

Boletín Geológico y Minero, dos décadas de producción científica: análisis y evolución (1989-2008)

O. Bermúdez Molina⁽¹⁾, F. Alonso Gallego⁽²⁾, M. Gutiérrez Gárate⁽³⁾, G. López Blanco⁽³⁾ y A. Barragán Sanabria⁽¹⁾

(1) Sistemas de Información Geocientífica. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003-Madrid.
o.bermudez@igme.es, a.barragan@igme.es

(2) INMAR81 S.L. Michoacán 41, 28250 Torrelodones, Madrid.
inmar81@inmar81.com

(3) Biblioteca. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003-Madrid.
m.gutierrez@igme.es, g.lopez@igme.es

RESUMEN

La producción científica publicada en los últimos 20 años del *Boletín Geológico y Minero* es un indicador de la actividad científica. Es posible determinar el crecimiento de la ciencia a través del número de trabajos publicados, su evolución temporal, la autoría, instituciones o regiones geográficas. De su estudio se extrae un análisis del grado de colaboración entre científicos o instituciones, y la estructura y dinámica de los colectivos que en él publican los resultados de sus investigaciones. Este trabajo se basa en la selección y evaluación de documentos, la descripción, análisis y evaluación de la actividad científica y sus actores. Se describe, mediante la aplicación de técnicas bibliométricas, el contenido de las últimas dos décadas del *Boletín*. También se relacionan, por un lado diferentes autorías (identificando grupos no formales de investigación), y por otro la colaboración institucional con organismos de los cinco continentes. Además se analizan diez grupos temáticos y su actividad en el tiempo, los niveles de concordancia entre los volúmenes en función de los parámetros autoría, descriptores utilizados en la indización de los documentos y los grupos temáticos sobre los que versan. La base del estudio la forman los 789 artículos científicos que han servido de vía de transmisión del conocimiento científico a través de las páginas del *Boletín Geológico y Minero*. El estudio de la dinámica de la red social en términos de coautoría, evidencia la existencia de colectivos de autores activos y la colaboración entre grupos no formales de investigación.

Palabras clave: análisis de redes sociales, bibliometría, Boletín Geológico y Minero, índice Kappa Cohen, producción científica

Boletín Geológico y Minero: two decades of scientific production: analysis and evolution (1989-2008)

ABSTRACT

The scientific production published during the last 20 years in the Boletín Geológico y Minero is an indicator of scientific activity. The growth of scientific research can be determined by the number of papers published, their evolution over time, their authorship, institutions and geographical areas. A study of the Boletín provides a good idea of the degree of collaboration between researchers or institutions and the structure and dynamics of the groups who publish their results in it. This paper is based upon the selection and evaluation of relevant documents, and the description, analysis and assessment of scientific activity and those involved in it. The study applies bibliometric techniques to describe the content of the Boletín during the last two decades. It also relates, on the one hand, the different authorships (identifying informal research groups) and, on the other, the collaboration of the Institute with other entities throughout the world. Furthermore, the work analyses ten subject groups and the activity within these groups from year to year, as well as the levels of consistency among the volumes according to the parameters of authorship, the descriptors used in the indexing of documents and their subject groups. The basis of this study rests upon the 789 papers published for the dissemination of scientific knowledge in the pages of the Boletín Geológico y Minero. The study of the dynamics of the social network in terms of co-authorship provides evidence for the existence of active groups of authors and collaboration between informal research groups.

Key words: bibliometrics, Boletín Geológico y Minero, Kappa Cohen index, scientific production, social-network analysis

Introducción

El *Boletín Geológico y Minero* es una publicación periódica de carácter científico fundada en 1874 y editada por el Instituto Geológico y Minero de España. A

finales de la década de los 90, Baltuille realizó una descripción estadística de los contenidos de diez años de la revista (1989-1999), afirmando la necesidad de afrontar nuevos retos que supusieran su relanzamiento, para consolidar al *Boletín* como una de las

mejores revistas científico-técnicas en el contexto de las Ciencias de la Tierra.

La Comunidad de Madrid alberga el 26% de la producción científica española en Ciencias Experimentales y Tecnología, y el *Boletín* ocupa el octavo puesto de las revistas de la región, contribuyendo con el 2% de los artículos publicados en el periodo 2000-2006 (IEDCYT, 2008). En el contexto de las Ciencias de la Tierra, el *Boletín* es la tercera publicación periódica con mayor producción científica que difunde en sus páginas contenidos científicos relacionados con la geología de España (Bermúdez et al., 2008).

La producción científica es parte fundamental de los resultados de una investigación. Como actividad dinámica, sufre cambios, en cierto modo paralelos a las líneas punteras de investigación y en parte en función de las políticas científicas aplicadas por cada institución. La producción científica también responde a las necesidades y exigencias de la sociedad, y a los avances producidos por el propio desarrollo de la actividad investigadora. Durante las últimas dos décadas del *Boletín* se observan cambios en la actividad y en la producción científica en respuesta a estas necesidades (Bermúdez et al., 2009).

Los métodos bibliométricos tratan de representar el conocimiento a través de la cuantificación de los documentos en que éste se expresa (Jiménez-Contreras, 2001). Este trabajo forma parte de un informe (Bermúdez et al., 2009) realizado para el equipo editorial del *Boletín Geológico y Minero*: Andrés Díez-Herrero, como editor principal, Isabel Rábano y Manuel Regueiro, como editores adjuntos y Adolfo Maestro como editor asistente. El estudio de estas dos décadas pretende dar continuidad a los trabajos realizados previamente (Baltuille, 1999), homogeneizando los métodos. La investigación detectará los momentos de cambio en el último periodo de los 136 años de historia de la revista, relacionando la cantidad y el contenido del conocimiento encerrado en las páginas de veinte años del *Boletín Geológico y Minero*.

Fruto del estudio se observa que tanto en la generación del producto final de una investigación -las publicaciones-, como en su difusión y consumo, la comunidad científica sigue ciertos patrones específicos.

Se ha tratado de abstraer cuantitativamente indicadores que nos permiten analizar conjuntamente aspectos como: la colaboración entre autores y entre instituciones a las que pertenecen estos autores; los grupos temáticos sobre los que versan los artículos; los niveles de similitud (por concordancia de distintas variables), y la identificación de agregados de autores que, en función de su colaboración, conforman gru-

pos más o menos extensos y con más o menos actividad.

El estudio aborda la dimensión social de la colaboración institucional. La estructura de las redes sociales puede ser analizada utilizando diferentes parámetros dependiendo de los aspectos a resaltar. Este trabajo utiliza medidas globales y locales, que permiten analizar la red tanto en su conjunto como parcialmente, obteniendo indicadores como la densidad de la red, actores con mayor o menor número de interacciones, la intermediación de algunos actores a través de otros, la cercanía entre individuos, etc.

El *Boletín Geológico y Minero* ha presentado diversos tipos de periodicidad a lo largo de su dilatada vida. En el periodo estudiado (1989-2008) ha habido dos modelos distintos. Desde el año 1989 hasta el año 2000 su periodicidad ha sido bimestral, es decir, seis números por volumen o año, y desde el año 2001 hasta la actualidad, su periodicidad ha sido trimestral, o lo que es lo mismo, cuatro números por volumen o año.

El trabajo recorre de forma dual el análisis del contenido de los 20 años de estudio. De manera que se ha tratado de detallar, en la medida de lo posible, aquellos aspectos susceptibles a la abstracción y se ha dotado de una dimensión social que proporciona una perspectiva más antropológica a la matematización.

Metodología

Para la aplicación de las técnicas bibliométricas es imprescindible disponer de información estructurada de manera lógica. La fuente de este trabajo surge de la aplicación de una consulta a la base de datos de Ciencias de la Tierra GeoMiner, administrada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Mediante esta consulta se han identificado los registros del *Boletín Geológico y Minero* para el periodo 1989-2008, recopilando los artículos de la revista correspondiente a sus últimos veinte años. El resultado de esta consulta ha sido tratado informáticamente obteniendo una base de datos referencial *ad hoc* que identifica cada registro con sus atributos. La base de datos, como herramienta para la descripción del contenido de la revista, facilita la obtención de parámetros y el cálculo de las variables necesarias.

Se ha considerado como producción científica los artículos contenidos en el *Boletín* en sus fascículos numerados, sin atender a los fascículos especiales fuera de numeración, que enmascaran ciertos aspectos bibliométricos y dificultan la comprensión de los procesos y tendencias estudiados. Tampoco se han incluido los trabajos de la sección *Notas Informativas*,

aun cuando contienen artículos de calidad contrastable, no pertenecen estrictamente a las temáticas marcadas por la revista.

La fuente utilizada es la base de datos referencial que contiene una producción científica de 789 artículos correspondiente al intervalo temporal 1989-2008. El año 2008 no está completo, incluyendo únicamente los dos primeros números del volumen 119 (119-1 y 119-2), por no estar incluido en la base de datos en el momento de la consulta. Para trabajar con una cierta garantía se ha aplicado un procedimiento de control de calidad de los datos, revisando cada registro e incluyendo nuevos parámetros no incluidos en la base de datos de procedencia. Se han eliminado duplicados, confirmado autorías, completado campos vacíos y se han revisado las correspondencias con volúmenes, números y paginación. En cuanto a la inclusión de nuevos parámetros, se han incluido: las palabras clave utilizadas por los autores, la afiliación de todos los autores firmantes, la identificación del autor principal, las fechas de envío y aceptación de los artículos. Estos nuevos parámetros son necesarios para el estudio de la autoría y la relación entre instituciones.

Las variables utilizadas han sido obtenidas mediante la combinación de consultas a la base de datos referencial y en algunos casos, como consecuencia del procesamiento de estas consultas, con pequeñas aplicaciones informáticas desarrolladas por los autores.

Desde esta estructuración lógica de la información, se ha aplicado el modelo matemático de Lotka (Gorbea, 2005) mostrando la distribución de las autorías en relación a la producción, y se han identificado los autores más prolíficos (Price, 1973).

Se han obtenido indicadores de colaboración (Ajiferuke *et al.*, 1988) para estudiar la firma conjunta de los trabajos y la relación entre instituciones firmantes. Estos indicadores son: el índice de colaboración (IC) como promedio de autores por documento (indicador de crecimiento de los grupos no formales de investigación); el grado de colaboración (GC) con valores entre 0-1 (indicador del número de artículos firmados por dos o más autores) y el coeficiente de colaboración (CC) con valores entre 0-1 (indicador más sensible al crecimiento tanto del número de autores por documento como también del número de trabajos con autoría múltiple).

Estos indicadores caracterizan en el tiempo el contenido del *Boletín*. Según el nivel, la caracterización es: a nivel de número, trimestral o bimestralmente, y a nivel de fascículo, anualmente. El procedimiento empleado para analizar las relaciones entre años es el cálculo del índice Kappa Cohen, con diversas variables.

Para abordar la dimensión social de la colaboración se han empleado métodos de análisis de redes sociales (Hanneman y Riddle, 2005) y se ha elaborado el diagrama estratégico (Rosa Troyano *et al.*, 2005) que permite aproximarnos a la dinámica de la estructura de la red social y caracterizar la estructura en función del colectivo al que pertenezcan los autores.

Resultados

La producción científica

En un primer análisis de la distribución temporal de la producción científica, 789 artículos (Fig. 1), se observa la influencia positiva en la tendencia debida a los fascículos especiales fuera de numeración corriente. Estos fascículos especiales enmascaran los valores de producción provocando una disminución en la pendiente de la línea de tendencia, alcanzando el equilibrio en la producción. Sin los valores de producción de estos números especiales la tendencia observada es negativa y con una mayor pendiente, ofreciendo una visión más real de la situación. El inicio de esta situación se localiza en el año 2000, volumen 111 (Fig. 2).

Los indicadores de producción de la revista calcu-

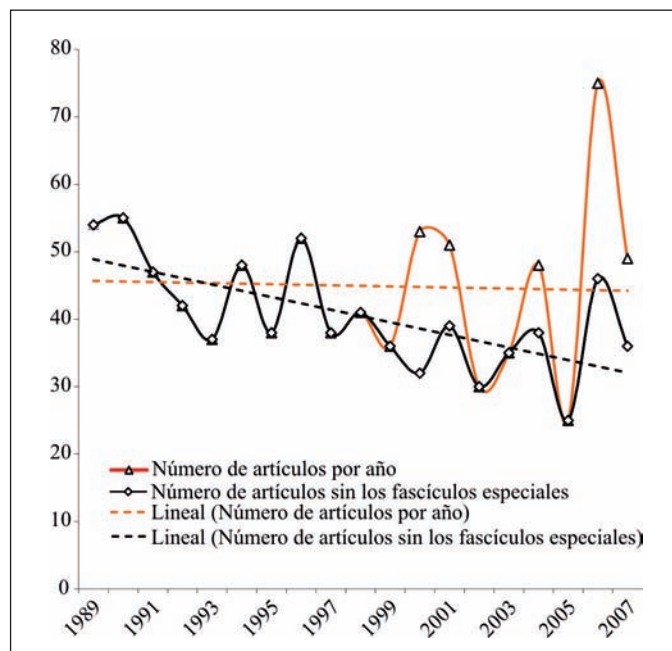


Figura 1. Distribución temporal de la producción científica del *Boletín Geológico y Minero*
 Figure 1. Distribution versus time of the scientific production of the *Boletín Geológico y Minero*

lados son: la media de producción total por volumen $\mu_{(v)}=40$, la media de producción por fascículo bimestral $\mu_{(f,b)}=7$, la media de producción por fascículo trimestral $\mu_{(f,t)}=9$ y la media de producción de fascículos especiales fuera de numeración $\mu_{(fsp)}=17$.

Prácticamente la mitad de los volúmenes del *Boletín* muestran un patrón de producción constante confirmando la homogeneidad de la producción a lo largo del año, el 21% sigue un patrón creciente, el 16% un patrón decreciente-creciente, el 11% un patrón creciente-decreciente y el 5% presenta un patrón decreciente. Los patrones de tipo constante se dan con mayor frecuencia en la primera década, observándose una mayor complejidad en los años posteriores.

La autoría: autores, instituciones y grupos no formales de investigación

Se han identificado 1311 autores que han contribuido a la difusión del conocimiento científico a través de las páginas del *Boletín*. El número de autores que publican en el *Boletín* prácticamente se ha mantenido constante en cada una de las últimas dos décadas. En el periodo 1989-1998 contribuyeron 729 autores diferentes (el 13% pertenecientes al IGME), mientras que en el periodo 1999-2008, lo hicieron 716 (el 17% per-

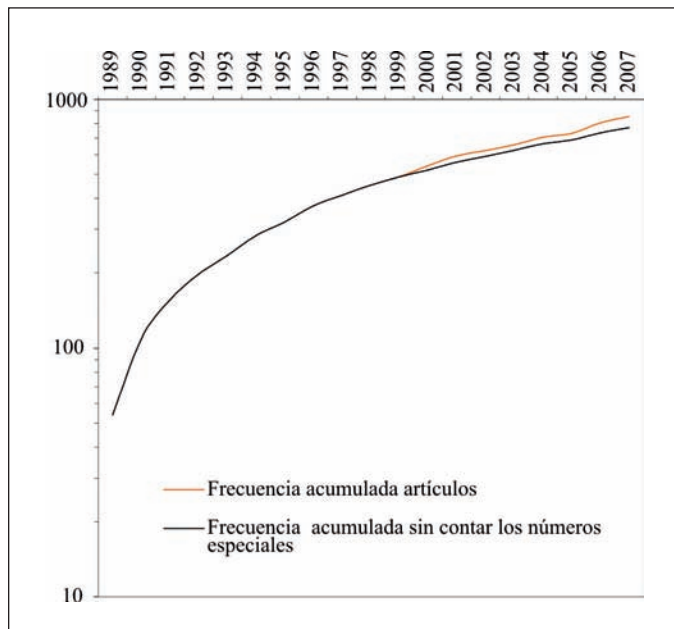


Figura 2. Valores acumulados de la producción científica del *Boletín Geológico y Minero*
 Figure 2. Accumulated values of the scientific production of the *Boletín Geológico y Minero*

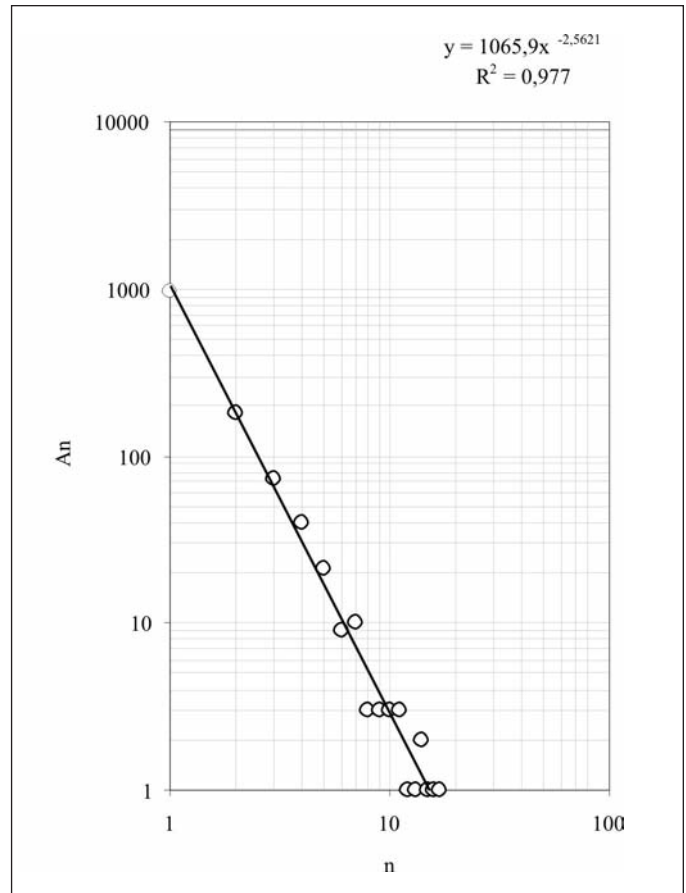


Figura 3. Dispersión del número de trabajos por autor. Aplicación del modelo matemático de Lotka (Gorbea, 2005)
 Figure 3. Dispersion of works according to author: application of Lotka's mathematical model (Gorbea, 2005)

tenecientes al IGME). En este ligero descenso están incluidos autores que publicaron en la primera década y que también lo hicieron en la segunda, 134 (el 30% pertenecientes al IGME), y por tanto no son nuevas incorporaciones.

Del mismo modo se han identificado 322 instituciones incluyendo empresas y diferenciando los distintos institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). En la primera década contribuyeron 173 y en la segunda 230. De las 173 instituciones que contribuyeron en los diez primeros años, 81 de ellas volvieron a hacerlo en los diez años siguientes.

Más del 75% de las firmas en los trabajos publicados en el *Boletín* corresponden a autores de cinco instituciones, el IGME (36,77%), el CSIC (11,43%), la UCM (11,34%), la UPM (10,39%), y la UAM (7,47%). Estas instituciones, exceptuando algún instituto perteneciente al CSIC, desarrollan su actividad investiga-

dora en la Comunidad de Madrid cuya aportación a la producción española (2000-2006) es del 30,44%.

La distribución de la contribución de los autores al *Boletín* cumple el modelo matemático de Lotka (Gorbea, 2005). Casi las tres cuartas partes de los autores que publican en el *Boletín* lo hacen con una publicación. En la figura 3 se observa que la mayoría de los trabajos son publicados por un número reducido de autores, es decir, para una productividad alta (n grande), el número de autores A_n es bajo ya que ambas variables son inversas.

Los autores más prolíficos (elite dentro de la publicación) son aquellos autores que han publicado seis o más artículos durante las dos décadas (Price, 1973). Según esto, este grupo está formado por 38 autores y de entre los diez primeros el 33% éstos están incluidos en la élite de la producción científica sobre geología de España (Bermúdez et al., 2008).

Existen distintos trabajos publicados que utilizan los indicadores bibliométricos para analizar la actividad de grupos de investigación (Kretschmer, 1985; Van Raan, 1989; Nederhof y Van Raan, 1993). La identificación de estos grupos se realiza en términos de coautoría, definiendo los valores para la inclusión en uno u otro grupo. Estos valores se han obtenido atendiendo a diversos estudios previos de identificación de grupos (Zulueta et al., 1999; Stokes et al., 1989 y Peters et al., 1991) en los que identifican grupos no

formales de investigación en el campo de la biquímica, y se utilizan métodos de análisis de *clustering* para identificar grupos no formales de investigación en universidades.

Los autores deben tener un mínimo de dos artículos publicados para poder ser incluidos en un grupo. El porcentaje mínimo de publicaciones que un autor tiene que firmar junto con un autor prolífico para ser incluido en su grupo es, de al menos, el 60% de su producción. Para que quede formado un grupo, debe contener al menos tres autores. Los grupos se constituyen siempre con un autor prolífico y éstos sólo pueden formar parte de un grupo.

Se han identificado nueve grupos no formales de investigación compuesto por 50 autores, 16 de ellos pertenecientes al grupo de autores prolíficos. Los autores pertenecen a 16 instituciones; el IGME, dos institutos del CSIC; el Instituto de Ciencias de la Tierra Jaume Almera y el Instituto de Cerámica y Vidrio; dos instituciones extranjeras, una francesa, el *Bureau de Recherches Géologiques et Minières* y otra canadiense, *Bristish Columbia University*. Aparecen dos empresas y el resto son universidades, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad de Málaga, la Universidad de Granada, la Universidad del País Vasco, la Universidad de Alicante, la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad de Oviedo.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
G1	7	2	5	1,4	2		5, 9	•
G2	12	5	16	0,8	8		1, 2, 3, 4, 6	••
G3	8	3	4	2,0	2		3, 6, 7	••
G4	11	5	10	1,1	5		1, 4, 6, 9, 10	••
G5	7	2	4	1,8	1		2, 3	
G6	4	2	5	0,8	3		1, 10	•••
G7	4	1	5	0,8	2		9	•
G8	5	2	4	1,3	2		1, 10	•••
G9	4	3	4	1,0	2		3, 5, 8	

Tabla 1. Indicadores de actividad de los grupos de investigación no formales identificados. A: Referencia del grupo, B: Producción del grupo, siempre con el investigador responsable y con alguno de sus integrantes, C: Número de grupos temáticos sobre lo que versan sus artículos, D: Número de autores constituyentes, E: Artículos/Autor, F: Instituciones firmantes, G: Distribución temporal de la actividad del grupo, H: Temáticas desarrolladas por los grupos, (Tabla 2) I: Grupos semejante según sus temáticas desarrollada

Table 1. Indicators of the activity of the informal research groups identified. A: Group reference; B: Production of the group, always including the principal investigator and some of its members; C: Number of subject groups dealt with by their papers; D: Number of authors in the group; E: papers/author, F: Signatory institutions, G: The group's activity over time; H: Subjects dealt with by the groups (Table 2); I: Similar groups according to their subject fields

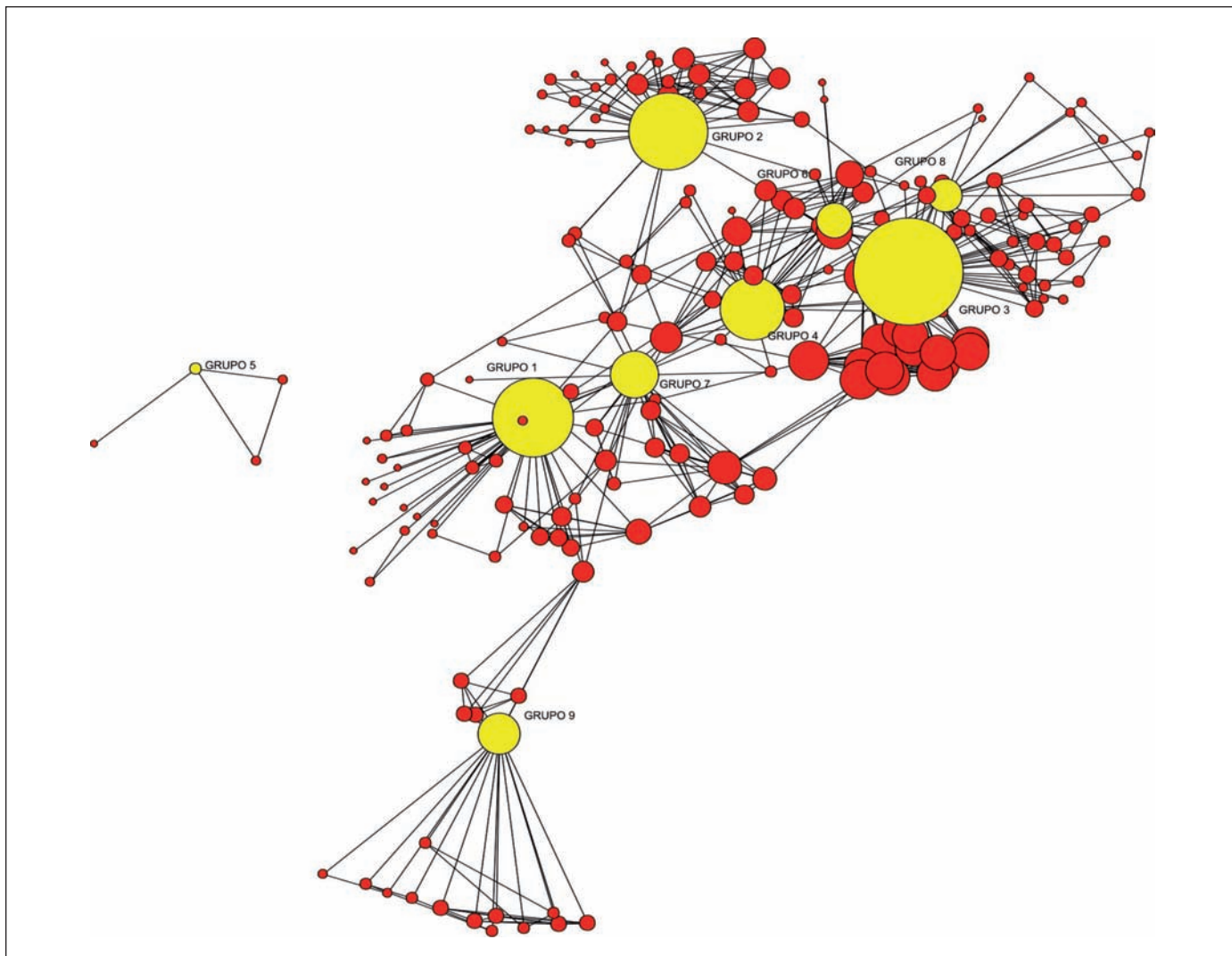


Figura 4. Grafo de la firma de trabajos conjunta de los nueve grupos de investigación no formales (Borgatti *et al.*, 2002). Los nodos rojos corresponden a autores sin pertenecer a ningún grupo mientras que los nodos amarillos representan los agregados de autores que constituyen los grupos. El tamaño de los nodos es directamente proporcional al número de firmas conjuntas de trabajos

Figure 4. Graph of the joint authorship of works by the nine informal research groups (Borgatti *et al.*, 2002). The yellow nodes correspond to authors who do not belong to any group whilst the red nodes represent the sum of the authors who make up the groups. The size of the nodes is directly proportional to joint authorship to the works

Los indicadores de actividad de los grupos (Tabla 1) evidencian dos grupos diferenciados de los demás, el G2 y el G4. Ambos poseen los mayores índices de producción (12 y 11), los valores más altos de diversidad temática, el mayor número de integrantes (16 y 10), y los valores más altos de instituciones firmantes. Además, ambos presentan dedicaciones en temáticas similares y su actividad se ha centrado fundamentalmente a inicios del año 2000, extendiéndose hasta el 2007 en el caso del G2 y comenzando en el 1997 en el caso del G4.

Cabe destacar otros dos grupos, el G6 y el G9, con

idénticas temáticas en su actividad e indicadores similares y anacrónicos.

Existen por tanto, grupos con actividad extinguida (G9, G5) grupos con actividad intermitente a lo largo del periodo estudiado (G3), y grupos con actividad emergente o reciente (G2, G8, G1, G4, G6, G7). En términos institucionales, siete de los grupos están liderados por el IGME y dos, el G5 y el G9 lo están por la Universidad del País Vasco (G5) y por la Universidad de Oviedo en colaboración con el CSIC (G9), y su actividad pertenece a la clase extinguida. De los siete grupos liderados por el IGME, en cinco de ellos cola-

bora con una única institución (G3, G7, G8, G1), en el G6 colabora con dos instituciones, en los G2 y G4 con siete y cuatro instituciones respectivamente.

La figura 4 muestra la relación de la actividad de los nueve grupos y está representada la colaboración de cada grupo identificado, es decir, con quiénes han firmado trabajos conjuntamente cada uno de los grupos. El grupo G5 está desconectado con el resto de grupos y tres de los ocho grupos identificados, G2, G3 y G9, no están relacionados directamente con los otros cinco grupos, es decir, no han firmado trabajos conjuntamente con otros grupos (Fig. 5).

Producción científica atendiendo a la clasificación temática

Cada uno de los registros ha sido clasificado en uno o varios grupos temáticos. Esta clasificación temática ha sido reestructurada (Tabla 2) atendiendo a la clasificación de origen empleada en el tratamiento documental de los artículos en las bases de datos GeoMiner y GeoRef. El primer motivo de dicha reestructuración es dotar a esta clasificación de una visión actual de las líneas de investigación en el ámbito de las Ciencias de la Tierra ya que la antigua clasificación fue descrita en los años 80. El segundo motivo es funcional, la antigua clasificación temática empleada en la indización tiene un carácter jerárquico que dificulta el agrupamiento para el posterior análisis. Con esta nueva clasificación temática se han obtenido valores homogéneos de representatividad de la producción científica (Tabla 3) y se ha evitado el agrupamiento que existía en el grupo 226 *Hidrología, ingeniería geológica, y formaciones superficiales* (Tabla 4). Atendiendo a la antigua clasificación temática (Tabla 4), se observan tres tipologías de actividad. En primer lugar (epígrafes 224 y 226) aparecen temáticas que han estado presentes en los 20 años estudiados, seguidamente aparecen temáticas que han tenido una actividad continuada y en los últimos años han perdido presencia en el *Boletín* (epígrafes 220, 221, 225 y 227). Por último, se observan temáticas con una presencia intermitente (epígrafes 222 y 223).

En cambio, con la nueva clasificación obtenemos cinco tipologías de actividad, manteniendo constante durante estas dos décadas un eje temático basado en trabajos referidos a 6 de las 10 temáticas clasificadas (Tabla 3), (1) *Geología general, geología extraterrestre, geología regional, estratigrafía y cartografía*, (9) *Hidrogeología y recursos de agua* y (10) *Paleontología*, corresponden a temáticas que han estado presentes durante todo el periodo de estudio, y (2) *Geología estructural, geofísica y sismología*, (4)

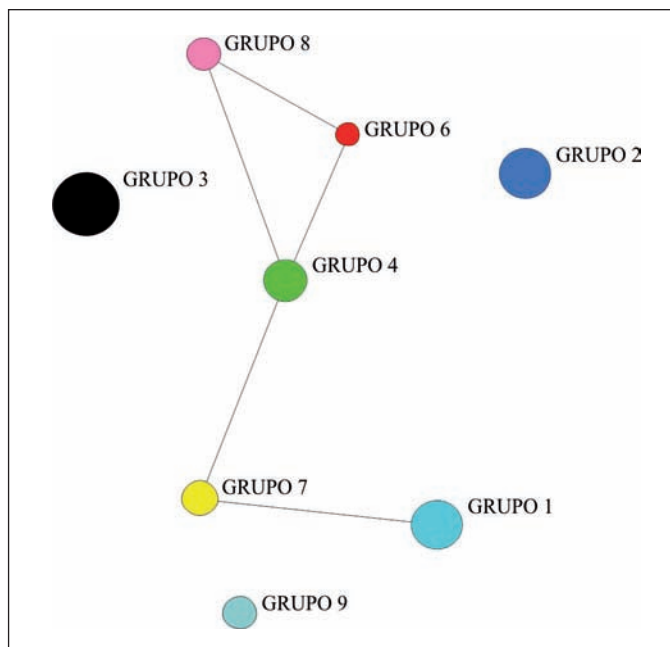


Figura 5. Grafo de firma de trabajos entre los grupos sin intermediarios (Borgatti et al., 2002). El tamaño de los nodos es directamente proporcional al número de colaboraciones

Figure 5. Graph of the authorship of papers between groups without intermediaries (Borgatti et al., 2002). The size of the nodes is proportional to the number of collaborations

Geomorfología, formaciones superficiales, cuaternario y geología marina y (8) *Yacimientos, recursos minerales y energéticos*, que corresponden a temáticas con ausencias o bien durante el primer año o bien durante el último de los 20 años estudiados.

En cuanto a la producción y representatividad de los grupos temáticos, la figura 6 muestra un desplazamiento de la representatividad temática del *Boletín* en la última década hacia la temática de *Hidrogeología y recursos del agua*, sin que se haya producido un aumento importante en su producción, tan solo un 8%. Sin embargo se observa un acentuado descenso en la producción de las temáticas *Petrología y sedimentología* (47,5%) y *Yacimientos, recursos minerales y energéticos* (65,3%). El descenso en la producción científica según las clasificaciones temáticas ha ido acompañado de un descenso en la diversidad temática pasando en la primera década de una relación de artículo/temática 1:1,7 a 1:1,2.

Análisis de la red social de la colaboración científica

Se han obtenido los indicadores de colaboración utilizando las siguientes expresiones:

A	B	C	D	E
	220	D	1	Geología extraterrestre
	220	D	2	Meteoritos, Tectitas, Impactitas
	224	A		Estratigrafía
1	224	B		Geología regional, Mapas
	224	B	1	Geología regional
	224	B	2	Mapas geológicos, cartografía
	224	C		Geología general
	225	A		Tectónica, Geología Estructural, Tectónica de Placas
	225	B		Geofísica Interna
2	225	B	1	Geofísica, generalidades, métodos y propiedades magnéticas, eléctricas, térmicas
	225	B	2	Física del Globo, tectonofísica, gravimetría
	225	B	3	Seísmos, sismología
	222	A	1	Petrología de rocas ígneas y metamórficas, fenómenos volcánicos, magmas
3	222	A	3	Propiedades de rocas cristalinas
	223	A	1	Petrología de rocas sedimentarias salvo cuaternarias
	223	A	4	Propiedades físicas de rocas sedimentarias
	223	B		Geología Marina
	226	C		Formaciones superficiales
4	226	C	1	Geomorfología, morfodinámica
	226	C	2	Cuaternario marino y continental
	226	C	3	Suelos
	226	B		Ingeniería Geológica y del Medio Ambiente, Geotermia
5	226	B	1	Geotecnia
	226	B	2	Riesgos naturales: previsión, peligros, etc.
	226	B	4	Polución, geología del medio ambiente
	220	B	1	Geoquímica: generalidades, métodos, estudios regionales
	220	B	2	Geoquímica del agua
6	220	B	3	Geoquímica de suelos y rocas
	220	C	1	Geoquímica isotópica
	220	C	2	Geocronología
	220	A	1	Mineralogía: generalidades, métodos, estudios regionales
7	220	A	2	Silicatos
	220	A	3	No silicatos
	221	A	1	Prospección geoquímica, métodos, generalidades
	221	A	2	Yacimientos de metales
	221	A	3	Yacimientos de sustancias útiles, salvo metales
8	221	B		Economía minera
	223	A	2	Geología del carbón
	223	A	3	Hidrocarburos
	226	A		Hidrología, Ingeniería Geológica, Formaciones superficiales
9	226	A	1	Hidrología
	226	A	2	Hidrogeología
	226	A	3	Recursos agua
	227	A	1	Paleontología: generalidades
10	227	A	2	Paleobotánica
	227	A	3	Paleontología de invertebrados
	227	A	4	Paleontología de vertebrados

Tabla 2. Equivalencias en la clasificación temática. A: Epígrafe de la clasificación temática empleada en el estudio. B: Epígrafe del primer nivel de la clasificación Geominer/Georef. C: Epígrafe de segundo nivel de la clasificación Geominer/Georef. D: Epígrafe de tercer nivel de la clasificación Geominer/Georef. E: Descripción temática de la clasificación Geominer/Georef

Table 2. Equivalences in subject classification. A: Epigraph of subject classification used in this study; B: Epigraph of the first level in the classification Geominer/Georef; C: Epigraph of the second level in the classification Geominer/Georef; D: Epigraph of the third level in the classification Geominer/Georef; E: Subject description in the classification Geominer/Georef

A	B	C	D
	Geología general, Geología extraterrestre, Geología regional, Estratigrafía, Cartografía	1	7 %
	Hidrogeología y Recursos de agua	9	19 %
	Paleontología	10	10 %
	Geología estructural, Geofísica, Sismología	2	8 %
	Yacimientos, Recursos minerales y energéticos	8	21 %
	Geomorfología, Formaciones superficiales, Cuaternario y Geología marina	4	7 %
	Petrología y Sedimentología	3	13 %
	Geotecnia, Riesgos naturales y Medio ambiente	5	8 %
	Geoquímica	6	7 %
	Mineralogía	7	2 %

Tabla 3. Distribución temporal de la producción según la clasificación temática adoptada. A: Espectro temporal de Actividad. B: Descripción del grupo temático. C: Epígrafe del grupo temático. D: Representación en la producción total del *Boletín*

Table 3. Distribution versus time of production according to the subject classification adopted. A: Time spectrum of the activity; B: Description of the subject group; C: Epigraph of the subject group; D: Representation in the *Boletín's* total output

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^{i=m} j_i \cdot n_i}{N} \quad GC = \frac{N_m}{N_m + N_s}$$

$$CC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=m} \left(\frac{1}{j_i}\right) \cdot n_i}{N} \quad N_m = \sum_{i=2}^{i=m} n_i$$

Donde *i* es el número de colaboradores de un artículo, es decir recorre el espectro de artículos por número de autores de la publicación. Siendo *m* el número máximo de autores, *j_i* la frecuencia con que *i* autores escriben en colaboración, *n_i* el número de documentos publicados en colaboración por *i* autores y *N* el número total de documentos. *N_m* es el número de artículos con colaboración múltiple y *N_s* el número de artículos de un único autor.

La colaboración científica se identifica de manera generalizada con el grado de madurez y profesionalidad de la investigación (Beaver, 2001). El valor medio del IC es de 2,72 con una tendencia positiva (Fig. 7). Los valores máximos de IC corresponden a los años 2006 y 2007, con IC=3,48 e IC=4,58 respectivamente y el mínimo para el año 1992 con IC=1,95. Aún cuando el valor máximo corresponde al volumen 118 se observa, como muestra la figura 7, que este es un año

donde se superan los valores críticos de endogamia en la autoría, con un porcentaje de autores ajenos al IGME de 69,79%, menor del mínimo del 75% marcado por la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI). Del mismo modo, el año donde el IC tiene un valor mínimo, el año 1992, también es un año con valores endogámicos en la autoría con un 70,69 de autores ajenos al IGME. Durante el periodo estudiado el número medio de instituciones que han colaborado por volumen es de 32, el valor mínimo se sitúa en el año 1992 con 14 instituciones y el máximo en el año 2006 con 64 instituciones. La tendencia positiva tanto en la colaboración entre autores como en la colaboración institucional se han mantenido al cambio de modelo de periodicidad, aún cuando la producción de artículos ha descendido en casi un 15% y la tendencia de contribuciones del IGME es negativa.

Geográficamente, la mitad de las instituciones proceden del continente europeo (20%, excluyendo España) y de países iberoamericanos (30%). El 42% de las instituciones tienen una procedencia española y el 8% corresponden a otras nacionalidades. Argentina es el país iberoamericano con mayor representatividad con un total de 25 artículos firmados, mientras que en Europa ocupan ese lugar Francia y Portugal con 13 y 11 artículos firmados, respectivamente.

La estructura de la red de colaboración internacio-

A	B	C	D
	ESTRATIGRAFIA, GEOLOGIA REGIONAL, GEOLOGIA GENERAL	224	8 %
	HIDROLOGIA, INGENIERIA GEOLOGICA, FORMACIONES SUPERFICIALES	226	36 %
	MINERALOGIA, GEOQUIMICA, GEOLOGIA EXTRATERRESTRE	220	8 %
	YACIMIENTOS METALICOS Y NO METALICOS	221	19 %
	TECTONICA, GEOFISICA INTERNA	225	7 %
	PALEONTOLOGIA	227	9 %
	ROCAS CRISTALINAS	222	7 %
	ROCAS SEDIMENTARIAS	223	6 %

Tabla 4. Distribución temporal de la producción según el primer nivel de la clasificación temática Georef/Geominer. A: Espectro temporal de Actividad. B: Descripción del grupo temático. C: Epígrafe del grupo temático. D: Representación en la producción total del *Boletín*
 Table 4. Distribution versus time of production according to the first level in the classification Georef/Geominer; A: Time spectrum of activity; B: Description of the subject group; C: Epigraph of the subject group; D: Representation in the *Boletín's* total output

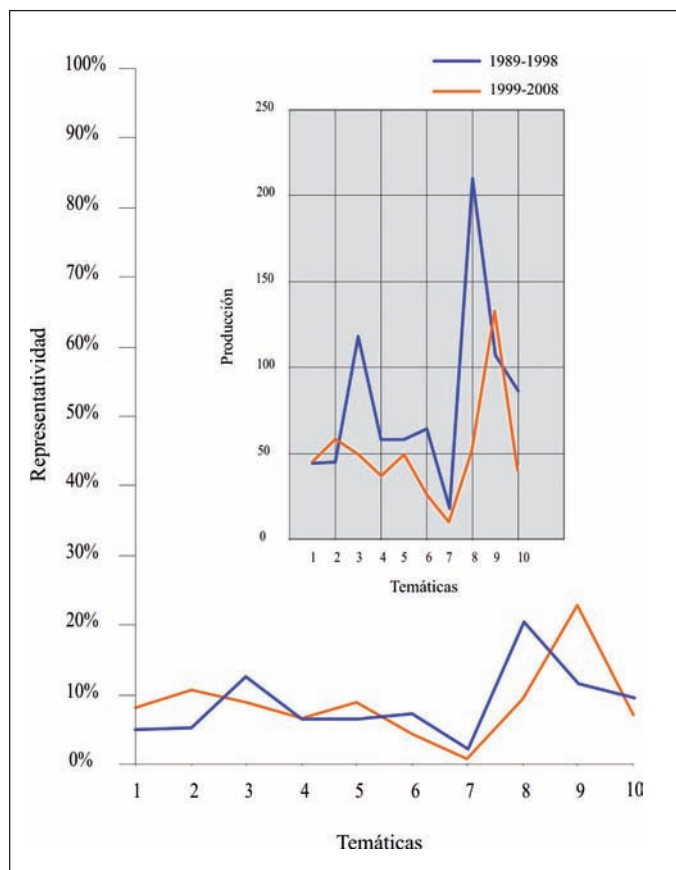


Figura 6. Representación del eje temático del *Boletín Geológico y Minero*
 Figure 6. Depiction of the subject axis of the *Boletín Geológico y Minero*

nal (Fig. 8) está compuesta por nodos que representan los países de origen de las instituciones, a excepción de las empresas y distinguiendo al IGME del resto de instituciones de procedencia española. El tamaño de los nodos obedece al grado de colaboración institucional entre los países. Las instituciones españolas han trabajado con todas las distintas nacionalidades de forma directa, a excepción de instituciones de India, Finlandia, Costa Rica, Uruguay y Guatemala. La intermediación en la colaboración con instituciones de estos países se observa en la figura 8. Las instituciones de la India colaboran a través de empresas y el IGME, las instituciones de Costa Rica colaboran únicamente a través de empresas, las instituciones de Uruguay colaboran a través de instituciones argentinas o ecuatorianas y por último, las instituciones de Guatemala lo hacen a través de instituciones japonesas. Las instituciones de origen español están relacionadas con instituciones de los cinco continentes en menor o mayor grado.

El agrupamiento o *clustering* de la red de internacionalización (Fig. 9) nos muestra distintos niveles de agrupamiento. En un primer nivel encontramos la colaboración institucional entre el IGME e instituciones españolas. Siguiendo avanzando en los niveles de agrupamiento, cada vez más débiles, encontramos otras dos asociaciones institucionales, España + IGME + Francia + Empresas y Argentina + Uruguay. A un nivel medio de agrupamiento se observan las siguientes asociaciones internacionales: España + IGME + Empresas + Francia + Canadá + Uruguay +

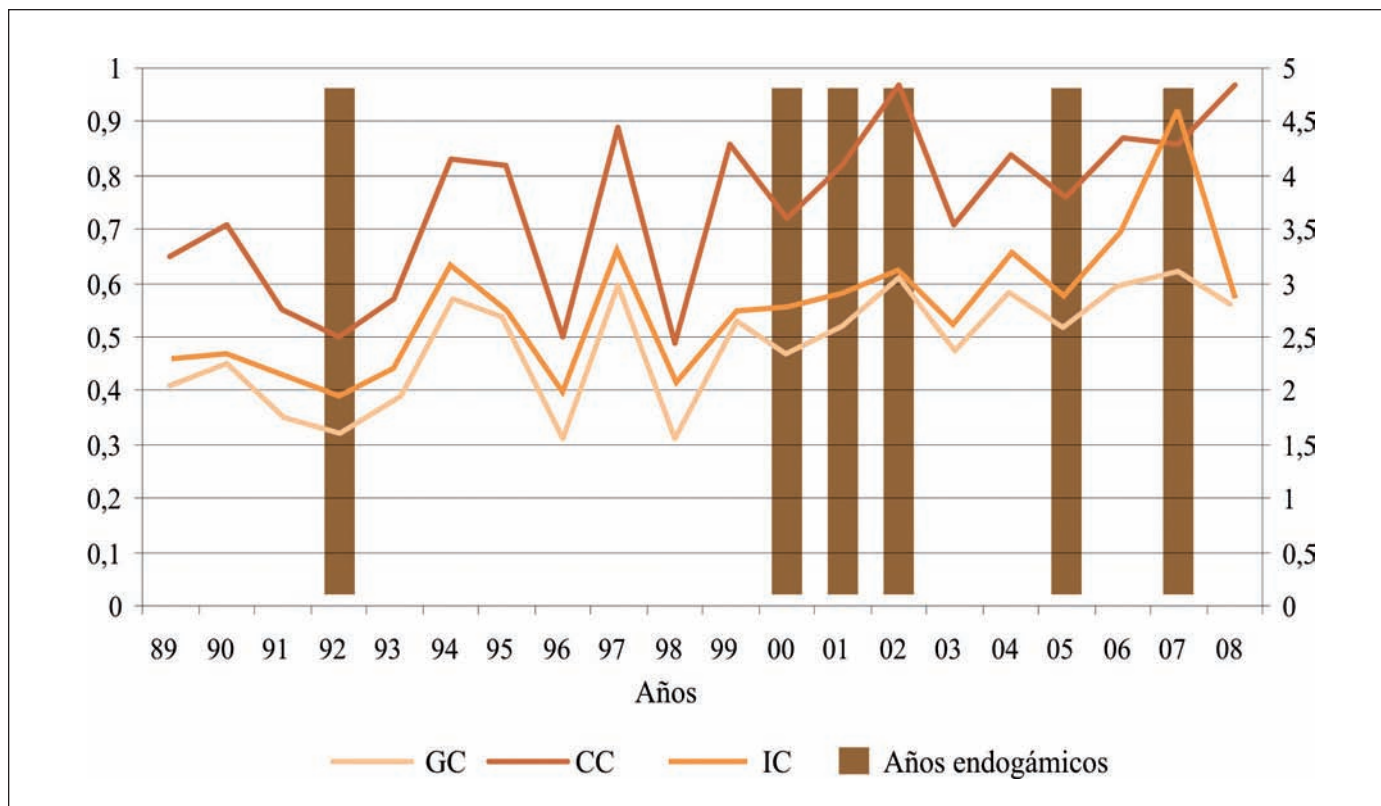


Figura 7. Evolución de la colaboración en los trabajos del *Boletín*. Los fascículos sombreados superan los valores recomendados por la CNEAI de endogamia en la autoría, situando el valor crítico en el 75% de autores ajenos a la institución que edita la revista
 Figure 7. Evolution of collaboration in papers published by the *Boletín*. The shaded editions exceed the values recommended by the CNEAI concerning endogamy in authorship, the critical value being 75% of the authors not belonging to the institution that publishes the journal

Argentina + Alemania + EEUU, y Brasil + Ecuador, y en menor medida, Reino Unido + Noruega y Guatemala + Japón.

El diagrama estratégico (Rosa Troyano *et al.*, 2005) de la red social en términos de coautoría (Fig. 10) muestra una aproximación a su dinámica, donde el 55% de los autores se sitúan en el primer cuadrante, que representa al colectivo del núcleo con posiciones en la red de alta autoridad y grado. El 15% de los autores realizan funciones de intermediación, es decir, autores emergentes (cuadrante III). El 11% de los autores pertenecen al colectivo más desarrollado y son ajenos a su entorno, fundamentalmente, por la imposibilidad de desarrollarse más (cuadrante II). En este colectivo se encuentran situados todos los autores que lideran los nueve grupos no formales de investigación.

Similitudes entre volúmenes en función de distintas variables

El procedimiento de Kappa Cohen es ampliamente utilizado como método de cálculo de similitud en las

decisiones clínicas por su sencillez y fiabilidad (Latour *et al.*, 1997). Es un método defendido como válido por diferentes autores (Kundel y Polansky, 2003; Vach, 2005), y su expresión matemática es:

$$\kappa = \frac{p_0 - p_e}{1 - p_e}$$

Siendo p_0 la probabilidad observada del suceso y p_e la probabilidad esperada. El índice Kappa elimina la probabilidad que existe por pura estadística de la probabilidad esperada. En aquellos casos en que la probabilidad observada es muy pequeña, el índice Kappa disminuye, al ser mayor la probabilidad esperada. En sucesos que no son aleatorios, como por ejemplo la distribución temporal de los autores, se presentan valores de Kappa muy bajos, dado que los autores coincidentes entre dos años podrían ser cero por observación pero por estadística no. Esto dificulta enormemente establecer criterios comparables entre diferentes observaciones.

Para solventar el problema se ha considerado que lo sustancial de la comparación es observar la con-

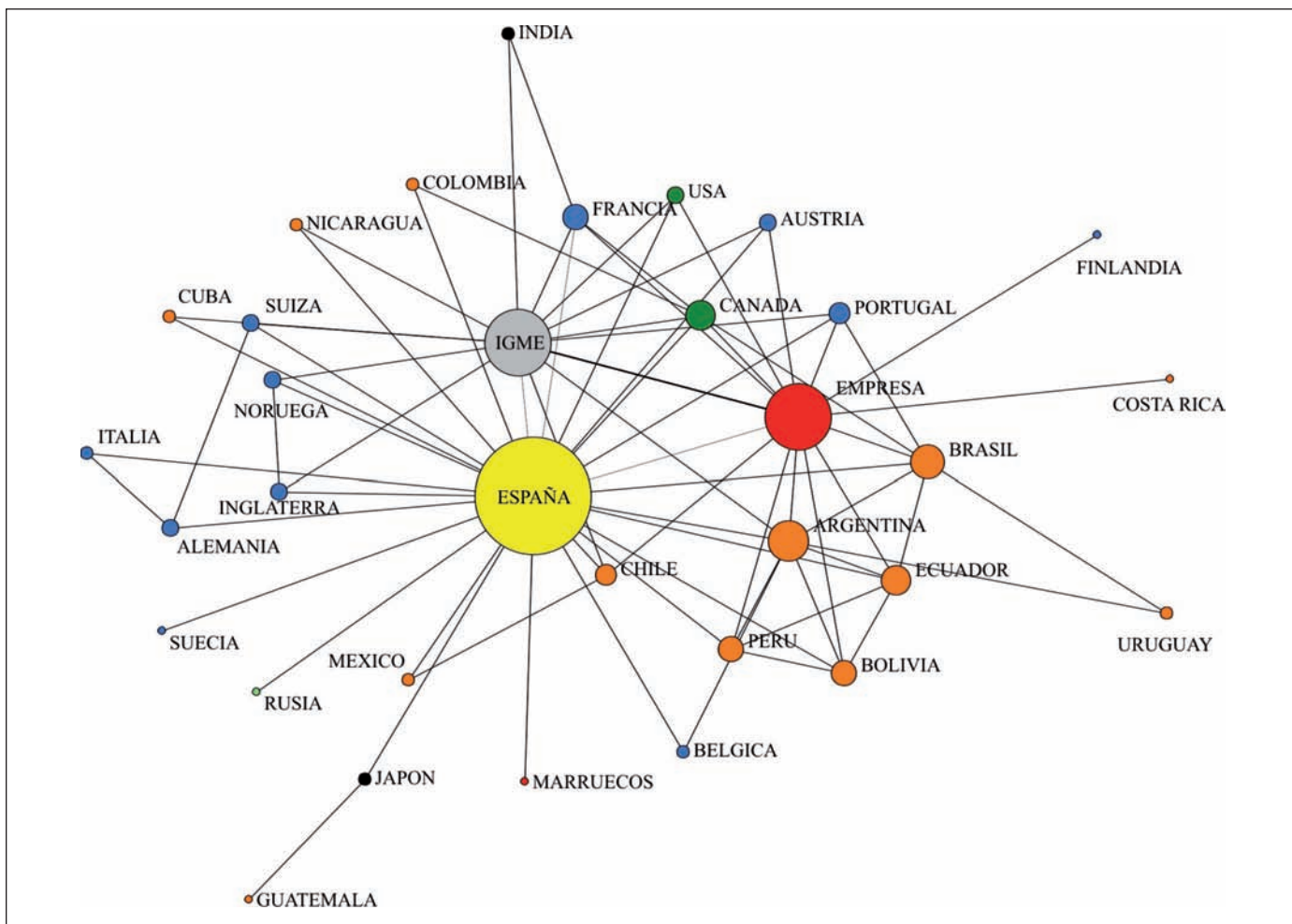


Figura 8. Red social de la colaboración entre países (Borgatti et al., 2002)
 Figure 8. Social network of collaboration between countries (Borgatti et al., 2002)

cordancia relativa. Es decir, siguiendo la tendencia de algunos autores (Lantz y Nebenzahl, 1996) se incluye el valor de Kappa máximo y mínimo, y se considera que el valor que representa una concordancia razonable corresponde a un porcentaje del recorrido, lo que se denomina Kappa ajustado.

La similitud entre los fascículos de la revista en base a la variable observada *autores*, es muy baja (Landis y Koch, 1977), y su Kappa máximo es del orden de 0,2. Se estima que dado que la dispersión de dichas observaciones está intrínseca en la naturaleza de la publicación, el grado máximo de similitud se dará para un valor de $Kappa > 0,81 \cdot (K_{max} - K_{min}) + K_{min}$, es decir en el 19% superior de las concordancias.

Este análisis permite observar las tendencias y analizar los comportamientos comunes entre los diferentes años definiendo como parámetros los autores (Fig. 11), los descriptores utilizados para el tratamien-

to documental de los artículos (Fig. 12), la clasificación sistemática de estos descriptores y los grupos temáticos (Fig. 13). En general se observa que existen dos grupos claros de años concordantes en base a los autores y descriptores, de 1989 a 1995 y de 1998 a 2008, coincidentes, casi en su totalidad, a cada una de las décadas estudiadas con dos años muy independientes, 1996 sin concordancia con ningún otro año, y el año 2006. En particular se ha observado que existen dos subgrupos con una mayor concordancia entre ellos: de 1990 a 1993 y de 2000 a 2003, presentando unas relaciones de similitud mucho más fuertes.

Conclusiones

Cuanto más complejo es el patrón de producción, mayor es el número de máximos y mínimos, mos-

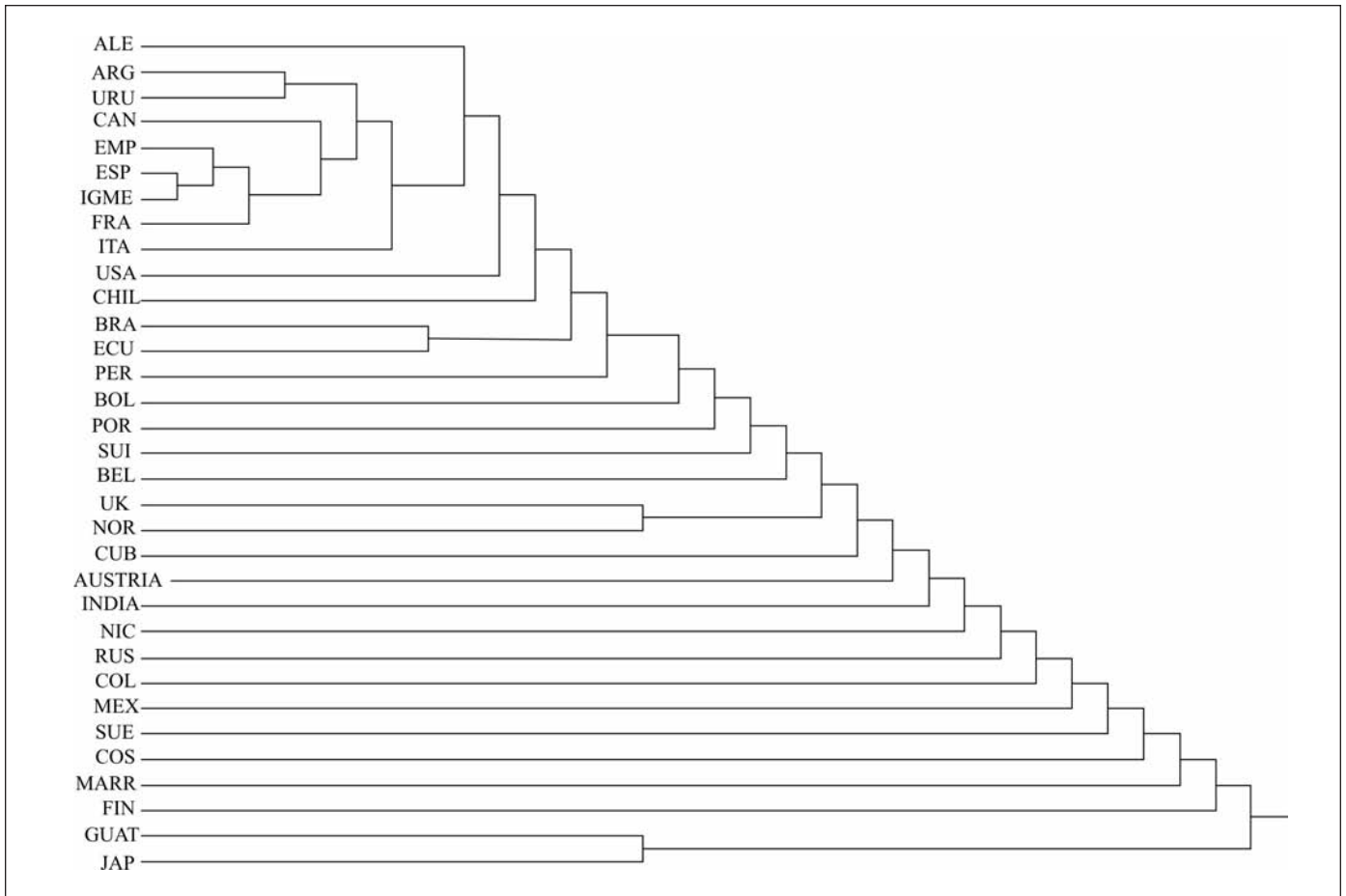


Figura 9. Clustering de las relaciones entre instituciones de los distintos países de origen (Batagelf et al., 1996)
 Figure 9. Clustering of the relations between institutions from different countries of origin (Batagelf et al., 1996)

trando poca homogeneidad productiva en cada año, es decir, habrá números muy productivos seguidos de otros menos productivos, y viceversa, en un corto periodo de tiempo. De los cinco patrones productivos identificados, parece razonable pensar que el patrón productivo con más probabilidades de favorecer que el volumen supere valores medios de producción es el constante.

Considerando las modalidades de periodicidad, el periodo bimestral (1989-2000) presenta una tendencia productiva negativa con mayor pendiente que el periodo trimestral (2001-act.) con una disminución en la producción del 37%, mientras que en el periodo trimestral esta tendencia negativa presenta una pendiente menor y por tanto una disminución productiva del 16%.

El número de autores que han firmado los trabajos publicados en el *Boletín* se ha mantenido prácticamente invariable a través de las dos décadas, lo que ha supuesto un aumento de la colaboración en la

autoría de los artículos. Este equilibrio entre las dos décadas también sucede en el número de autores pertenecientes al IGME. A partir del año 2000 el *Boletín* afrontó un nuevo reto, transformándose y consolidándose como una de las mejores revistas científicas del área de las Ciencias de la Tierra, sin caer en el "clientelismo" hacia el personal del IGME y variando su eje temático principal (Baltuille, 1999). El 83% de los autores que firman sus trabajos en el *Boletín* son ajenos al IGME. Estos valores que alejan a la revista del "clientelismo" o endogamia, no deben hacer perder una visión a nivel de volumen, donde en los últimos años se alcanzan valores críticos de endogamia en la autoría.

Los artículos publicados en el *Boletín*, siguiendo una tendencia global, presentan cada vez un mayor grado de colaboración con unos índices de coautoría en los últimos años superiores a los registrados en producciones científicas sobre geología de España

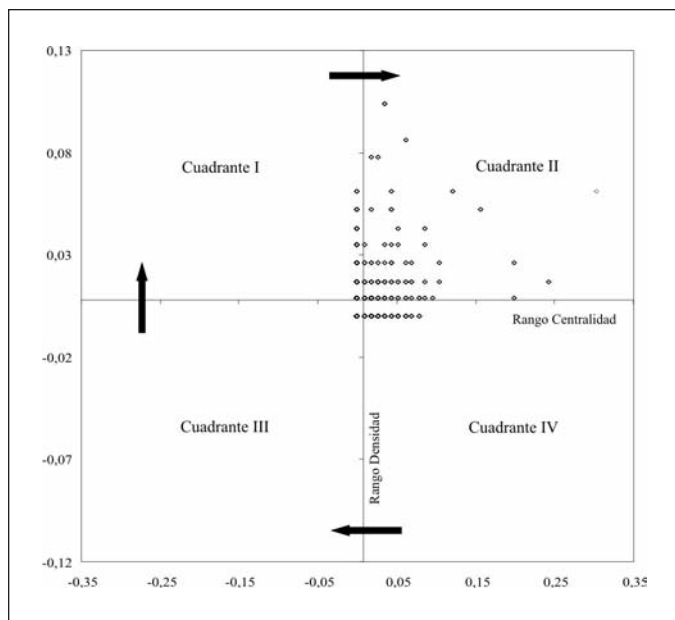


Figura 10. Diagrama estratégico de la red social en términos de coautoría: una aproximación a su dinámica
 Figure 10. Strategic diagram of the social network in terms of co-authorship, providing an approach to its dynamics

(IC=1,4; Bermúdez et al., 2008), o la producción científica española sobre la Antártida (IC=2,5; Bermúdez et al., 2006).

La mayoría de los grupos no formales de investigación identificados presentan una actividad emergente o reciente, hecho que facilita que se mantengan

los valores de producción de la revista. Aún cuando el IGME posee un mayor liderazgo en la composición de los grupos no formales de investigación identificados, nunca lo hace sólo y colabora con otras instituciones. Esta colaboración, como se deduce del análisis de *clustering* de la relación institucional (Fig. 9), no es de forma arbitraria, sino que los autores del IGME tienden a colaborar en primer lugar con autores pertenecientes a instituciones españolas antes de colaborar con instituciones de origen internacional. Las instituciones francesas o canadienses colaboran con autores pertenecientes a empresas.

En términos de colaboración, el *Boletín* describe una red social con una estructura organizativa de categoría III (Rosa Troyano et al., 2005), es decir, una red muy compleja y rica. En ella encontramos todos los posibles tipos de colectivos y sugiere una dinámica importante de la red, garantizando, en cierto modo, junto al hecho de que los grupos no formales de investigación con actividad más reciente están relacionados entre sí, el movimiento entre colectivos y la difusión del conocimiento científico entre los autores ya que el 70% de los autores están incluidos en colectivos en buena posición de seguir desarrollándose.

Años consecutivos tienen comportamientos diferentes. Esta realidad conocida es difícil de contrastar mediante procedimientos empíricos. La constatación de la misma ha permitido observar patrones de comportamientos comunes en años no consecutivos. Aparentemente, el año 2000 supuso un cambio de registro en los autores y en las temáticas empleados.

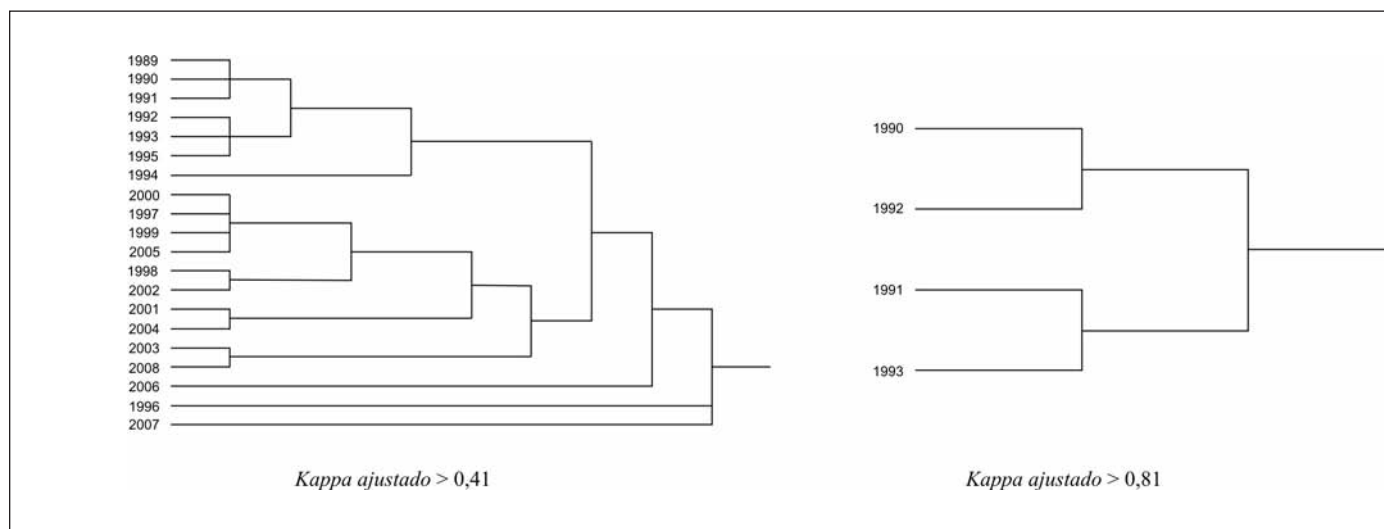


Figura 11. Clustering del índice de Kappa ajustado por años según los autores (Batagelf et al., 1996).
 Figure 11. Yearly adjustment of the clustering of the Kappa index according to authors (Batagelf et al., 1996)

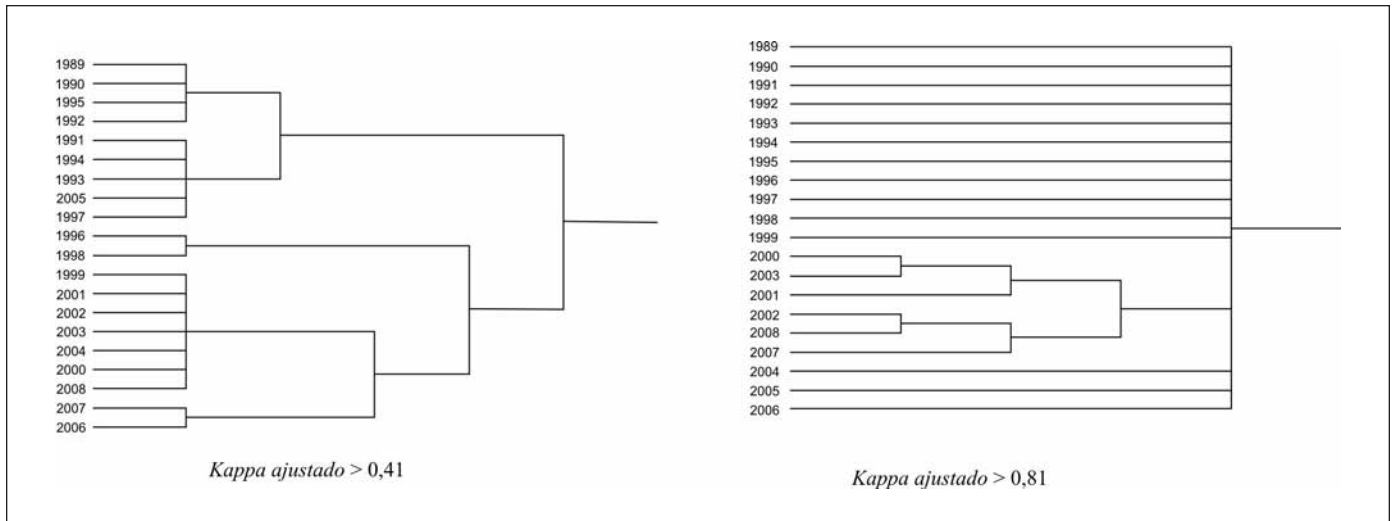


Figura 12. Clustering del índice de Kappa ajustado por años según los descriptores de los documentos (Batagelf et al., 1996)
 Figure 12. Yearly adjustment of the clustering of the Kappa index according to the descriptors of documents (Batagelf et al., 1996)

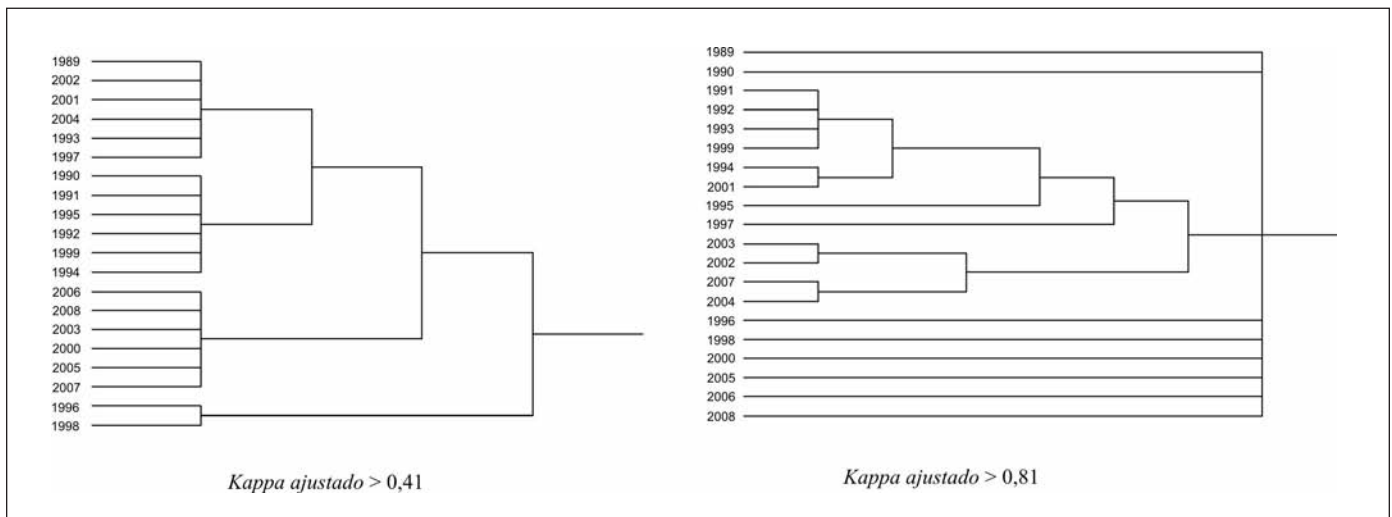


Figura 13. Clustering del índice de Kappa ajustado por años según los grupos temáticos (Batagelf et al., 1996)
 Figure 13. Yearly adjustment of the clustering of the Kappa index according to subject groups (Batagelf et al., 1996)

El volumen con mayores diferencias respecto al resto es el número 107 (1996), quizá indicio de una transición hacia los años 1997 y 1998.

Referencias

Ajiferuke, I., Burrell, Q., y Tague, J. 1988. Collaborative Coefficient: A Single Measure of the Degree of Collaboration. *Scientometrics*, 14, 421 - 433.
 Baltuille, J.M. 1999. Revisión estadística de los artículos publicados en el Boletín Geológico y Minero durante el decenio 1989-1998. Un caso concreto: la problemática de las rocas y los minerales industriales en los últimos

30 años de la revista. *Boletín Geológico y Minero*, 110 (3), 99-114.
 Batagelf, V. y Mrvar, A. 1996. *Pajek: Program for Analysis and Visualization of Large Networks*. V.1.17.
 Beaver, D. 2001. Reflections on scientific collaboration (and its study): past, present, and future. *Scientometrics*, 52 (3), 365-377.
 Bermúdez, O., Alonso, F., Barragán, A. y Gutiérrez, M. 2008. Análisis de la producción científica sobre geología de España. *Geotemas*, 10, 71-74.
 Bermúdez, O., Alonso, F., Gutiérrez, M., López, G. y Barragán, A. 2009. *Informe del estudio sobre el Boletín Geológico y Minero: 20 años de revista científica de Ciencias de la Tierra*. Informe inédito (Coord. Bermúdez,

- O.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 140 pp.
- Bermúdez, O., Barragán, A., y Alonso, F. 2006. Evaluación de la producción científica de la Investigación española en la Antártida. *Actas 10ª Jornadas Españolas de Documentación, FESABID*, 413-414.
- Borgatti, S.P., Everett, M.G. y Freeman, L.C. 2002. *Unicet 6 for windows: Software for Social Network Analysis*. Harverd: Analitic Technologies.
- Gorbea Portal, S. 2005. *El modelo matemático de Lotka: su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológica y de la información*. Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, UNAM, 180 pp.
- Hanneman, R. A. y Riddle, M. 2005. *Introduction to social network methods*. Riverside, CA: University of California, Riverside.
- IEDCYT, 2008. *Proyecto de Obtención de Indicadores de Producción Científica y tecnológica de la Comunidad de Madrid (PIPCYT) (2000-2006)*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 745 pp.
- Jiménez-Contreras, E. 2001. Los métodos bibliométricos. Estado de la cuestión y aplicaciones. *I Congreso Universitario de Ciencias de la Documentación. Teoría, historia y metodología de la documentación en España (1975- 2000)*.
- Kretschmer, H. 1985. Cooperation structure, group size and productivity in research groups. *Scientometrics*, 7 (1-2), 39-53.
- Kundel, H.L. y Polansky, M. 2003. Measurement of Observer Agreement. *Radiology*, 228, 303-308.
- Landis J.R. y Koch G.G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- Lantz, C. y Nebenzahl, E. 1996. Behavior and interpretation of the k statistic: Resolution of the Two Paradoxes. *Journal of Clinical Epidemiology*, 49 (4), 431-4.
- Latour, J., Abaira, V., Cabello, J.B. y López Sánchez, J. 1997. Las mediciones clínicas en cardiología: validez y errores de medición. *Revista Española de Cardiología*, 50, 117-128.
- Nederhof, A. J. y Van Raan, A. F. J. 1993. A bibliometric analysis of six economics research groups: a comparison with peer review. *Research Policy*, 22, 353-368.
- Peters, H. P. F. y Van Raan, A. F. J. 1991. Structuring scientific activities by coauthor analysis. An exercise on a university faculty level. *Scientometrics*, 20, 1, 235-255.
- Price, D. J. de S. 1973. *Hacia una ciencia de la ciencia*. Ed. Ariel, Barcelona, 301 pp.
- Rosa Troyano, F.F., Martínez Gasca, R., González Abril, L., Velasco Morente, F. 2005. Análisis de redes sociales mediante Diagramas Estratégicos y Diagramas Estructurales. *Redes. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales*, 8, 2.
- Sistema de Información Documental. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid. 09/09/08. http://www.igme.es/internet/sistemas_infor/Sid_central.htm
- Stokes, T.D., y Hartley, J.A. 1989. Coauthorship, social structure and influence within specialties. *Social Studies of Science*, 19, 101-125.
- Vach, W. 2005. The dependence of Cohen's kappa on the prevalence does not matter. *Journal of Clinical Epidemiology*, 58 (7), 55-61.
- Van Raan, A.F.J. 1989. *Evaluation of research groups*. En *Ciba Foundation Conference. The evaluation of scientific research*. Wiley eds., 169-187.
- Zulueta, M.A., Cabrero, A. y Bordons, M. 1999. Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Documentación Científica*, 23 (3), 333-347.

Recibido: diciembre 2009
Revisado: enero 2010
Aceptado: marzo 2010
Publicado: julio 2010