estudio pone de manifiesto que la Educación Matemática podría considerarse que hoy día está empezando a consolidarse como campo de investigación en nuestro país, dada la producción local de artículos de investigación en las revistas españolas, aunque tiene como tarea pendiente el incrementar el impacto de las mismas.

Más concretamente, respecto a la productividad, si bien de nuestro trabajo no puede deducirse que exista un aumento de la producción en investigación en Educación Matemática a lo largo del período estudiado, ya que nos hemos centrado en el análisis de una selección de revistas que lógicamente tienen una periodicidad y un volumen más o menos constante, sí que se ha podido constatar que la Educación Matemática en España se ajusta a los indicadores bibliométricos característicos de un área y a los patrones o leyes propias de la Cuantificación que identifican a las disciplinas plenamente consolidadas (principio de mimetismo/asimilación). Así por ejemplo, se ha podido identificar a un conjunto de grandes productores de artículos que, en buena parte, coinciden con los autores más prolíficos de trabajos presentados en los simposios y con los investigadores que más tesis dirigen; se ha comprobado que se cumple la Ley de Lotka mediante la aplicación del modelo del poder inverso generalizado con un nivel de significación $\alpha = 0,01$ en el test de ajuste de Kolmogorov-Smirnov.

En relación con un aspecto tan importante y aún poco estudiado como es la colaboración científica, se ha constatado la predominancia del trabajo individual frente al colectivo, obteniéndose un índice de coautoría algo bajo (1,7) respecto al esperado en el ámbito de las Ciencias Sociales. Este hecho vuelve a hacerse evidente en un estudio más profundo de las redes de colaboración en autoría en el que en lugar de apreciarse una red continua, se han encontrado multitud de nodos aislados, otros nodos vinculados a pequeñas redes mediante otro autor y muchas pequeñas redes integradas por dos o tres investigadores. Sin embargo, también se identificaron siete grandes redes de coautoría (colegios invisibles) bien diferenciadas que apuntan hacia una dinámica esperanzadora. Respecto a indicadores como la centralidad y la intermediación, los mayores índices recaen sobre autores bastante productivos, si bien existen elementos diferenciadores que determinan el papel de cada investigador en materia de colaboración.

Conviene resaltar un hecho que afecta ostensiblemente a la posición «privilegiada» de autores en algunos casos puntuales, tanto en materia de producción como de colaboración. Nos referimos a la publicación de artículos en revistas con las que pueden existir vínculos evidentes por parte de algunos autores. Incluso llega a darse el caso de que el autor con más artículos publicados en una revista pertenece al consejo de redacción de la misma. Un buen ejemplo a seguir debe ser el de la revista *Números*, que establece entre sus normas de publicación

que no pueden publicar trabajos los responsables de la dirección de la misma, los miembros del consejo de redacción, ni tan siquiera los miembros de la Junta Directiva de la Sociedad Canaria de Profesores de Matemáticas Isaac Newton de la que depende.

En el plano de colaboración institucional, se ha observado una red central cohesionada dentro de la cual se estructuran tres subredes. También se ha comprobado que la Universidad de Granada es la institución más relacionada con la mayor parte de universidades nacionales e internacionales al ocupar el centro de la red.

En definitiva, a nivel de colaboración en la autoría y entre las instituciones, se observa un comportamiento bastante normalizado aunque con unos índices algo bajos, que denotan cierto grado de endogamia de los «colegios invisibles», como suele ser habitual en comunidades científicas que no son muy numerosas.

Respecto a las implicaciones de los resultados obtenidos en el estudio de los indicadores de citación, en el análisis conjunto de las ocho revistas se obtienen resultados bastante esperados que ya se han ido comentando. Si bien, partíamos del conocimiento de que entre las revistas analizadas había cinco especializadas en Educación Matemática y las otras tres eran revistas genéricas de Educación, y que tres de ellas se centran en la investigación educativa, mientras que las demás alternan la publicación de artículos de investigación con trabajos de otra naturaleza, observamos que hay ciertos indicadores que caracterizan a las publicaciones. Así por ejemplo, los índices de coautoría son más altos en las revistas de investigación educativa y también hay diferencias significativas en el tipo de documentos más citados, el idioma de las referencias, la antigüedad de las citas y las autocitas a las propias revistas.

Otro de los aspectos en los que se han encontrado diferencias importantes entre las revistas es en la regularidad de publicación de ejemplares. Existe menos continuidad en las revistas editadas por asociaciones de profesores (*SUMA*, *Epsilon* y *Números*), dándose retrasos considerables en alguna de ellas, posiblemente como consecuencia de la escasez de recursos humanos disponibles y de los frecuentes cambios en las direcciones y consejos editoriales. Creemos que se hace necesario un mayor apoyo institucional para la edición de publicaciones científicas por parte de entidades sin ánimo de lucro, grupos de investigación, etc., que permita la dedicación adecuada de profesionales, siempre que estos cumplan algunos requisitos mínimos de calidad.

5. Bibliografía

- Batagelj, V.; Mrvar, A. (2007). Pajek software [Descargado el 12 de febrero de 2009 a partir de <http://pajek.imfm.si/doku.php>].
- 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.

- Bracho-López, R.; Maz-Machado, A.; Torralbo-Rodríguez, M.; Jiménez-Fanjul, N.; Adamuz-Povedano, N. (2010). La Investigación en Educación Matemática en la Revista Epsilon. Análisis cuantitativo y temático (2000-2009). *Epsilon. Revista de Educación Matemática*, 75, 9-25.
- Fernández-Cano, A.; Bueno, A. (1999). Synthesizing scientometric patterns in Spanish educational research. *Scientometrics*, 46 (2), 349-367.
- Fernández-Cano, A.; Torralbo, M.; Rico, L.; Gutiérrez, M. P.; Maz, A. (2003). Análisis cuantitativo de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998). *Revista Española de Documentación Científica*, 26 (2), 162-176.
- Fernández-Quijada, D. (2010). El perfil de las revistas españolas de comunicación (2007-2008). *Revista española de Documentación Científica*, 33 (4), 553-581.
- Gázquez, J. C.; Sánchez, M. (2004). El análisis de citas y el carácter interdisciplinar en marketing: los congresos de EMAC. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 10 (2), 159-181.
- Giménez, E.; Alcain, M. D. (2006). Estudio de las revistas españolas de periodismo. *Comunicación y sociedad*, XIX (2), 107-13.
- Glänzel, W.; Schoepflin, U. (1999). A bibliometric study of reference literature in the sciences and social sciences. *Inf. Process. Manage.*, 35 (1), 31-44.
- Jiménez, E. y Moya, F. (1997). Análisis de la autoría en revistas españolas de Biblioteconomía y Documentación, 1975-1995. *Revista Española de Documentación Científica*, 20 (3), 252-266.
- Malalana, A.; Román, A.; Rubio, C. (2007). Visibilidad internacional de las revistas españolas de Historia. *Scripta Nova*, 2007, 11, 234.
- Maz-Machado, A.; Bracho-López, R.; Torralbo-Rodríguez, M.; Gutiérrez-Arenas, M. P.; Hidalgo-Ariza M. D. (2011). La investigación en Educación Matemática en España: los simposios de la SEIEM. *PNA*, 5 (4), 163-184.
- Maz, A.; Torralbo, M.; Vallejo, 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.
- Maz, A.; Torralbo, M.; Bracho, R.; Hidalgo, M. (2009). Los simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática: Una revisión bibliográfica. En M. J. González, M. T. González y J. Murillo (Eds.), *XIII Simposio de la SEIEM. Investigación en Educación Matemática* (pp. 323-331). Santander: SEIEM.
- Molina, M.; Gómez, P.; Cañadas, C.; Gallardo, J.; Lupiáñez, J. L. (2011). Calidad y visibilidad de las revistas científicas: el caso de PNA. *Revista Española de Documentación Científica*, 34 (2), 266-275.
- Moya-Anegón, F.; Chinchilla, B.; Vargas, B.; González, A. (2006). Visualización de redes de colaboración internacional. En V. Guerrero-Bote (Ed.), *Proceeding of the I International Conference on Multidisciplinary Information Sciences on Technologies, InSciT2006* (pp. 43-47). Mérida (España): Open Institute Knowledge.
- Ortiz, J. J. (2010). La educación estadística en los Simposios de la SEIEM (1997-2009). En M. M. Moreno, A. Estrada, J. Carrillo, & T. A. Sierra (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIV* (pp. 475-486). Lleida: SEIEM.
- Pao, L. (1985). Lotka's law: A testing procedure. *Information Processing & Management*, 24 (4), 305-320.

- Price, J. D. S. (1986). *Little Science, Big Science and beyond*. Nueva York: Columbia University Press.
- Rico, L.; Sierra, M. (1994). Educación Matemática en la España del siglo xx. En J. Kilpatrick, L. Rico y M. Sierra (Eds.), *Educación Matemática e Investigación* (pp. 92-207). Madrid: Síntesis.
- Rons, N.; De Bruyn, A.; Cornelis, J. (2008). Research evaluation per discipline: a peer-review method and its outcomes. *Research Evaluation*, 17 (1), 45-57.
- Terrada, M. L.; Peris, R. (1988). *Lecciones de Documentación Médica*. Valencia: Cátedra de documentación médica.
- Torralbo, M. (2002). *Análisis cientimétrico, conceptual y metodológico de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática*. Universidad de Córdoba.
- Torralbo, M.; Maz, A.; Vallejo, M.; Fernández-Cano, A. (2007). Formación del profesorado de Educación Matemática en España: producción de tesis doctorales y artículos. *PNA*, 1 (4), 161-178.
- Torres-Salinas, D.; Bordons, M.; Giménez-Toledo, E.; Delgado López-Cózar, E.; Jiménez Contreras, E.; Sanz Casado, E. (2010). Clasificación integrada de revistas científicas (CIRC): propuesta de categorización de las revistas de ciencias sociales y humanas. *El Profesional de la Información*, 19 (6): 675-683.
- Urbizagástegui, R. (2004). Un modelo de aplicación de la Ley de Lotka por el método de poder inverso generalizado. *Información, cultura y sociedad*, 12, 51-73.
- Vallejo, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática (1975-2002)*. Universidad de Granada.
- Villamón, M.; Devís, J.; Valencia, S.; Valenciano, J. (2007). Características y difusión de las revistas científico-técnicas españolas de ciencias de la actividad física y el deporte. *El Profesional de la Información*, 16 (6), 605-615.