

LA INVESTIGACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN ESPAÑA: LOS SIMPOSIOS DE LA SEIEM

Alexander Maz-Machado, Rafael Bracho-López, Manuel Torralbo-Rodríguez,
M^a Pilar Gutiérrez-Arenas y María Dolores Hidalgo-Ariza

En España se realizan un gran número de investigaciones en Educación Matemática y se presentan avances de sus resultados en los simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM). En este artículo se presenta un estudio de las actas de dichos simposios. El objetivo de este trabajo es identificar algunos indicadores bibliométricos así como las redes de colaboración institucional y de coautoría. El análisis se realizó con 268 documentos de las actas SEIEM, observándose un bajo porcentaje de colaboración científica entre los investigadores del área. También se obtienen similares resultados en la cooperación internacional.

Términos clave: Bibliometría; Educación Matemática; Investigación; Productividad; Redes; SEIEM

Research in Mathematics Education in Spain: SEIEM Symposia

Spain produces a large amount of research in mathematics education and its results are presented in the symposia of the Spanish Society for Research in Mathematics Education (SEIEM). This paper presents a study of the proceedings of these symposia. Its aim is to identify some bibliometric indicators and networks of institutional collaboration and co-authorship. The analysis was performed with 268 SEIEM documents. We found a low level of scientific collaboration between researchers in the field. Similar results are obtained for international cooperation.

Keywords: Bibliometrics; Mathematics education; Networks; Productivity; Research; SEIEM

La creación del conocimiento científico y su posterior difusión son aspectos que en el contexto internacional vienen siendo ampliamente estudiados en los distintos campos del saber en los últimos tiempos. Tanto la producción del conocimiento como su transmisión son cuestiones de sumo interés para la comunidad científica que, sin duda, están íntimamente relacionadas con los colectivos que participan en la creación de nuevos conocimientos en cada disciplina científica y con los procesos de socialización de los mismos. La huella de los primeros se sigue a través de las publicaciones y éstas a su vez son indicadores de la visibilidad de los autores. En la actualidad existe un gran interés por identificar dónde y quiénes realizan investigaciones en los diversos campos científicos porque los resultados, en muchos casos, son empleados como criterios en la asignación de recursos en determinadas directrices políticas y agendas de investigación estatales.

Los estudios bibliométricos han supuesto el método más abordado para el análisis del avance y la difusión de cada rama de la ciencia; sin embargo, en los últimos años se viene considerando el interés de complementar los estudios cuantitativos clásicos con el análisis de las redes sociales que se crean en torno al proceso de producción científica. En España tienen tradición los trabajos bibliométricos sobre medicina y ciencias afines (Bordons, Gómez, Fernández, Zulueta y Méndez, 1996); sin embargo, en los últimos años han venido aflorando estudios globales sobre la ciencia española y sobre áreas específicas relacionadas con las Ciencias Sociales (Moya-Anegón, Vargas-Quesada, Chinchilla-Rodríguez, Corera-Alvarez, González-Molina, Muñoz-Fernández, et al., 2006), la educación y la producción de tesis doctorales (Ardanuy, Urbano y Quintana, 2009; Vallejo, Fernández-Cano, Torralbo y Maz, 2007).

En la actualidad el trabajo científico ya no es una actividad de personas aisladas, sino que es una labor conjunta de individuos y esto genera una integración en redes académicas que a su vez son el reflejo de las redes institucionales (Moya-Anegón, Chinchilla, Vargas y González, 2006). La Educación Matemática como disciplina científica no está exenta de esta tendencia y por ello se empieza a explorar estos aspectos desde perspectivas metodológicas (Hart, Smith, Swars y Smith, 2009), educativas (Reys y Kilpatrick, 2008) y de visibilidad nacional e internacional (Llinares, 2008; Maz y Torralbo, 2007). Estos trabajos se centran en el estudio de los procesos implicados en la producción del conocimiento científico y de las redes o *colegios invisibles* para cada disciplina científica, así como de los mecanismos de comunicación y las estructuras de cada comunidad científica (Alonso-Arroyo, Pulgarín y Gil-Leiva, 2005).

En el caso de la Educación Matemática en España sólo se conocía de manera informal quiénes investigaban determinados campos y con quién lo hacían. En los últimos años han surgido estudios sistemáticos encaminados a detectar los focos y las tendencias investigadoras (Maz, Torralbo, Vallejo, Fernández-Cano y Rico, 2009). Sin embargo, si bien se han producido algunos acercamientos hacia la producción de tesis doctorales o la visibilidad de los investigadores españoles

(Llinares, 2008; Torralbo, Maz, Vallejo y Fernández-Cano, 2007; Vallejo, Fernández-Cano, Torralbo, Maz y Rico, 2008), se echan de menos estudios sobre los propios medios de difusión nacional —revistas y congresos—, por lo que merece investigar dichas fuentes documentales.

El análisis del comportamiento de determinadas disciplinas tomando como población de estudio los congresos es algo que ya se aplica a otras ciencias y ejemplos de ello se perciben en la literatura especializada (Iñiguez, Justicia, Peñaranda y Martínez, 2006). En este trabajo tomamos los simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) como muestra representativa de la actividad investigadora en Educación Matemática en España, puesto que las comunicaciones allí presentadas constituyen un caleidoscopio que refleja los temas de interés de los investigadores españoles de dicha área de conocimiento. Estos simposios internacionales, que se organizan anualmente, proporcionan un observatorio de excepción para el estudio tanto de la producción bibliográfica como de las redes de colaboración en investigación en Educación Matemática en España.

Puesto que los simposios de la SEIEM son congresos de investigación, se parte de la premisa de que, tanto las comunicaciones como las conferencias presentan resultados de investigación, por lo que el conjunto de documentos es una muestra homogénea de datos en cuanto a su contenido científico. Un aspecto que podría ser discutible son los mecanismos utilizados para la selección de los participantes en las distintas actividades en los simposios (conferencias o comunicaciones), pero esto escapa del propósito de este estudio, el cual se centra en la evidencia empírica de la producción científica en estos eventos a través de sus actas.

FUENTES Y MÉTODO

En este estudio se pretenden alcanzar los siguientes objetivos:

- ◆ Identificar la producción diacrónica de las comunicaciones en los simposios de la SEIEM.
- ◆ Hallar el índice de colaboración en autoría e institucional.
- ◆ Clasificar el tipo de fuentes documentales utilizadas.
- ◆ Identificar las redes de coautoría en las aportaciones publicadas en los simposios de la SEIEM.
- ◆ Elaborar un mapa del trabajo colaborativo en Educación Matemática en España a partir del estudio de una muestra significativa.
- ◆ Identificar las redes de colaboración interuniversitaria en los simposios de la SEIEM.

Este estudio es de tipo exploratorio descriptivo y en él se utilizan técnicas bibliométricas cuantitativas y cualitativas en concordancia con el análisis bibliométrico y el análisis de redes sociales. Se aplicaron como instrumentos de recogida de datos unas fichas técnicas de indicadores presentes en los documentos a revisar. Se realizó un estudio censal, por cuanto se revisaron los 12 simposios realizados por la SEIEM desde 1997 hasta el 2008.

Los datos se exportaron a una base de datos *ad-hoc* de estructura relacional. Los registros de los trabajos proporcionaron la filiación institucional así como la relación de autores, coautores y revistas citadas.

Para el análisis de redes se tuvo en cuenta que cada documento puede estar firmado por diferentes autores. Los datos están representados por una matriz de afiliación en la que los valores de cada una de las celdas X_{ij} pueden ser 1 o 0 en función de si se ha firmado o no como autor. La matriz de afiliación refleja las relaciones entre los autores en función del número coautorías. Para elaborar la matriz de la red y su posterior análisis se tomó un conjunto de nodos N (autores) y un conjunto de aristas R (relaciones de coautorías). Se consideró el grafo $M = \langle N, R \rangle$. Por lo tanto, M es un grafo conexo, acíclico, sin pesos y no dirigido, que representa la red social de la Educación Matemática en los simposios de la SEIEM. Definimos la matriz de adyacencia como:

$$A_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } (i, j) \in R \\ 0 & \text{si } (i, j) \notin R \end{cases}$$

donde $(i, j) \in R$ significa que existe una arista que conecta los nodos i y j de N . De la definición se sigue que A es una matriz cuadrada de orden $|N|$, siendo $|N|$ el tamaño o cardinalidad del conjunto N . En nuestro caso es una matriz cuadrada de de orden 279.

RESULTADOS

Un aspecto importante que tuvo que ser analizado y resuelto estaba relacionado con el XII Simposio realizado en Badajoz, porque se efectuó conjuntamente con las sociedades portuguesas de Educación Matemática. Su exclusión dejaría fuera los resultados más recientes y su inclusión quizá podría originar distorsión en los resultados. Se consideró la posibilidad de incluir solo la producción española, pero esto generaba más inconsistencias, puesto que no hay forma de determinar si una comunicación se presentaba por el congreso español o el portugués, puesto que durante los anteriores simposios había presencia de comunicantes portugueses. Además se consideró que este simposio representaba sólo el 8% de todos los realizados y a su vez las comunicaciones portuguesas serían, a lo sumo, la mitad de las presentadas en dicho congreso y muchas de las cuales también se presenta-

rían si la organización fuese solo española. Por lo tanto el equipo investigador decidió incluir todos los documentos de este simposio.

Indicadores Bibliométricos

En este apartado analizamos las contribuciones a los simposios de la SEIEM de acuerdo con los siguientes indicadores bibliométricos: (a) productividad, (b) índice de colaboración, (c) cumplimiento de la ley de Lotka, (c) fuentes documentales y (d) producción institucional.

Productividad

Al contabilizar los documentos no diferenciamos si eran conferencias o comunicaciones. De esta forma, se obtuvieron 268 documentos publicados en los 12 simposios, que fueron firmados por 279 autores. La Tabla 1, presenta los autores firmantes en seis o más documentos.

Tabla 1
Autores con más Aportaciones a los Simposios de la SEIEM

| Autores | Documentos |
|---------------------|------------|
| Luis Rico | 12 |
| José Carrillo | 11 |
| Juan D. Godino | 11 |
| Enrique Castro | 10 |
| Luis Puig | 10 |
| Encarnación Castro | 7 |
| José L. González | 7 |
| Olimpia Figueras | 7 |
| Ángel Contreras | 6 |
| Carmen Batanero | 6 |
| Gregoria Guillén | 6 |
| Joao Pedro Da Ponte | 6 |
| Pedro Gómez | 6 |
| Pedro Huerta | 6 |
| Salvador Llinares | 6 |

Se destaca que, de los cinco autores con más aportaciones, tres pertenecen a la Universidad de Granada: Luis Rico, Juan D. Godino y Enrique Castro; y dos a

universidades no españolas: Olimpia Figueras (México) y Joao Pedro Da Ponte (Portugal).

Índice de Colaboración

Los datos de Tabla 2 indican que las aportaciones a los simposios son principalmente individuales. Sin embargo, debe matizarse el hecho de que en cada simposio hay un mínimo de seis conferencias invitadas, lo cual eleva estos porcentajes. Tomando los totales, se observa que las presentaciones en los simposios son mayoritariamente colectivas (53,6%). El índice de colaboración viene dado por la fórmula $IC = \frac{n^{\circ} \text{ firmas}}{n^{\circ} \text{ artículos}}$ que, en este caso, toma el valor de 1,92 muy cercano a los índices que Bordons y Gómez (1997) establecen para las ciencias sociales en España (dos firmas por trabajo).

Tabla 2

Autores Firmantes por Artículo

| Firmas | Artículos | % | Total de firmas |
|--------------|------------|--------------|-----------------|
| 1 | 119 | 44,4 | 119 |
| 2 | 91 | 34,0 | 182 |
| 3 | 41 | 15,3 | 123 |
| 4 | 7 | 2,6 | 28 |
| 5 | 3 | 1,1 | 15 |
| 6 | 3 | 1,1 | 18 |
| 7 | 2 | 0,7 | 14 |
| 8 | 1 | 0,4 | 8 |
| 9 | 1 | 0,4 | 9 |
| Total | 268 | 100,0 | 516 |

Cumplimiento de la Ley de Lotka

La ley de Lotka es una distribución de probabilidades que describe la productividad de autores en un área de conocimiento o en revistas determinadas. Para aplicar la ley de Lotka a las producciones de los simposios de la SEIEM utilizaremos el método del poder inverso generalizado utilizando el modelo de los mínimos cuadrados propuesto por Pao (1985) y aplicando la prueba de ajuste Kolmogorov-Smirnov (K-S), como sugiere Coile (1977). La ley se expresa en la forma de:

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

Donde y_x es la probabilidad de que un autor haga x contribuciones sobre un tema. C y n son los dos parámetros que deben ser estimados de los datos observados. Para obtener n se usa el método del mínimo cuadrado lineal, expresado por la ecuación

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

Donde N es el número de pares de datos observados, X es el logaritmo de base 10 de x , Y es el logaritmo de base 10 de y . La estimación del parámetro C se hace mediante la función inversa Zeta de Riemann:

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

Donde p es el número de pares de datos observados.

Los resultados de los registros de las actas de los simposios de la SEIEM se presentan en la Tabla 3, donde x es el número de contribuciones por autor e y el número de autores.

Tabla 3

Datos Observados y Datos para Calcular los Parámetros n y C

| x | y | $\log x$ | $\log y$ | $(\log x)(\log y)$ | $(\log x)^2$ |
|--------------|------------|-------------|-------------|--------------------|--------------|
| 1 | 193 | 0,00 | 2,28 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 47 | 0,30 | 1,67 | 0,50 | 0,09 |
| 3 | 18 | 0,48 | 1,25 | 0,60 | 0,23 |
| 4 | 15 | 0,60 | 1,18 | 0,71 | 0,36 |
| 5 | 4 | 0,70 | 0,60 | 0,42 | 0,49 |
| 6 | 5 | 0,78 | 0,70 | 0,54 | 0,60 |
| 7 | 4 | 0,84 | 0,60 | 0,51 | 0,71 |
| 10 | 3 | 1,00 | 0,48 | 0,48 | 1,00 |
| 12 | 1 | 1,08 | 0,00 | 0,00 | 1,16 |
| Total | 290 | 5,78 | 8,77 | 3,76 | 4,65 |

A partir de los datos de la Tabla 3, los parámetros de la distribución quedarían definidos como $n = 2,0059$ redondeando obtenemos $n = 2$, y $C = 0,607463$.

La aplicación del test K-S muestra que, con una confianza del 0,001 los resultados: $C = 0,607463$, $n = 2$, $K-S = 0,957168$ y $D_{máx} = 0,076588$.

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 de la SEIEM. En la Figura 1 se presentan gráficamente los datos de la Tabla 3.

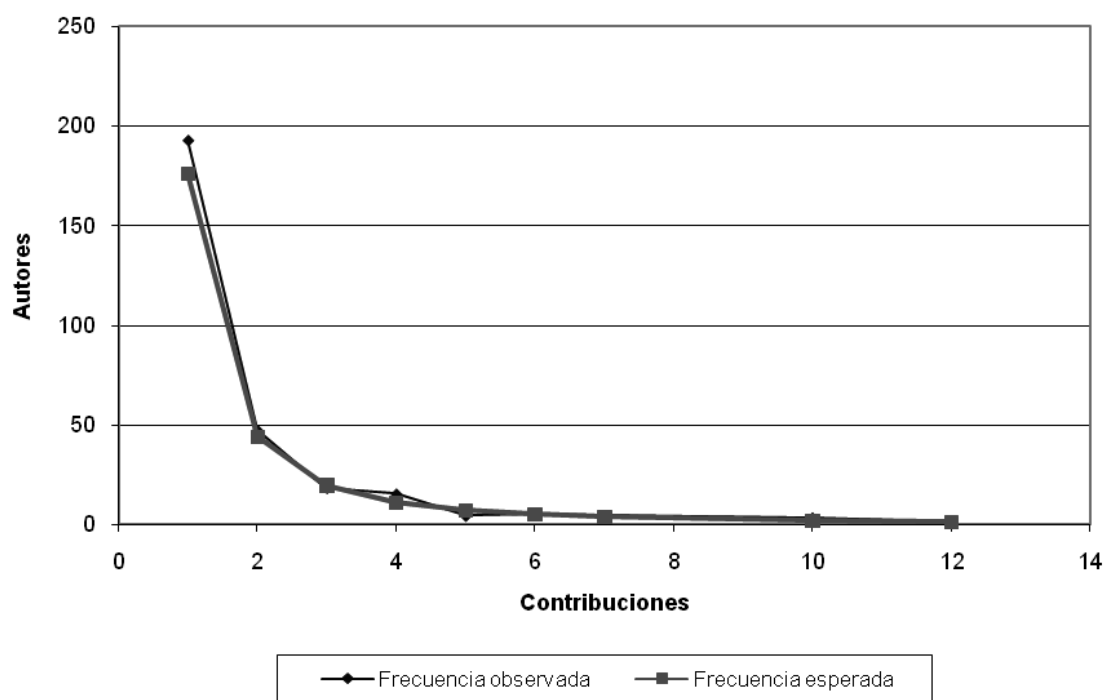


Figura 1. Ley de Lotka

Fuentes Documentales

Hay una leve preferencia hacia al uso de los libros sobre las revistas como fuente bibliográfica y, en menor medida, se citan capítulos de libros. La media de citas por artículo es de 18,34 y la media de antigüedad del total de las citas es de 10,5 años. A continuación, en la Tabla 4, se presentan las distintas fuentes documentales de citación incorporadas en las producciones.

Tabla 4

Tipo de Documento Simposio SEIEM 1997-2008

| Documento | N | % |
|---------------------|------|-------|
| Libros | 1653 | 33,62 |
| Revistas | 1391 | 28,30 |
| Capítulos de libros | 1029 | 20,93 |
| Tesis | 306 | 6,22 |

Tabla 4
Tipo de Documento Simposio SEIEM 1997-2008

| Documento | N | % |
|-----------------------|------|------|
| Actas de congresos | 259 | 5,27 |
| Web | 90 | 1,83 |
| Literatura “gris” | 39 | 0,79 |
| Artículos de prensa | 40 | 0,81 |
| Normativas | 30 | 0,61 |
| Revistas electrónicas | 11 | 0,22 |
| Otros | 68 | 1,38 |
| Total | 4916 | 100 |

A partir de la organización del quinto simposio se cambió la estructura del evento. Hasta ese momento, el encuentro se basaba en conferencias invitadas y, desde entonces, se apostó por un esquema en el que además de las conferencias, las comunicaciones empiezan a ser aceptadas para su presentación. La Tabla 5 revela la evolución del número de comunicaciones.

Tabla 5
Evolución Diacrónica de las Comunicaciones Presentadas por Simposio

| Año | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | Total |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Comunicaciones | 6 | 4 | 20 | 14 | 16 | 14 | 23 | 50 | 147 |

En las últimas ocho ediciones se presentaron 147 comunicaciones, lo que arroja una media de 18,37 por simposio. En el año 2008 se aprecia un inusitado aumento de más del 100% de las presentadas en el 2007. Este hecho se explica por la realización del XII Simposio SEIEM conjuntamente con la Associação de Professores de Matemática y la Secção de Educação e Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências de la Educação, ambas portuguesas.

Puesto que las revistas son el cauce normal de difusión de los avances en el ámbito de la investigación, interesa saber cuáles son las revistas que son tomadas como fuentes documentales por quienes investigan en Educación Matemática en España (ver Tabla 6).

Tabla 6
Revistas más Citadas

| Revista | Citas |
|--|-------|
| Educational Studies in Mathematics | 169 |
| Recherches en Didactique des Mathématiques | 113 |
| Enseñanza de las Ciencias | 76 |
| Journal for Reserch in Mathematics Education | 75 |
| For the Learning of Mathematics | 52 |
| Educación Matemática | 35 |
| Theory & Psychology | 25 |
| Journal of Mathematical Behavior | 24 |
| Educação e Matemática | 23 |
| Journal of Mathematical Teacher Education | 22 |
| Quadrante | 22 |
| Suma | 22 |
| Zetetiké | 21 |
| Educational Research | 20 |
| ZDM | 20 |
| Mathematics Teacher | 17 |
| Journal of Educational Psychology | 14 |
| Epsilon | 13 |
| Revista EMA | 13 |
| Focus on Learning Problems in Mathematics | 12 |

En las actas de los simposios aparecen citadas un total de 333 revistas, destacándose *Educational Studies in Mathematics* con el mayor número de citaciones, lo cual representa el 10,22% de las citaciones de artículos (ver Tabla 6). Las cuatro primeras revistas confirman los resultados obtenidos en otras investigaciones sobre cuáles son las revistas más utilizadas en la investigación sobre Educación Matemática en España (Fernández-Cano, Torralbo, Rico, Gutiérrez y Maz, 2003). Es notable el número de citaciones de la revista española *Enseñanza de las Ciencias*, mostrando un papel preponderante en la difusión de la investigación en Educación Matemática en español. Entre las 20 más citadas aparecen ocho revistas iberoamericanas de Brasil, México, Colombia, Portugal y España,

lo que pone de manifiesto un uso considerable de las revistas escritas en portugués y en español.

En cuanto a la participación internacional en los simposios, en total se encontraron aportaciones procedentes de 67 universidades de 13 países (ver Tabla 7). Como era de esperar, la presencia de las instituciones españolas es mayoritaria (52,23%), mientras que las universidades latinoamericanas representan el 23,37% del total, lo cual es un indicio de la buena imagen y consideración que los simposios de la SEIEM tienen en esta área geográfica. La situación de las universidades portuguesas obedece en primer lugar al ser un país vecino y en segundo término porque, como ya se ha indicado, el simposio del año 2008 se realizó de forma conjunta con dos asociaciones portuguesas, lo que aumento la participación de investigadores de ese país.

Tabla 7
Aportaciones en Simposios de la SEIEM

| País | Universidades |
|------------|---------------|
| España | 35 |
| Portugal | 10 |
| Colombia | 5 |
| Brasil | 4 |
| U.S.A | 2 |
| México | 2 |
| Argentina | 2 |
| Venezuela | 2 |
| Cuba | 1 |
| Bélgica | 1 |
| Italia | 1 |
| Inglaterra | 1 |
| Perú | 1 |

En la Figura 2 se observa una irregularidad en cuanto al número de documentos por simposio, con una tendencia al crecimiento de forma cíclica. En el año 2008 el número de documentos prácticamente duplica al de año anterior. Sin embargo, esto se explica porque fue un simposio conjunto de tres sociedades de Educación Matemática españolas y portuguesas.

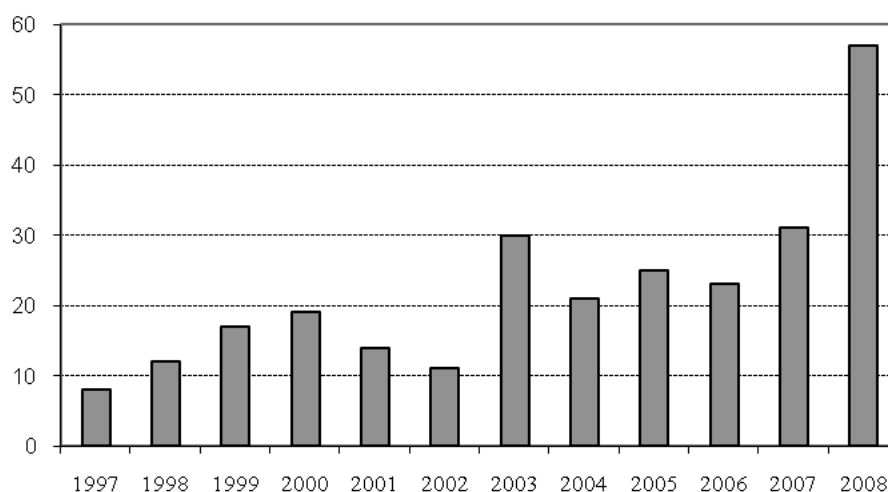


Figura 2. Producción diacrónica de documentos en simposios de la SEIEM

Producción Institucional

La productividad de las universidades queda reflejada en la Tabla 8, donde puede verse cómo la Universidad de Granada aporta el mayor número de documentos, seguida con mucha diferencia por la Universidad de Valencia. Es destacable el alto número de aportaciones de la Universidad de Lisboa, lo que confirma la amplia participación de los investigadores portugueses en los simposios de la SEIEM. Por otra parte este número tiene relación con la realización del XII Simposio conjuntamente con las sociedades portuguesas. Las cuatro primeras universidades publican el 45% del total de documentos.

Tabla 8

Universidades con Mayor Productividad

| Institución | Documentos |
|-----------------------------------|------------|
| Universidad de Granada | 53 |
| Universidad de Valencia | 35 |
| Universidad de Lisboa | 18 |
| Universidad Autónoma de Barcelona | 16 |
| CINVESTAV (México) | 11 |
| Universidad de Huelva | 11 |
| Universidad de la Laguna | 11 |
| Universidad de Málaga | 11 |

Tabla 8
Universidades con Mayor Productividad

| Institución | Documentos |
|--------------------------|------------|
| Universidad de Barcelona | 10 |
| Universidad de Jaén | 10 |
| Universidad de Córdoba | 6 |
| Universidad de Salamanca | 6 |

Estructura de las Redes de Colaboración

Para conocer la colaboración entre autores se construyó la matriz de coautoría con los apellidos de los autores que se suministró al software *Pajek* (Batagelj y Mrvar, 2007). Para obtener la representación de la red recurrimos al algoritmo de Fruchterman-Reingold. De esta forma se obtuvo la red para la Educación Matemática en los simposios de la SEIEM (ver Figura 3). Se observa que no se produce una sola red continua sino que hay un abundante número de nodos aislados de la red central, síntoma de colaboraciones esporádicas o de red endogámica y reducida con pocos contactos de colaboración.

En la Figura 3 se han señalado los autores con mayor centralidad de grado. El grado de centralidad es el número de nodos a los cuales un autor está directamente unido.

Asimismo, se evidencia que no existe una red totalmente estructurada, porque el 44% de los autores no han firmado sus documentos con otros investigadores. Podría parecer que influye bastante el número de conferencias a lo largo de los 12 simposios (72), pero éstas sólo representan el 25,8% de los autores. Además, la mayoría de los conferenciantes españoles han presentado comunicaciones con estudiantes de doctorado. La Figura 3 refleja algunos nodos (autores) que ocupan la parte central de la red. Estos se hallan relacionados en la Tabla 10 y en la Tabla 11, porque además son los de mayor grado de intermediación.

La Figura 3 revela que hay muchos autores periféricos que se integran con la red a través de un solo nodo (autor); es decir, su participación para acceder a los recursos de la red es altamente intermediada. Se detectaron 15 subgrupos de dos integrantes, cinco de tres integrantes, tres de cuatro integrantes y dos de cinco integrantes.

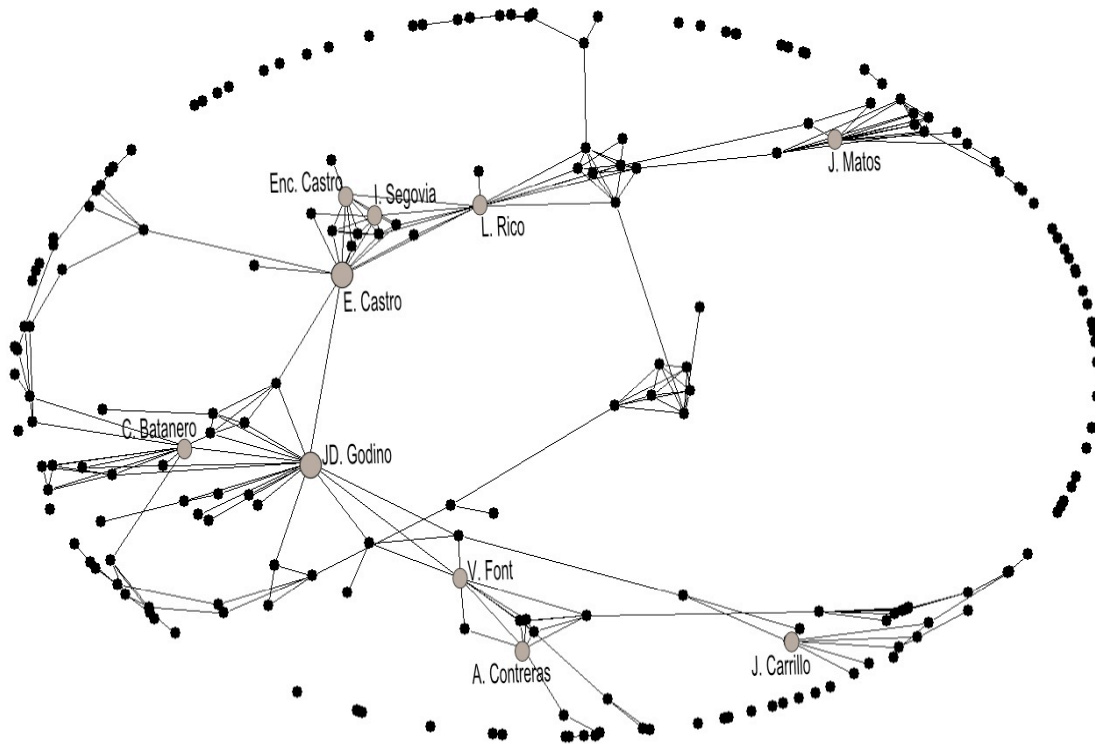


Figura 3. Red de colaboración de autores de los simposios de la SEIEM

En la Tabla 9 se presenta a los autores con mayor grado de centralidad, ordenados de mayor a menor y alfabéticamente. La primera columna se refiere al número correspondiente en la fila de la matriz, la segunda presenta los autores, la tercera columna indica el número de relaciones y en la última columna se expresa el valor porcentual en decimales. Siete de los autores con más alto grado de centralidad corresponden al departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.

Tabla 9

Grado de Centralidad de los Autores en la Red

| <i>N</i> | Autor | Grado de centralidad | Grado de centralidad normalizado (%) |
|----------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| 76 | Castro, E. | 17,00 | 1,57 |
| 148 | Godino, J. D. | 17,00 | 1,57 |
| 163 | Rico, L. | 15,00 | 1,40 |
| 43 | Batanero, C. | 14,00 | 1,30 |
| 124 | Matos, J. F. | 12,00 | 1,11 |
| 265 | Font, V. | 11,00 | 1,02 |

Tabla 9
Grado de Centralidad de los Autores en la Red

| <i>N</i> | Autor | Grado de centralidad | Grado de centralidad normalizado (%) |
|----------|---------------|----------------------|--------------------------------------|
| 75 | Castro, Enc. | 11,00 | 1,02 |
| 113 | Segovia, I. | 10,00 | 0,93 |
| 20 | Contreras, A. | 10,00 | 0,93 |
| 134 | Carrillo, J. | 9,00 | 0,83 |
| 89 | Fernández, F. | 9,00 | 0,83 |

Al comparar los valores de la Tabla 1 y de la Tabla 9 se confirma que la centralidad en esta red de colaboración es independiente del número de documentos publicados tal como se aprecia al comparar el grado de centralidad de Font y Segovia con el número de trabajos publicados.

El tamaño de la red es importante porque mide la proporción de relaciones existentes sobre el número total de posibles relaciones; además, indica la intensidad de la colaboración entre los investigadores dentro de la red. Cuanto mayor sea este índice, mayor es la capacidad que tiene el grupo para su desarrollo y tener permanencia en el tiempo. Los indicadores de red se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10
Indicadores de la Red de Coautoría en Simposios de la SEIEM

| Medidas | Red completa |
|----------------------------------|--------------|
| Nodos | 279,00 |
| Densidad | 0,01 |
| Grado mínimo normalizado | 0,00 |
| Grado máximo normalizado | 7141,17 |
| Grado promedio | 239,11 |
| Diámetro | 5,80 |
| Centralización de grado | 1,33 |
| Centralización de intermediación | 0,09 |

El valor para la densidad de esta red es considerado como demasiado bajo y confirma la escasa conectividad de la red ya que sólo alcanza el 0,94% respecto al potencial de conexión entre los autores. Los datos son un claro indicio de que los

investigadores del área presentan desigualdades para acceder e introducir información o conocimientos en la red.

La intermediación es el índice que informa del número de caminos mínimos que pasan por un nodo k (Brandes, 2001). Esta clase de centralidad indica el poder de determinados nodos en una red para conectarse y servir de vínculo entre otros nodos, lo que les otorga cierto estatus dentro de la red, puesto que pueden canalizar el flujo de la información.

Se tiene un índice de intermediación para toda la red de 9,54%, un valor bajo dado el tamaño de la red. Por otro lado se tiene que hay mucha variación en la intermediación de los autores, lo que es reafirmado por el coeficiente de variación ($\theta_k = 816,18$) con relación al promedio de intermediación de 239,11. Se observa una desigualdad en la distribución de la intermediación en la red, ya que existen puntuaciones de cero para algunos nodos y, por el contrario, otros alcanzan valores de 7141,17 puntos.

En la Tabla 11 se presentan los autores que alcanzan los mayores índices de intermediación. La tercera columna muestra el grado de intermediación total y la cuarta columna indica el grado de intermediación expresado en porcentajes.

Tabla 11

Autores con Mayor Intermediación

| <i>N</i> | Autor | Intermediación | Intermediación normalizada (%) |
|----------|----------------|----------------|--------------------------------|
| 148 | Godino, J. D. | 7141,17 | 9,83 |
| 76 | Castro, E. | 6473,25 | 8,91 |
| 163 | Rico, L. | 4923,88 | 6,78 |
| 43 | Batanero, C. | 4733,33 | 6,52 |
| 92 | Ruiz, F. | 2866,67 | 3,947 |
| 265 | Font, V. | 2773,57 | 3,82 |
| 111 | Romero, I. | 2252,20 | 3,10 |
| 212 | Mesquita | 2112,00 | 2,91 |
| 242 | Roa, R. | 1955,92 | 2,69 |
| 124 | Matos, J. F. | 1678,00 | 2,31 |
| 215 | Branco, N. | 1548,00 | 2,13 |
| 141 | Fortuny, J. M. | 1293,00 | 1,78 |
| 65 | Bencomo, D. | 1275,00 | 1,75 |
| 39 | Ribeiro, C. M. | 1204,00 | 1,66 |

Tabla 11
Autores con Mayor Intermediación

| <i>N</i> | Autor | Intermediación | Intermediación normalizada (%) |
|----------|-----------------|----------------|--------------------------------|
| 32 | Estrada, A. | 1188,75 | 1,64 |
| 134 | Carrillo, J. | 1155,50 | 1,59 |
| 14 | Matos, A. | 1121,00 | 1,54 |
| 191 | González, M. J. | 1110,58 | 1,53 |
| 162 | Puig, L. | 1106,00 | 1,52 |
| 87 | Moreno, F. | 1086,48 | 1,50 |

El análisis de este indicador señala que de los 279 autores sólo 97 tienen valores mayores que cero (34,76% del total) y tienen el poder de conectar a un grupo de autores (o nodos). En este contexto podemos definir a estos autores como puentes que vinculan a otros autores que participan y publican en los simposios de la SEIEM. Los cuatro primeros autores de la Tabla 10 coinciden con los que tienen mayor grado de centralidad (ver Tabla 7) pero a partir del quinto empiezan a figurar nuevos autores.

Puesto que la mayor parte de la investigación en Educación Matemática en España se realiza en las universidades, interesa conocer cuál es la colaboración que se da entre ellas, identificar qué universidades tienen mayor número de contactos a nivel de autoría y con cuáles las realizan. Aplicamos el algoritmo de identificación de universidades a la red de coautorías en los simposios de la SEIEM. Esto generó una nueva agrupación con lo que obtenemos una nueva matriz, de 45×45 , en la que cada una de las celdas contiene la relación entre los autores i con los autores j de cada universidad. La Figura 4 presenta la representación de esta nueva red.

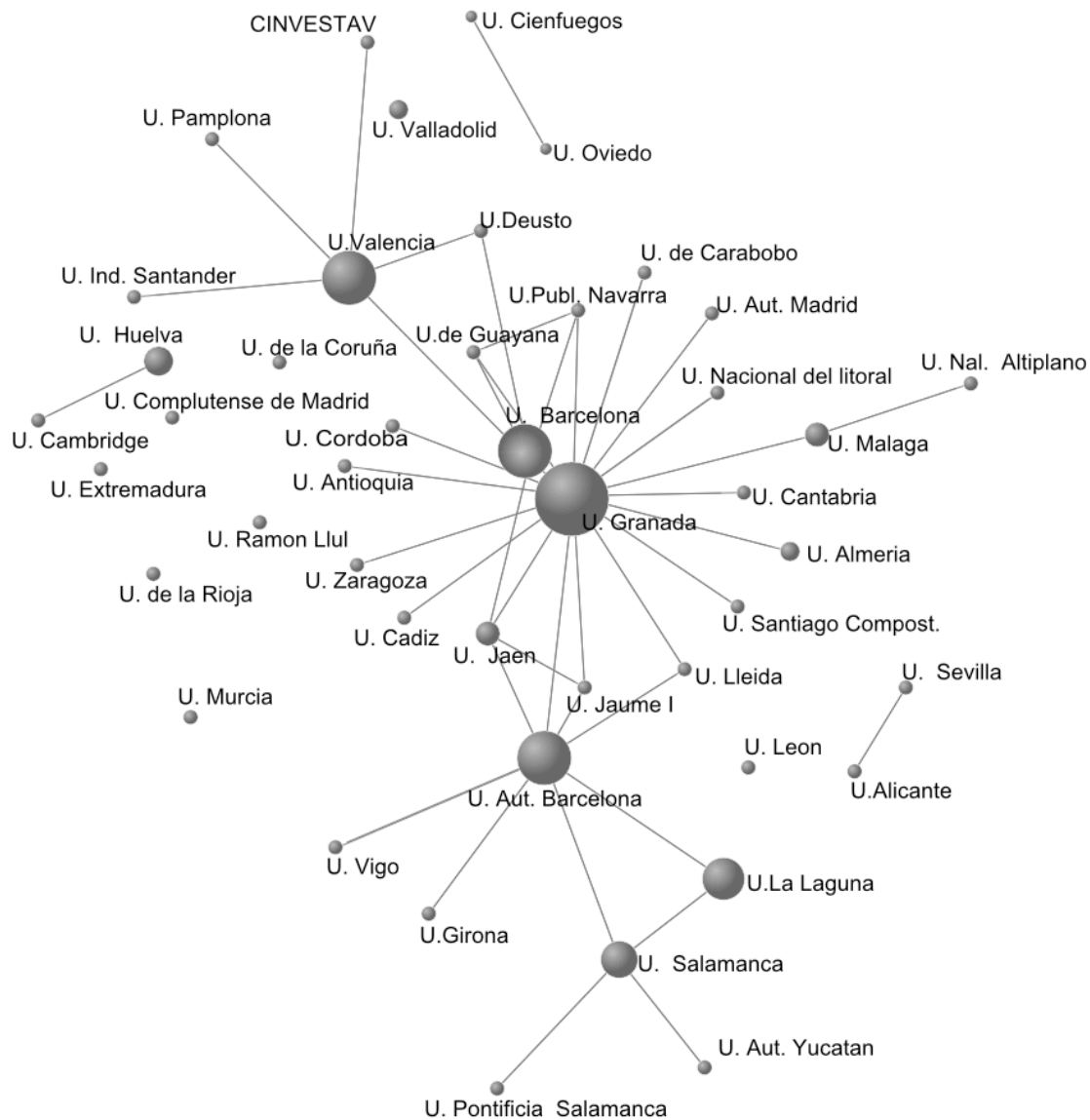


Figura 4. Red de colaboración universitaria española

Como se observa, la Universidad de Granada es la que realiza más colaboraciones y por tanto es la que establece más relaciones: lo hace con otras 18 universidades. En segundo lugar está la Universidad Autónoma de Barcelona con 8, seguida por la Universidad de Barcelona con 6. Así mismo, 7 universidades no han participado con otras en la publicación de sus trabajos en los simposios. La colaboración internacional se ha materializado con 11 universidades de 7 países: Colombia (3), México (2), Venezuela (2), Argentina (1), Cuba (1), Inglaterra (1) y Perú (1). De forma global, podemos decir que existe una red central cohesionada con tres subredes aisladas. Si bien debe señalarse que aparecen muchos investigadores latinoamericanos que, al estar cursando estudios de doctorado en universidades españolas, suelen publicar con investigadores de estas universidades, y sólo citan a las últimas, en detrimento de sus instituciones de origen. La Univer-

sidad de Granada ocupa el centro de la red, lo cual indica que es la institución relacionada de forma directa con la mayor parte de las universidades.

Una posible explicación del bajo grado de colaboración de la mayoría de universidades sería que las comunicaciones se suelen nutrir principalmente de los avances de investigación de las tesis doctorales y, a nivel local, no hay mucha tradición en cuanto a la codirección multiuniversitaria.

Puesto que el 19% de los documentos publicados en las actas de los 12 simposios de la SEIEM tienen como firmante al menos a un autor vinculado con la Universidad de Granada, se quiso observar cómo era la red de colaboración de ese colectivo investigador (ver Figura 5).

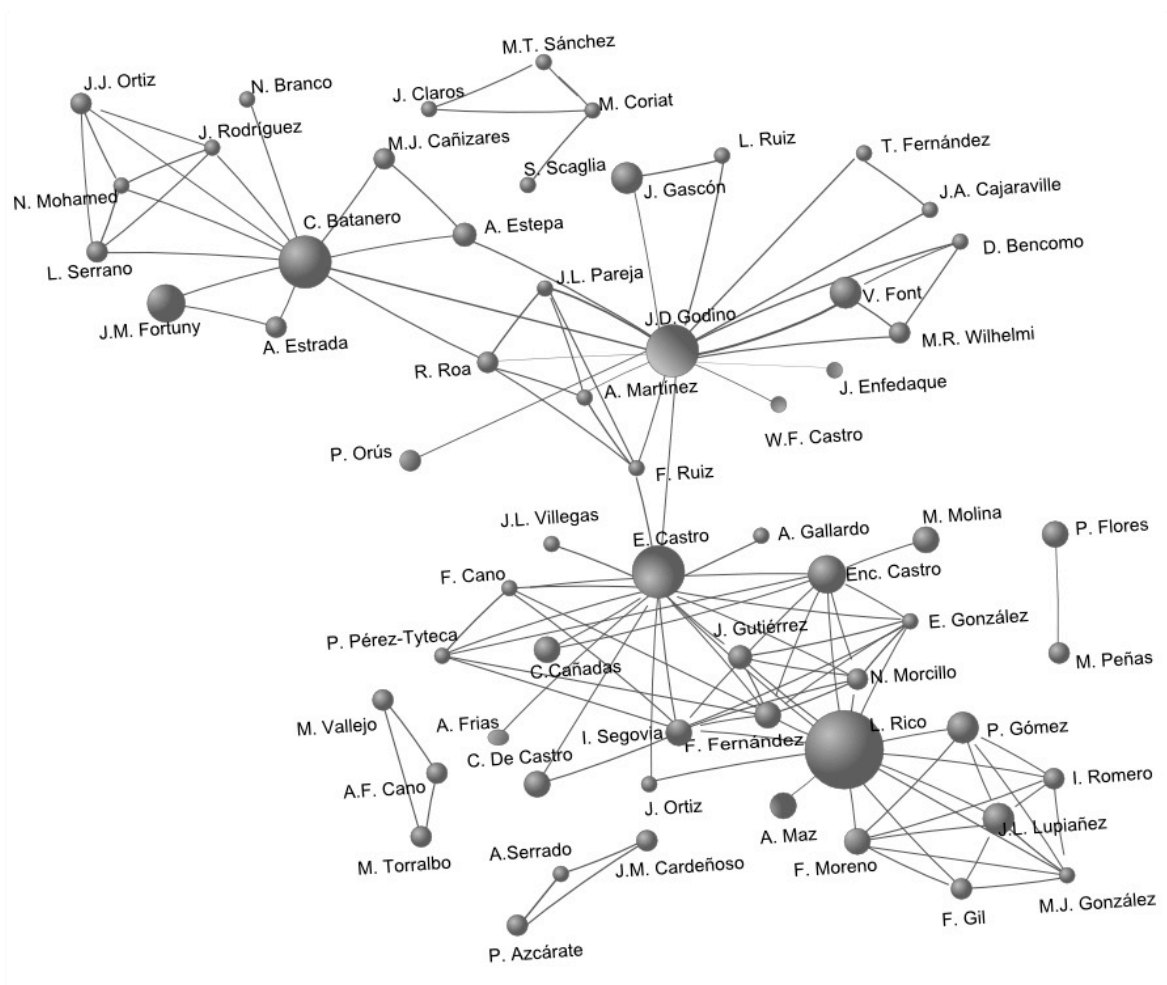


Figura 5. Red de colaboración en Educación Matemática de la Universidad de Granada

Se evidencia que los investigadores de la Universidad de Granada se integran en una subred que implica a la mayoría de ellos, a su vez compuesta por otras cinco subredes, una de dos nodos, dos de tres, una de cuatro, una de 48 nodos y dos au-

tores aislados. En esta subred Enrique Castro y Juan D. Godino ocupan lugares centrales y de mediación entre dos grandes sectores.

CONCLUSIONES

Desde la fundación de la SEIEM, los simposios organizados por esta sociedad se han convertido en un vehículo de información y diseminación de las teorías, los análisis, los contextos y las prácticas de la investigación en Educación Matemática en España. Con el transcurso de los años estos encuentros también empiezan a proyectar esta misma dimensión en el contexto iberoamericano, tal y como se desprende de la relación del número de universidades de esa región que han participado en los diferentes simposios.

La realización del último simposio en el año 2008 conjuntamente con las sociedades portuguesas ha introducido cierto sesgo en el número de autores y universidades participantes.

El Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada emerge como la principal institución en aportaciones en las actas de la SEIEM, con una participación del 90% de los profesores del departamento y coautoría en 53 documentos.

Los libros y las revistas son las fuentes documentales de mayor citación. Además, el estudio revela que las tesis doctorales se han ido incorporando como fuente documental en los documentos publicados en las actas de los simposios de la SEIEM, quedando de manifiesto la importancia y actualidad de la investigación que se realiza en los programas de doctorado. Sin embargo, esta actualidad no se hace visible a través de artículos internacionales tal como debiera ser el rumbo natural del producto de las tesis, según los trabajos de Llinares (2008) y Torralbo, Maz, Vallejo y Fernández-Cano (2007).

Se confirman los resultados obtenidos en otros estudios acerca de que las revistas más citadas en el área son *Educational Studies in Mathematics*, *Recherches en Didactique des Mathématiques* y *Journal for Reserch in Mathematics Education*, destacándose la incorporación de *Enseñanza de las Ciencias* en este selecto grupo de revistas que influyen en la investigación en Educación Matemáticas que se realiza en España y en los países de habla hispana.

Un estudio futuro debería orientarse a determinar el grado de endogamia o de los colegios invisibles presentes en la autoría de los documentos seleccionados para su publicación en las actas (ponencias y comunicaciones).

Se constató la presencia de universidades extranjeras en los simposios de la SEIEM y se observó cómo solamente 11 han publicado con las españolas. De igual forma, llama la atención que, pese a que en estos simposios hay una constante presencia de investigadores de universidades portuguesas, no se hallaron colaboraciones con autores de universidades españolas. La Universidad de Granada es la mayor aportante de documentos a los simposios de la SEIEM y la que

establece más relaciones de colaboración con otras universidades nacionales y extranjeras.

La importancia de este tipo de estudios bibliométricos en esta área radica en que aporta elementos objetivos para hacer identificable quién es quién en la Educación Matemática española, además de establecer, en cierta medida, cuáles son los núcleos de investigación y cuál es el nivel de actualidad y colaboración.

REFERENCIAS

- Alonso-Arroyo, A., Pulgarín, A. y Gil-Leiva, I. (2005). Estudio cuantitativo de la colaboración científica en la Universidad Politécnica de Valencia, España. *Information Research*, 11(1). Descargado el 9 de Junio de 2009 de <http://InformationR.net/ir/11-1/paper245.html>.
- Ardanuy, J., Urbano, C. y Quintana, L. (2009). The evolution of recent research on Catalan literature through the production of PhD theses: a bibliometric and social network analysis. *Information Research*, 14(2). Descargado el 9 de Junio de 2009 de <http://InformationR.net/ir/14-2/paper404.html>.
- Batagelj, V. y Mrvar, A. (2007). *Pajek software*. Descargado el 9 de Junio de 2009 de <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>.
- Bordons, M., Gómez, I., Fernández, M. T., Zulueta, M. y Méndez, A. (1996). Local, domestic and international scientific collaboration in biomedical research. *Scientometrics*, 37(2), 279-295.
- Bordons, M. y 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.
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177.
- Coile, R. C. (1977). Lotka's frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the American Society for Information Science*, 28(6), 336-370.
- Fernández-Cano, A., Torralbo, M., Rico, L., Gutiérrez, M. P. y Maz, A. (2003). Análisis cuantitativo de las tesis doctorales españolas en Educación Matemática (1976-1998). *Revista Española de Documentación Científica*, 26(2), 162-176.
- Hart, L. C., Smith, S. Z., Swars, S. L. y Smith, M. E. (2009). An examination of research methods in mathematics education (1995-2005). *Journal of Mixed Methods Research*, 3(1), 26-41.
- Iñiguez, L., Justicia, J. M., Peñaranda, M. C. y Martínez, L. M. (2006). La psicología social en España: estructuras de comunidades. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 10, número 3. Descargado el 9 de Junio de 2009 de http://revista-redes.rediris.es/pdf-vol10/vol10_3.pdf.
- Llinares, S. (2008). Agendas de investigación en Educación Matemática en España. Una aproximación desde "ISI-web of knowledge" y ERIH. En R. Luen-

- go, B. Gómez, M. Camacho y L. Blanco (Eds.), *Actas del XII Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 25-53). Badajoz, España: Universidad de Extremadura.
- Maz, A., Torralbo, M., Vallejo, M., Fernández-Cano, A. y 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. y Torralbo, M. (2007). Producción ISI del profesorado universitario español del área de Didáctica de la Matemática. En M. Camacho, P. Bolea, P. Flores, B. Gómez, J. Murillo y M. T. González (Eds.), *Actas del XI Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 181-188). Tenerife, España: Universidad de la Laguna.
- Moya-Anegón, F., Chinchilla, B., Vargas, B. y González, A. (2006). Visualización de redes de colaboración internacional. En V. Guerrero-Bote (Ed.), *Actas del I International Conference on Multidisciplinary Information Sciences on Technologies, InSciT2006* (pp. 593-597). Mérida, España: Universidad de Extremadura.
- Moya-Anegón, F., Vargas-Quesada, B., Chinchilla-Rodríguez, Z., Corera-Alvarez, E., González-Molina, A., Muñoz-Fernández, F. J., et al. (2006). Visualización y análisis de la estructura científica española: ISI Web of Science 1990-2005. *El Profesional de la Información*, 14(4), 258-269.
- Pao, M. L. (1985). Lotka's law: a testing procedure. *Information Processing & Management*, 21(4), 305-320.
- Reys, R. E. y Kilpatrick, J. (2008). *U.S. doctorates in mathematics education*. Washington, DC: American Mathematical Society-Mathematical Association of America.
- Torralbo, M., Maz, A., Vallejo, M. y Fernández-Cano, A. (2007). Formación del profesorado en Educación Matemática en España: producción de tesis doctorales y de artículos. *PNA*, 1(4), 161-178.
- Vallejo, M., Fernández-Cano, A., Torralbo, M. y Maz, A. (2007). La investigación española en Educación Matemática desde el enfoque conceptual inserto en sus tesis doctorales. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(2), 259-266.
- Vallejo, M., Fernández-Cano, A., Torralbo, M., Maz, A. y Rico, L. (2008). History of Spanish mathematics education focusing on PhD theses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 313-327.

Alexander Maz-Machado
Universidad de Córdoba
ma1mamaa@uco.es

Rafael Bracho-López
Universidad de Córdoba
rbrcho@gmail.com

Manuel Torralbo-Rodríguez
Universidad de Córdoba
ma1torom@uco.es

M^a Pilar Gutiérrez-Arenas
Universidad de Córdoba
ue2guarp@uco.es

María Dolores Hidalgo-Ariza
Universidad de Córdoba
lohiar@hotmail.com