

LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN LOS SIMPOSIOS SEIEM: LAS REDES DE COLABORACIÓN Y AUTORÍA

Alexander Maz, Manuel Torralbo, Rafael Bracho, Miguel Hidalgo
Universidad de Córdoba

RESUMEN

El estudio de las redes sociales busca hallar las estructuras subyacentes a los campos de conocimiento y sus mecanismos de producción y difusión. Presentamos un acercamiento a las redes de autoría presentes en los documentos publicados en los simposios de la SEIEM. Nuestro objetivo es identificar las redes de autoría y colaboración en este evento mediante un mapeo de los autores. Se identificaron a los autores y universidades con mayor grado de centralidad. Se verificó la poca densidad de esta red de coautores debido en gran medida a la presencia de autores periféricos o que son monofirmantes.

Palabras clave: Educación Matemática, análisis de redes, SEIEM, coautoría, universidades.

ABSTRACT

The study of social networks seeks to find underlying structures to fields of knowledge and their mechanisms of production and dissemination. This paper offers an approach to the authorship networks present in documents published at SEIEM symposia. The aim is to identify networks of authorship and collaboration at this event by mapping out the authors. The most central authors and universities are identified. The network of joint authorship is revealed to be fairly sparse in nature, largely owing to the presence of peripheral authors or single authorship.

Keywords: Mathematics Education, analysis of networks, SEIEM, joint authorship, universities.

Maz, A., Torralbo, M., Hidalgo, M., Bracho-López, R. (2009). La Educación Matemática en los Simposios de la SEIEM: las redes de colaboración y autoría. En M.J. González, M.T. González & J. Murillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XIII* (pp. 311-321). Santander: SEIEM.

INTRODUCCIÓN

Entre los elementos primordiales del conocimiento científico se tiene que tanto la producción como la transmisión ocupan un lugar destacado dentro de la comunidad científica, estos tópicos están relacionados con los colectivos que participan en la creación de nuevos conocimientos en un campo determinado 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 hay un interés en identificar dónde y quiénes realizan investigaciones en los diversos campos científicos.

Algunos autores afirman que el trabajo científico es una labor conjunta de individuos (Moscovici, 1993) y esto genera una integración en redes académicas que son el reflejo de las redes institucionales (Moya-Anegón, Chinchilla, Vargas, & González, 2006). Dichas redes repercuten tanto en las políticas científicas como en las agendas investigación. La Educación Matemática como disciplina científica no está exenta de esta tendencia y, en particular, en España se empieza a explorar estos aspectos desde perspectivas metodológicas, temáticas o de visibilidad nacional e internacional. La importancia de esta clase de estudios sociales de la ciencia radica en que se busca mostrar mediante qué procesos se produce el conocimiento científico y cuáles son las redes o colegios invisibles en determinada área científica. De igual forma se investiga cómo se produce la comunicación de tales conocimientos en la sociedad.

Siendo la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM) la asociación que aglutina al colectivo de investigadores españoles del área, el simposio internacional que ésta organiza anualmente proporciona un observatorio de excepción para el estudio de las redes de colaboración en investigación en Educación Matemática en España.

MARCO TEÓRICO

La incorporación del análisis de las redes sociales (ARS en español o Social Networks Analysis en inglés) a lo que se ha llamado “la ciencia de las redes” se ha producido por la irrupción de los físicos a este campo (Molina, 2004) aportando formalizaciones matemáticas a intuiciones que ya se conocían pero para las que se recurría a metáforas (Sanz, 2003) y cada día todos los campos del conocimiento vienen siendo sometidos a estudios bajo este nuevo paradigma. En Educación Matemática a nivel internacional se han realizado diversos estudios encaminados a identificar y determinar distintos aspectos relacionados con la producción de conocimientos en el propio campo disciplinar, centrando la atención en la realización de tesis doctorales (Fiorentini, 1993; Reys & Kilpatrick, 2001, 2008; Stiff, 2001) o en los métodos de investigación utilizados en el área (Donoghue, 1999; Hart, Smith, Swars, & Smith, 2009). En España también se han producido trabajos en estas dos direcciones (Vallejo, 2005; Vallejo, Fernández-Cano, Torralbo, Maz, & Rico, 2008) y recientemente se han intentado hacer acercamientos a los medios de difusión utilizados por los investigadores españoles analizando la visibilidad internacional (Llinares, 2008; Maz & Torralbo, 2007).

El estudio del comportamiento de determinadas disciplinas tomando como población de estudio los congresos es algo que se aplica a otras ciencias y ejemplos de ello se perciben en la literatura especializada (Iñiguez, Justicia, Peñaranda, & Martínez, 2006); por tal razón consideramos de interés analizar las actas de los Simposios

organizados por la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM).

REDES SOCIALES

Las redes sociales buscan identificar y analizar diferentes relaciones que se establecen entre individuos o colectivos. Las redes se definen por sus integrantes y por las conexiones que existen entre ellos. A continuación definiremos algunos conceptos básicos del análisis de redes para la comprensión de este estudio.

- *Tamaño de la red*: es la suma de todos los nodos o actores que hacen parte de una red.
- *Densidad*: indica la alta o baja conectividad entre los nodos de la red y expresa un porcentaje. Es una medida que se obtiene entre el cociente del número posible de relaciones existentes con las posibles R/R_p
- *Centralidad*: el grado de centralidad es el número de nodos a los cuales un nodo está directamente conectado.
- *Intermediación*: se refiere a la posibilidad que tiene un nodo para servir de mediador o para conectar otros nodos entre sí por medio de él.

OBJETIVOS

En este trabajo pretendemos:

- Mapear mediante el análisis de redes sociales una muestra de la Educación Matemática en España
- Identificar las redes de coautoría de las aportaciones publicadas en los simposios SEIEM.
- Identificar las redes de colaboración interuniversitaria en los simposios SEIEM

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio es de tipo exploratorio descriptivo y en él se utilizan técnicas bibliométricas cuantitativas y cualitativas en concordancia con el análisis de redes sociales ARS. Se aplicaron como instrumentos de recogida de datos unas fichas técnicas de indicadores presentes en los documentos a revisar. Por la naturaleza de las fuentes se trata de un estudio bibliográfico.

Como fuente para la recolección de datos se utilizaron las actas de los doce simposios realizados por la SEIEM desde 1997 a 2008. Se realizó un estudio censal, por cuanto se revisaron los 12 simposios realizados en un intervalo de 12 años.

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 y coautores.

Puesto que cada documento puede estar firmado por diferentes autores, se considera que 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 ó 0 en función de si ha firmado como autor. La matriz de afiliación reflejara 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 $M=\langle N,R \rangle$. Es por lo tanto M , un grafo conexo, acíclico, sin pesos y no dirigido, que representa la red social de la Educación Matemática en los simposios SEIEM. Definimos la matriz de adyacencia A 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 enlaza 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 orden 279.

Para los cálculos, la generación de la matriz, la graficación y el análisis de las redes se utilizó el software UCINET 6, NetDraw y PAJEK.

RESULTADOS

Se obtuvo que un total de 279 autores firmaron alguno de los 268 documentos publicados en los doce Simposios. Se observa una irregularidad en cuanto al número de documentos por simposio, con una tendencia al crecimiento de forma cíclica.

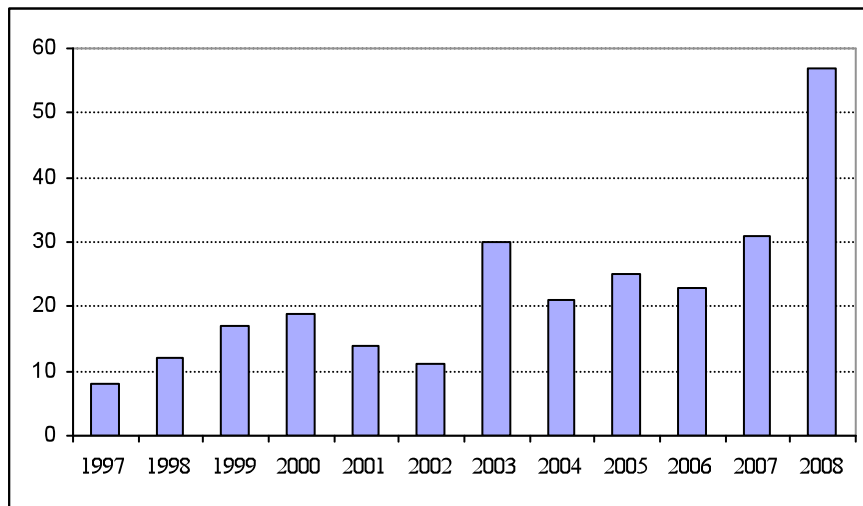


Figura 1. Producción diacrónica de documentos en simposios SEIEM

Al Al representar la matriz de coautoría y eliminando aquellos autores que publicaron de forma individual se obtiene la siguiente red para la Educación Matemática en los simposios SEIEM (Figura 2). 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

Se evidencia que no existe una red totalmente estructurada, porque el 44% de los autores no han firmado sus documentos con otros investigadores. Hay muchos autores

periféricos que se integran con la red a través de un solo nodo o autor, es decir su participación para acceder a los recursos de la red es altamente intermediada.

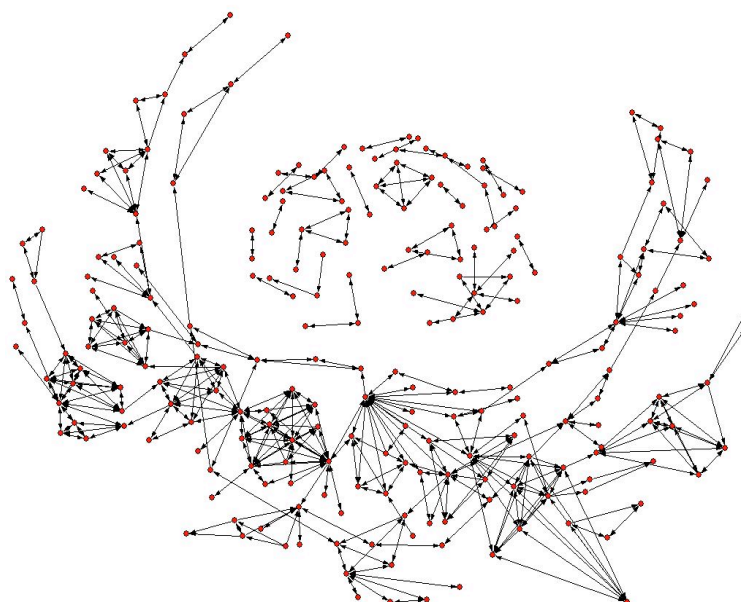


Figura 2. Red de coautoría en los simposios SEIEM para $n > 1$

La Tabla 1 presenta a los autores con mayor número de relaciones en la red, ordenados de mayor a menor; la primera columna se refiere al número correspondiente en la fila de la matriz, la tercera columna indica el número de relaciones y en la última columna se expresa el valor porcentual en decimales.

		1	2	3
		Degree	NrmDegree	Share
76	E. Castro	17.000	1.574	0.023
148	J.D.Godino	17.000	1.574	0.023
163	L. Rico	15.000	1.389	0.020
43	C. Batanero	14.000	1.296	0.019
124	J.F. Matos	12.000	1.111	0.016
265	V. Font	11.000	1.019	0.015
75	E. Castro	11.000	1.019	0.015
113	I. Segovia	10.000	0.926	0.013
20	A. Contreras	10.000	0.926	0.013
134	J. Carrillo	9.000	0.833	0.012
89	F. Fernández	9.000	0.833	0.012

Tabla 1. Grado de centralidad de los autores en la red

Los cuatro autores con mayor número de conexiones en la red, esto es con mayor grado de colaboración, pertenecen al Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada. Asimismo, destaca el número de conexiones de Matos que, pese a ser portugués, supera a la mayoría de los autores españoles, más aún cuando se tiene en cuenta que sus colaboraciones se dieron en un solo simposio, el duodécimo.

Tamaño y densidad de la red

El tamaño de la red es importante porque determina tanto la estructura como la estructura de colaboración entre los investigadores. Cuanto mayor sea este índice mayor es la capacidad que tiene el grupo para su desarrollo y tener permanencia en el tiempo. La red para la Educación Matemática en los simposios SEIEM tiene un tamaño de 279 nodos y su densidad es:

$$\text{Density (matriz average)} = 0.0094$$

El valor para densidad 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 o introducir información o conocimientos en la red.

Centralidad de la red

La teoría indica que los participantes de una red (nodos) que tienen mayor cantidad de vínculos con otros miembros pueden tener posiciones ventajosas, porque tendrán diversas alternativas para lograr satisfacer sus necesidades y por ello son más independientes para el acceso a los recursos de una red (Hanneman & Riddle, 2005). En la red que nos interesa, los autores podrán entonces realizar un gran número de intercambios o de colaboraciones. Los datos de la Tabla 2, indican que los autores de la red en los simposios SEIEM tienen en promedio 2,768 grados de centralidad en dicha red, un valor demasiado bajo tomando en consideración el tamaño de la red. El hecho de que los valores máximos y mínimos (0 y 17) varíen altamente, señala que el promedio se debe a la existencia de un amplio número de nodos con valores extremos, esto es reafirmado por el coeficiente de variación $\left[C_v = \frac{\sigma_x}{X} \cdot 100 \right]$ que alcanza un valor de 104,01, que es muy alto, lo cual confirma que hay una distribución desigual de los nodos. La suma de todas las relaciones de la red con todos los autores es de 750.

	1	2	3
	Degree	NrmDegree	Share
1 Mean	2.768	0.256	0.004
2 Std Dev	2.879	0.267	0.004
3 Sum	750.000	69.444	1.000
4 Variance	8.289	0.071	0.000
5 SSQ	4322.000	37.054	0.008
6 MCSSQ	2246.354	19.259	0.004
7 Euc Norm	65.742	6.087	0.088
8 Minimum	0.000	0.000	0.000
9 Maximum	17.000	1.574	0.023

Tabla 2. Centralidad de la red global

Centralidad por intermediación

La intermediación (betweenness) 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 status dentro de la red, puesto que pueden canalizar el flujo de la información. A continuación presentamos en la Tabla 3 los principales indicadores de intermediación para los autores de los simposios SEIEM.

		1	2
		Betweenness	nBetweenness
1	Mean	239.114	0.329
2	Std Dev	816.181	1.124
3	Sum	64800.000	89.219
4	Variance	666152.188	1.263
5	SSQ	196021856.000	371.597
6	MCSSQ	180527248.000	342.224
7	Euc Norm	14000.780	19.277
8	Minimum	0.000	0.000
9	Maximum	7141.167	9.832

Network Centralization Index =

Tabla 3. Indicadores de intermediación de Grado FREEMAN

La centralidad de toda la red es baja dado su tamaño. Por otro lado vemos que hay mucha variación en la intermediación de los autores (desde 0 hasta 7141,167) y que hay bastante variación ($\sigma_x = 816,181$ con relación al promedio de intermediación de 239,114). 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 7141,167 puntos. En la siguiente tabla se presentan los autores (nodos) que alcanzan los mayores valores de intermediación.

		1	2
		Betweenness	nBetweenness
148	J.D.Godino	7141.167	9.832
76	E. Castro	6473.250	8.913
163	L. Rico	4923.883	6.779
43	C. Batanero	4733.333	6.517
92	F. Ruiz	2866.667	3.947
265	V. Font	2773.567	3.819
111	I. Romero	2252.200	3.101
212	M. Mesquita	2112.000	2.908
242	R. Roa	1955.917	2.693
124	J.F. Matos	1678.000	2.310
215	N. Branco	1548.000	2.131
141	J.M. Fortuny	1293.000	1.780
65	D. Bencomo	1275.000	1.755
39	C.M. Ribeiro	1204.000	1.658
32	A. Estrada	1188.750	1.637
134	J. Carrillo	1155.500	1.591

Tabla 4. Autores con mayor intermediación

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 los nodos conectores entre los autores que participan y publican en los simposios SEIEM. Los cuatro primeros autores de la Tabla 4 prácticamente coinciden con los que tienen mayor número de conexiones (Tabla 1) pero a partir del quinto empiezan a figurar nuevos

autores. Estos resultados ratifican el peso de la UGR en la comunidad española de Educación Matemática.

Colaboración interuniversitaria

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 45x45, 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.

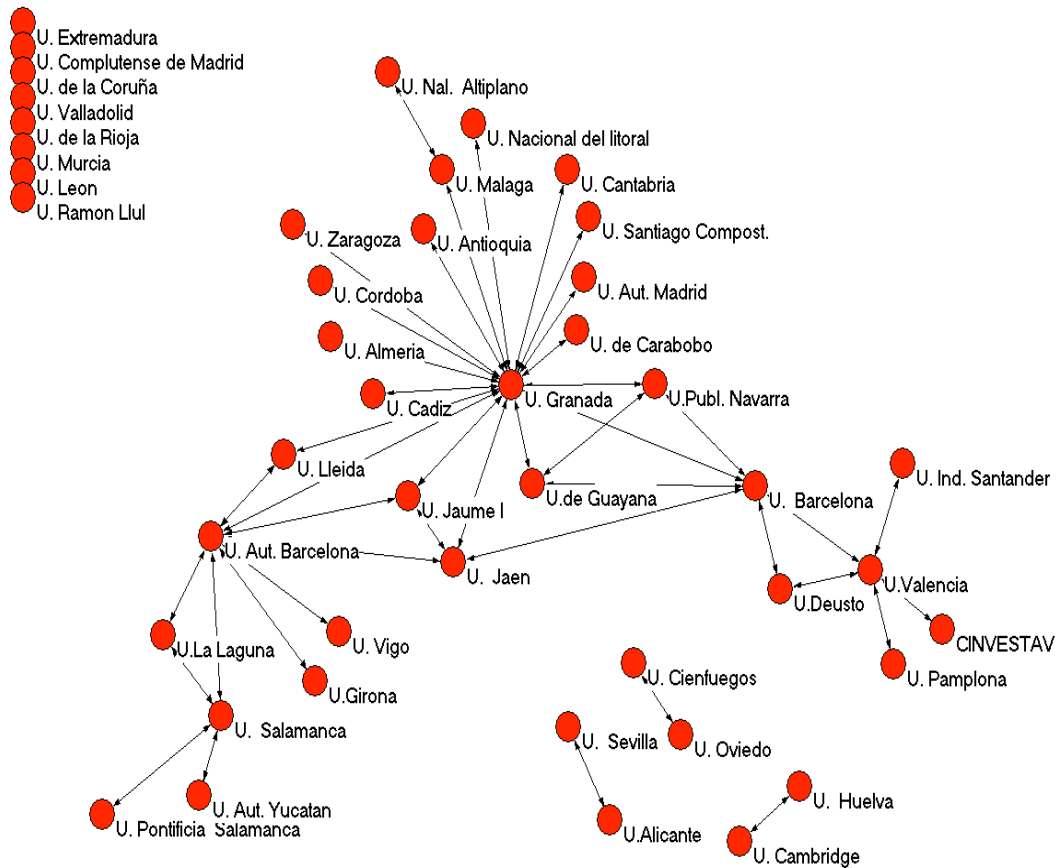


Figura 3. Red de colaboración universitaria

	1	2	3
	Degree	NrmDegree	Share
U. Granada	18.000	40.909	0.209
U. Aut. Barcelona	8.000	18.182	0.093
U. Barcelona	6.000	13.636	0.070
U. Valencia	5.000	11.364	0.058
U. Jaen	4.000	9.091	0.047
U. Salamanca	4.000	9.091	0.047
U. Publ. Navarra	3.000	6.818	0.035
U. de Guayana	3.000	6.818	0.035
U. Jaume I	3.000	6.818	0.035
U. Lleida	2.000	4.545	0.023
U. La Laguna	2.000	4.545	0.023
U. Malaga	2.000	4.545	0.023
U. Deusto	2.000	4.545	0.023

Tabla 5. Grado de centralidad por universidad

Se encontraron 48 universidades que han publicado en los simposios. Como se observa la Universidad de Granada (UGR) es la que realiza más colaboraciones y por tanto es la que establece más relaciones, lo hace con otras 18 universidades y en segundo lugar esta la Universidad Autónoma de Barcelona con ocho y la Universidad de Barcelona con seis. Asimismo, siete universidades no han participado con otras en la publicación de sus trabajos en los simposios. La colaboración internacional se ha materializado con once universidades de siete países: Colombia (3), México (2), Venezuela (2), Argentina (1), Cuba (1), Inglaterra (1) y Perú (1). De forma global hay 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.

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

CONCLUSIONES

Tomando como muestra los simposios de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, hemos comprobado que la red de coautoría de este campo de conocimiento es poco densa, lo que implica la escasa posibilidad de que un autor de una universidad pueda colaborar con otros de fuera de la suya.

La universidad de Granada es la mayor aportante de documentos a los simposios SEIEM y la que establece más relaciones de colaboración con otras universidades nacionales y extranjeras.

Tres universidades se erigen como las de mayor grado de centralización: la universidad de Granada, la universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad de Barcelona, lo que las convierte en los actores centrales dentro del área.

Se constató la presencia de universidades extranjeras en los simposios SEIEM y se observó como 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. En gran medida esto se evidenció aún más por la realización del XII Simposio SEIEM en forma conjunta con las sociedades portuguesas y el alto número de documentos portugueses publicados en las actas de dicho evento.

Estos estudios de las redes aplicados a campos determinados de las ciencias sociales arrojan informaciones útiles para comprender las estructuras que permiten la generación y transmisión del conocimiento y la Educación Matemática debe seguir siendo objeto de análisis en esta dirección.

BIBLIOGRAFÍA

- Brandes, U. (2001). A Faster Algorithm for Betweenness Centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163-177.
- Donoghue, E. F. (1999). The task-technique matrix: An alternative system for classifying research in mathematics education. *School Science and Mathematics*, 99(1), 42-46.
- 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.
- Hanneman, R. A., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California, Riverside.
- Hart, L. C., Smith, S. Z., Swars, S. L., & Smith, M. E. (2009). An Examination of Research Methods in Mathematics Education (1995-2005). *Journal of Mixed Methods Research*(3), 26-41.
- Iñiguez, L., Justicia, J. M., Peñaranda, M. C., & Martínez, L. M. (2006). La psicología social en España: estructuras de comunidades. *Redes-Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 10(3), 1-23.
- 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.
- Maz, A., & Torralbo, M. (2007). Producción ISI del profesorado universitario español del área de Didáctica de la Matemática. In M. Camacho, 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.
- Molina, J. L. (2004). La ciencia de las redes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, (11), 36-42.
- Moscovici, S. (1993). Toward a Social Psychology of Science. *Journal for the Theory of Social Behaviour*, 23(4), 343-374.
- Moya-Anegón, F., Chinchilla, 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.

- 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.
- Sanz, L. (2003). Análisis de Redes Sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, (7), 21-29.
- Stiff, L. V. (2001). Discussions on different forms of doctoral dissertations. In R. E. Reys & J. Kilpatrick (Eds.), *One field, many paths: U.S Doctoral programs in Mathematics Education* Providence, RI: American Mathematical Society.
- Vallejo, M. (2005). *Estudio longitudinal de la producción española de tesis doctorales en Educación Matemática*. Universidad de Granada, Granada.
- Vallejo, M., Fernández-Cano, A., Torralbo, M., Maz, A., & Rico, L. (2008). History of Spanish Mathematics Education focusin on PhD Theses *Internacional Journal of Science and Mathematics Education*, 6(2), 313-327.

