

# RED Y REALIDAD: APROXIMACIÓN AL ANÁLISIS DE LAS REDES CIENTÍFICAS

José Luis Molina\*

Juan Muñoz\*

Philippe Losego\*\*

Comunicación presentada en el  
VII Congreso Nacional de Psicología Social  
Oviedo, septiembre de 2000

\* Universitat Autònoma de Barcelona

\*\* Université de Toulouse

# 1. INTRODUCCIÓN

---

Este trabajo se centra en el estudio de los factores psicosociales que influyen en la producción y difusión del conocimiento científico. Para ello, partimos de los desarrollos teóricos y metodológicos de los estudios de **redes sociales**, los cuales se centran en la identificación y análisis de **estructuras** a partir del análisis de las relaciones existentes entre determinados elementos (científicos por ejemplo) independientemente de los atributos o características de esos elementos. Este tipo de estudio asume que esas estructuras ejercen algún tipo de influencia en el comportamiento de los elementos que componen el sistema.

En el caso de las redes científicas, es habitual el estudio de las mismas utilizando las citas de artículos como índice principal a partir del cual pueda llegar a determinarse la estructura de relaciones entre los mismos. No obstante, como ya señalaba Diana Crane en 1972, este índice puede ofrecernos una determinada visión sobre una red, pero si queremos que esa visión sea realmente clara, deberían utilizarse también otro tipo de indicadores de relaciones, como por ejemplo, la dirección de tesis doctorales, la participación en congresos, la comunicación informal, etc.

A substantial proportion of connectivity appeared only when all the ties between individuals were considered simultaneously (i.e., when the ties between individuals could be any of the several that were studied). This suggest that social organization in a research area is revealed only when a variety of different types of relationships between members of a research area are examined. (Crane, 1972, 43)

Probablemente, uno de los factores que favorecen el análisis de redes científicas a partir del recuento de citas, reside en la relativa facilidad del acceso a datos que permiten los diferentes "Citation Index" en sus versiones informatizadas, mientras que otros de esos índices requieren una gran cantidad de tiempo y esfuerzo para llegar a obtener la información necesaria sin que esa inversión signifique necesariamente que sea posible recoger de una forma fiable todos los datos necesarios.

La investigación concreta que estamos llevando a cabo pretende desarrollar una metodología que permita la utilización de nuevos criterios relacionales para la identificación de estructuras en grandes redes de científicos.

El índice relacional en que nos hemos basado para construir la red ha sido el número de copublicaciones entre científicos, es decir, el número de publicaciones conjuntas entre dos autores.

Para ello, se ha realizado una investigación de las redes de matemáticos relacionadas con el trabajo de tres investigadores de la UPC. En cada caso se han analizado las redes por separado, aunque en este trabajo presentaremos únicamente el análisis de uno de esos matemáticos. La estructura de esta red es analizada a continuación como paso previo a la realización de entrevistas en profundidad con los autores con el objeto, entre otros motivos, de contrastar la existencia o no de las estructuras identificadas en el análisis.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1. COLEGIOS INVISIBLES

Esta investigación se inscribe en una tradición de estudios iniciada por D. J. Solla Price (*Little Science, Big Science*, 1963, -citado en Callon (1995)), según la cual la investigación científica parece seguir una curva en forma de S (curva logística) en la que es posible identificar una etapa inicial de aparición del paradigma, una segunda etapa de multiplicación de las contribuciones y asociada a la aparición de “**Colegios Invisibles**” o círculos de investigadores influenciados por unos pocos investigadores de alta productividad, una tercera fase de madurez y una última de estancamiento.

Estos trabajos se basan principalmente en el recuento de citas, aunque también incluyen, como es el caso del trabajo de Crane, otros tipos de relaciones (dirección de tesis doctorales, comunicación informal e influencia en la selección de problemas).

Crane asimila “Colegio Invisible” a *círculo social*, en el sentido que los integrantes de un círculo social solamente conocen a una parte del total pero están influidos por personas con las que no están conectadas directamente. Por “conectividad” entiende la existencia de un camino que una a dos científicos en una dirección determinada, independientemente de su longitud.

Por tanto el énfasis de esta aproximación se centra en el establecimiento de la red total en la cual se hayan insertos los autores, sean conscientes o no, y en el cálculo de la conectividad existente. Ésta determinará la existencia de “Colegios Invisibles”.

Otra tradición de estudios que debe ser tenida en cuenta en esta línea es la difusión de innovaciones y los fenómenos de contagio. Coleman, Katz y Menzel (1966) en su pionero trabajo sobre los factores de adopción de nuevos medicamentos por parte de médicos, Mullins (1968) en su estudio de una comunidad de biólogos y, más recientemente, los trabajos de Valente (1995) sobre el comportamiento de los procesos de difusión, son contribuciones representativas de este campo de investigación. De hecho, Crane asimila la segunda fase de la curva logística con un fenómeno de contagio, en el cual el número de relaciones de la primera ola de adoptantes de una innovación es crítico para el resultado posterior.

## **2.2. EL CONCEPTO DE CAPITAL SOCIAL<sup>1</sup>**

El segundo marco teórico que hemos tenido en cuenta es el del capital social. Sin entrar a discutir la autoría del concepto<sup>2</sup>, la distinción de Pierre Bourdieu (1977) entre capital económico, simbólico, cultural y social ha tenido una gran influencia, seguramente debido a sus posibilidades de aplicación (oportunidades laborales, desarrollo de la carrera directiva, la gestión de los contactos como herramienta de gestión ...) (Lin y Cook, 1998). Cabe señalar tres fuentes diferentes en la constitución del capital social como campo específico de investigación.

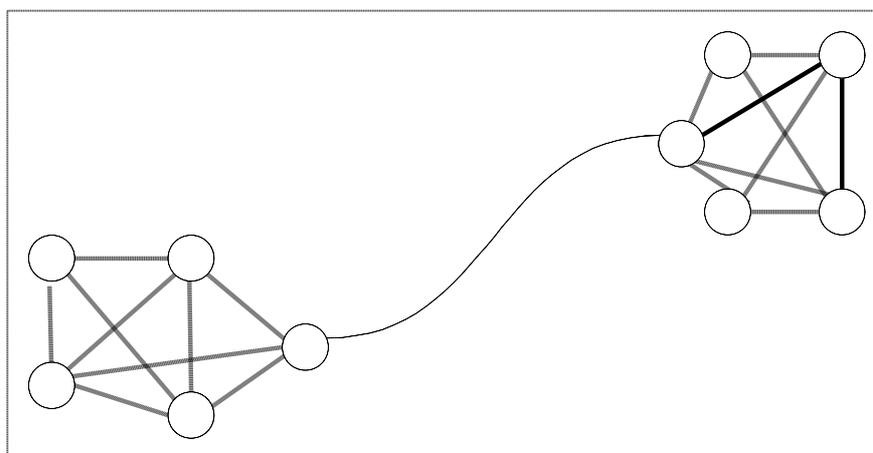
---

<sup>1</sup> Adaptación del apartado homónimo presente en Molina (2000).

<sup>2</sup> Ver la prolija discusión en SOcNET sobre este tema en <http://seneca.uab.es/antropologia/redes/redes.htm> [Consulta: 20-09-2000].

En primer lugar hay que tener en cuenta toda la literatura derivada de la teoría del capital humano de Gary Becker (1981), en la cual se aplican criterios utilitaristas a la explicación de conductas supuestamente altruistas e instituciones sociales tales como la familia y el matrimonio, conductas e instituciones hasta entonces consideradas “extraeconómicas”.

La segunda fuente hay que buscarla en el amplio eco despertado por la teoría de los lazos débiles y su aplicación a la obtención de oportunidades ocupacionales realizada por Granovetter en 1973<sup>3</sup>. La idea básica es que las personas tienen a su alrededor un núcleo fuerte de lazos que le proporcionan la información, los recursos y el soporte emocional que necesitan. Este núcleo fuerte está constituido por un número reducido de personas con las que se mantiene un contacto frecuente. Al lado de este núcleo existen una miríada de contactos con los cuales la relación es más débil y especializada. Son los “conocidos”, personas que no forman parte del núcleo fuerte pero sí de la red personal.



**Ilustración 1. La teoría de los lazos fuertes y débiles de Granovetter**

La hipótesis de los lazos débiles ha tenido una profunda influencia en el análisis de redes sociales. Sin embargo, la investigación posterior ha relativizado la

---

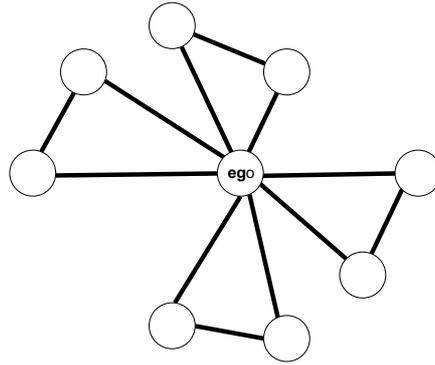
<sup>3</sup> A partir de aquí se han sucedido una gran cantidad de investigaciones en el tema. Cf.: Brajkovich, L.F., "Sources of social structure in a start-up organization: work networks, work activities, and job status" en *Social Networks*, vol. 16, No. 3, July 1994; Delany, John: "Social networks and efficient resource allocation: computer models of job vacancy allocation through contacts" en Wellman & Berkowitz(eds.): *Social Structures: A Network Approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 1988, pp. 430-451; Granovetter, M., *Getting a Job: A Study of Contacts and Careers*. Harvard University Press. Cambridge, 1974 ; Montgomery, James D., "Job search and network position: implications of the strength-of-weak-ties hypotesis" *American Sociological Review*, 57 (October), 1992, pp. 586-596.

hipótesis de Granovetter: solamente un porcentaje de los lazos débiles son susceptibles de representar ventajas ocupacionales y este hecho se produce preferentemente en clases de estatus elevado más que en clases bajas (Granovetter, 1982). Otro ejemplo lo constituye el primer acceso al mercado de trabajo, el cual es normalmente proporcionado por un lazo fuerte como el de las relaciones familiares (Requena, 1991). Una vez estas personas disponen de experiencia laboral, el número de sus contactos aumenta drásticamente (como hemos tenido oportunidad de ver anteriormente) y puede utilizar su capital social recién constituido, su red de contactos, para desarrollar su carrera profesional de forma independiente.

La tercera fuente de contribuciones a la temática del capital social viene dada por la aplicación del análisis de redes sociales al *networking* a partir del trabajo de Ronald Burt sobre los agujeros estructurales.

Burt abunda en la idea de capital social, como complementario del capital humano. Si el capital humano está constituido por el conjunto de habilidades y saberes adquiridos por la educación, experiencia y la formación continua, el capital social está constituido por las personas que nos conocen, que saben cómo somos y de lo que somos capaces. Dado que la vida es tiempo y las relaciones personales son porciones de vida compartidas en tiempo real con otras personas, el número de relaciones que se pueden crear y mantener a lo largo de una vida es limitado. Qué menos que intentar rentabilizar algo tan valioso.

La contribución específica de Burt es la idea que las redes personales se pueden gestionar, manipular, de forma que nuestra posición conecte grupos desconectados, lo cual nos confiere más poder e influencia, es decir, maximizar nuestra *betweenness*, nuestra capacidad de ser puentes en la red, de conectar grupos solamente a través de nosotros. La situación ideal sería la mostrada en la ilustración 2.



**Ilustración 2. La teoría de los agujeros estructurales de Burt<sup>4</sup>**

Desde este punto de vista, las redes de científicos podrían ser vistas como redes de individuos interesados en maximizar su agujeros estructurales, es decir, su capacidad de conectar o acceder a nodos no redundantes. Steve Borgatti (1997) ha propuesto una sencilla medida para calcular la redundancia de una red:  $2t/n$ , donde  $t$  es el número de lazos (excluidos los de ego) y  $n$  el número de nodos). Cuanto menor sea la redundancia mayor será el capital social, entendido como una maximización de los agujeros estructurales. En nuestro trabajo hemos incluido la redundancia en la familia de medidas manejadas.

### **3. PROCEDIMIENTO**

---

#### **3.1. POBLACIÓN**

Como hemos comentado anteriormente, la población objeto de este estudio es la comunidad científica de los matemáticos. La elección de esta comunidad frente a otras posibles ha estado determinada por dos factores.

En primer lugar, la comunidad de matemáticos presenta una clara diferencia respecto a otras, como por ejemplo la de los biólogos, en cuanto al número de personas que firman cada artículo. Aunque la productividad en cuanto a número de artículos publicados anualmente experimenta un incremento constante al igual que en otras disciplinas, se mantiene una pauta constante en cuanto al número de autores por artículo, puesto que en raras ocasiones un artículo es firmado por

más de tres autores (Lieberman y Wolf, 1998). Este bajo número de coautores por artículo supone una ventaja para un estudio exploratorio como el nuestro.

El segundo factor que nos ha llevado a escoger esta población ha sido la facilidad de acceso a las publicaciones de los matemáticos, recogida de una forma exhaustiva en la base de datos "MathScinet" de la "American Mathematical Society"

### 3.2. RED DE COAUTORÍAS

Para el estudio de la red de coautorías existen diferentes alternativas. La primera de ellas es el establecimiento de un listado de autores en un campo determinado de investigación, por ejemplo (el caso de Crane, 1972) los matemáticos que han publicado sobre conjuntos finitos o los sociólogos especializados en la difusión de las innovaciones en el medio rural. Una vez establecido ese listado (102 matemáticos y 221 sociólogos respectivamente) es posible construir una matriz cuadrada con las citas o las coautorías. En nuestro caso, al no partir de un área concreta de investigación y tomar como referencia la base de datos *MathsCinet* con un número demasiado elevado de registros, esta estrategia no ha sido posible.

Una segunda opción consiste en identificar un componente (un subgrafo completamente conectado) de esa red. Para ello una opción es aplicar la técnica de la **bola de nieve**. La mecánica es la siguiente:

1. Se constituyen a partir de una o más fuentes una lista inicial de personas, llamada *ola cero*, que pertenecen al colectivo en consideración. A estas personas se le pide que nombren a otras que conozcan y que compartan las mismas características.
2. Con las personas nombradas en la primera lista se constituye una segunda lista, llamada *primera ola*. Esta lista está constituida por personas nuevas y por personas que ya habían sido citadas en la ola cero. A todas o a una parte aleatoriamente escogida de las personas nuevas (si la lista es

---

<sup>4</sup> Ilustración basada en la ofrecida por Borgatti (1997).

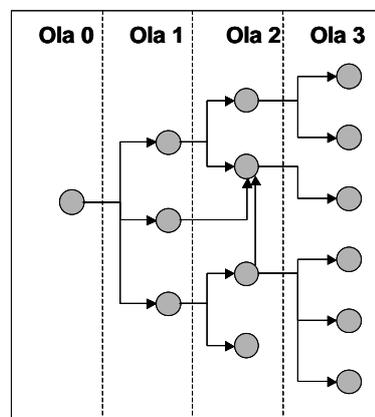
demasiado larga o los recursos escasos) se les vuelva a pedir que nombren personas del colectivo en cuestión.

3. A partir de aquí se puede repetir el método hasta que llegue un momento en el cual se sature la lista, es decir, que no aparezcan personas nuevas. Si la ola cero es suficientemente amplia y diversa y no se ha ocultado información de forma sistemática, habremos llegado a identificar el colectivo bajo investigación.

Una vez obtenida esa lista de personas es posible estudiar su tamaño y estructura.

Una tercera opción —la adoptada en este estudio— consiste en el establecimiento de la **red egocéntrica** de cada uno de los matemáticos en cuestión. Esta red, establecida a partir de tres oleadas de las coautorías de esos autores, permite aproximarse a la red de influencia de cada autor y estudiar si la estructura resultante tiene puntos de correspondencia con la realidad.

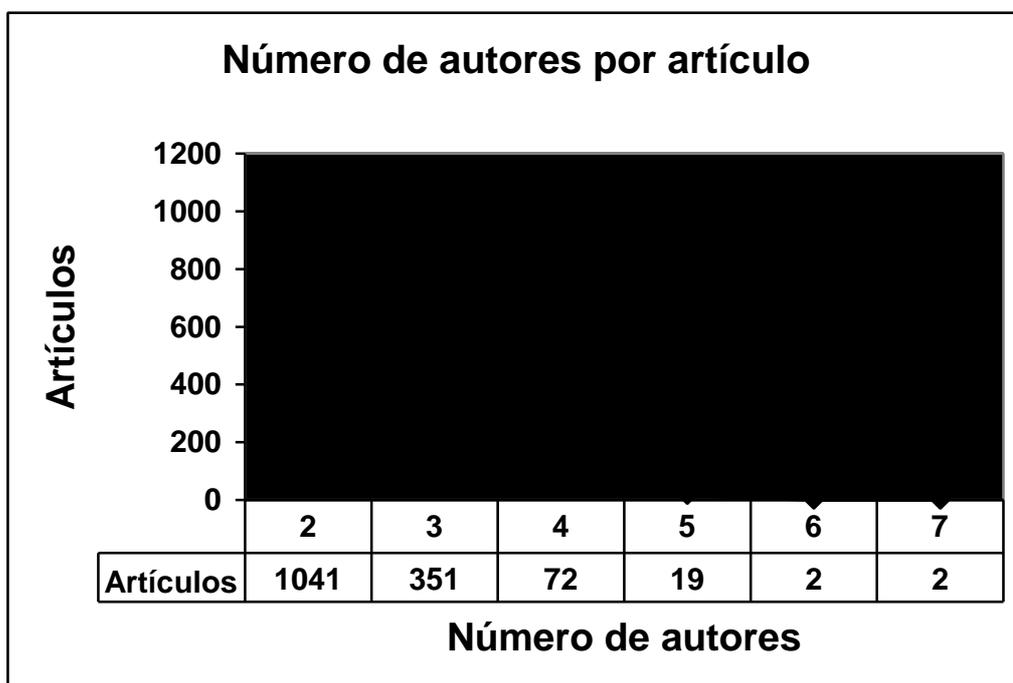
A partir de la base de datos MathScinet hemos recogido todos los artículos publicados en colaboración con otras personas por cada uno de los tres investigadores objeto de nuestro estudio, con lo que hemos obtenido, para cada uno de ellos, un listado inicial de coautores (ola 1). Cada uno de los autores de la ola 1 es sometido al mismo proceso, obteniéndose de esta forma un nuevo listado (ola 2), a partir del cual obtenemos el último listado de autores (ola 3).



El hecho de seleccionar como criterio de relación únicamente las coautorías de artículos, obedece a que son éstos los que habitualmente son utilizados en las investigaciones de cienciometría y al hecho de que en el caso del campo de las matemáticas el número de referencias a artículos de revista sobrepasa con creces el de referencias a otros tipos de publicaciones (77% en el caso de los artículos). Este porcentaje, aunque inferior al que se da en otras disciplinas (93% en química), es sensiblemente superior al de otras como la sociología, en el que

el número de referencias a artículos es entre 37% y 42% (Heinzkill, 1980, p. 357 —citado por Clemens y otros, 1995, p.440)

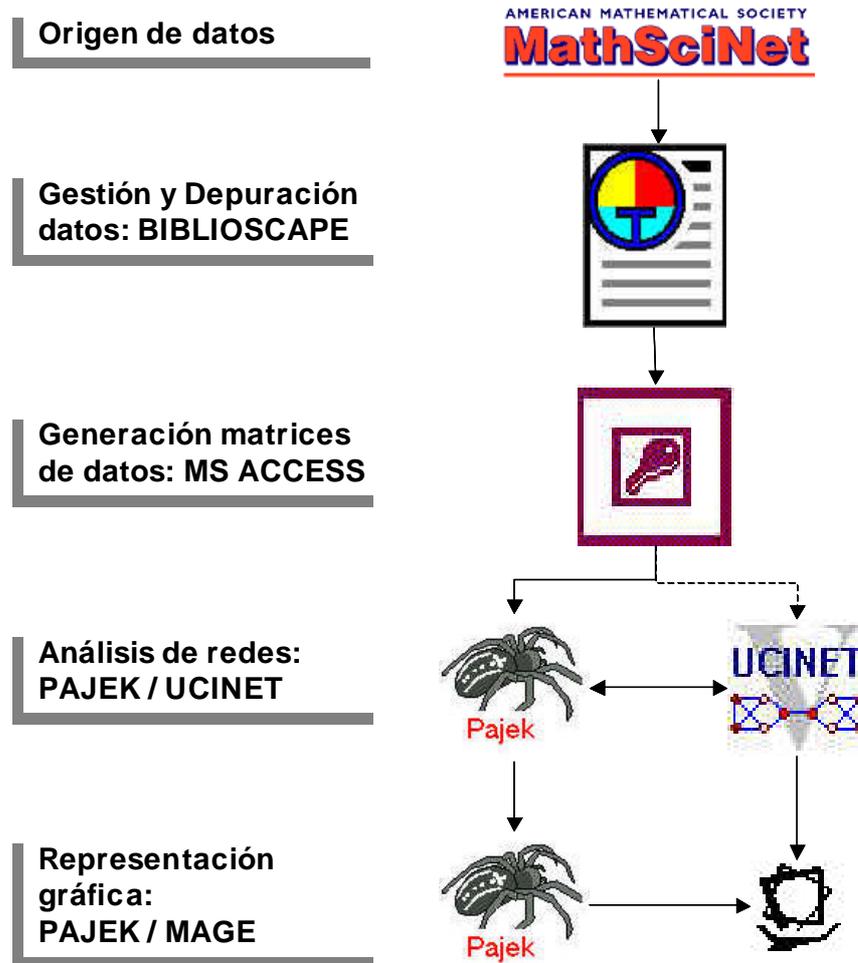
En el caso del autor que analizamos en este trabajo, este proceso nos ha llevado a obtener un listado de 909 autores diferentes que escriben un total de 1487 artículos. Como podemos ver en la ilustración siguiente, el número de autores por artículo sigue la pauta señalada anteriormente: el 93,6% de los artículos está firmado por un máximo de tres autores, siendo insignificante el número de artículos en los que aparecen más de cuatro firmas.



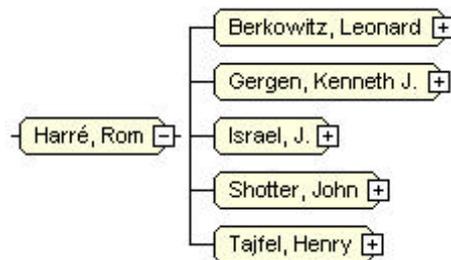
Evidentemente, este volumen de información es difícilmente manejable si queremos llegar a construir una matriz de datos relacional únicamente a partir de los listados en formato texto que pueden obtenerse con MathScinet. Efectivamente, a pesar de que el proceso de búsqueda de los artículos es relativamente sencillo, el resultado final de esta búsqueda puede ser un número inmanejable de ficheros de texto con los artículos de los diferentes autores, inmanejable sobre todo si tenemos en cuenta que a pesar de la fiabilidad de la base de datos, esos ficheros incluirán artículos duplicados (si el autor 1 publica un artículo con el autor 2, ése artículo aparecerá en la búsqueda que se realice para el autor 1 y en la que se realice para el autor 2). Esto nos lleva a la necesidad de

encontrar una forma de recuperar ese gran volumen de información de una forma que permita la creación semi-automática de la matriz de datos.

El proceso que hemos utilizado, y que creemos que supone la posibilidad real de realización de este tipo de análisis de copublicaciones, es el que hemos esquematizado en la figura siguiente.



1. Como hemos comentado, la fuente de datos es la base de referencias bibliográficas MathSciNet, sobre la cual se han realizado las búsquedas de los artículos de los diferentes autores. El resultado de cada una de las búsquedas es un fichero de texto con las referencias del autor correspondiente.



2. El tratamiento de esta información pasa por la posibilidad de que ésta sea 'digerida' por un programa específico de gestión de referencias bibliográficas. En nuestro caso, hemos optado por utilizar, entre otros posibles, el gestor de referencias bibliográficas Biblioscape<sup>5</sup>. Al igual que otros programas del estilo, Biblioscape permite la importación automática de registros bibliográficos de bases de datos como MathSciNet. Frente a otros programas, Biblioscape presenta la ventaja de que una de sus utilidades construye un árbol de coautorías, que aunque (actualmente) no es posible utilizar directamente como fichero de salida para los análisis estadísticos, permite, en el proceso de obtención de información desde MathSciNet, hacer un fácil seguimiento de los autores sobre los que debe realizarse la obtención de información. Así si, como vemos en la ilustración, queremos obtener la red de coautorías de Harré, no es necesario que analicemos cada uno de los artículos que hayamos recuperado para obtener la *ola 1* de sus coautores, puesto que Biblioscape hace ese trabajo por nosotros; una vez recuperada la información de las publicaciones de los autores de la *ola 1* podemos utilizar el mismo procedimiento para determinar qué autores deberán incluirse en la *ola 2*.
3. Una vez que disponemos de toda la información necesaria, y hemos depurado los datos (búsqueda y eliminación automática de referencias duplicadas y homogeneización de los nombres de autores), tenemos que convertir esta información a un formato legible por los programas de análisis estadístico de redes. Como hemos comentado, Biblioscape no permite actualmente generar automáticamente un fichero de salida con el

---

<sup>5</sup> versión 3.7, <http://www.biblioscape.com>

formato adecuado, pero presenta la ventaja de que almacena los datos en tablas *Paradox* que pueden ser 'leídas', y por lo tanto manipuladas por otros programas. En nuestro caso, hemos utilizado el programa de base de datos Microsoft Access para crear los procedimientos para manipular dichas tablas y generar los ficheros de salida necesarios, es decir, los ficheros con la información de los autores con el número de relaciones (en nuestro caso, con el número de ocasiones en que publican un artículo conjuntamente) entre cada uno de ellos.

4. La conversión de los ficheros se ha realizado para que pueda ser utilizada por los programas de análisis de redes PAJEK y UCINET, y tienen un formato del tipo que podemos ver

en el recuadro. En este ejemplo estamos indicando que tenemos un total de 50 autores (vértices o nodos en el lenguaje 'redes') a los que definimos como "Autor 1", "Autor 2", etc. Junto a los datos globales sobre las coautorías

```
*Vertices 50
1 "Autor 1" [1974, 1977, 1980-1982]
2 "Autor 2" [1975, 1977, 1979-1980]
...
50 "Autor 50" [1990-1994]
.*Edges
1      2      1      [1977]
1      2      3      [1980]
1      4      1      [1981]
...
47     50     2      [1991]
```

podemos incluir información sobre el año en que se producen, para ello, incluimos en la información de los diferentes autores los años en que tienen alguna publicación (independientemente de cuantas y con quienes); en el ejemplo, especificamos que el "Autor 1" ha publicado en los años 1974, 1977, 1980, 1981 y 1982. La siguiente información que aparece en el fichero, bajo la etiqueta "\*Edges" especifica el número de vínculos (copublicaciones) entre autores y los años en que se producen; así, por ejemplo, vemos que el "Autor 1" tiene, con el "Autor 2", una publicación en 1977 y 3 publicaciones en 1980; mientras que con el "Autor 4" tiene una publicación en 1981.

Este formato de fichero es el utilizado por el programa (gratuito) Pajek<sup>6</sup>, el cual puede, a su vez, exportar los datos para que sean legibles por Ucinet V<sup>7</sup>.

5. Aunque probablemente Ucinet V es el programa estándar para el análisis de redes, la utilización de Pajek como 'punto de partida' para el análisis radica en que presenta ciertas ventajas respecto a Ucinet, como por ejemplo la posibilidad de generar, a partir de la matriz de datos original, nuevas matrices basándose en los datos temporales que hemos visto en el ejemplo anterior. Esto permitiría, por ejemplo, analizar de forma específica diferentes momentos temporales de la red o incluso analizar la evolución temporal de la misma.

Otra ventaja tiene que ver con las posibilidades que ofrece Pajek por lo que respecta a la representación gráfica de la estructura de red, elemento casi fundamental en la interpretación de este tipo de datos

"According to most reviewers, visualization plays an important part in the development of almost every field of science (...) This is certainly true of social network analysis where, from the beginning, visual images —particularly those grounded in graph theory— have been central to its success." (Freeman, 1997, 1)

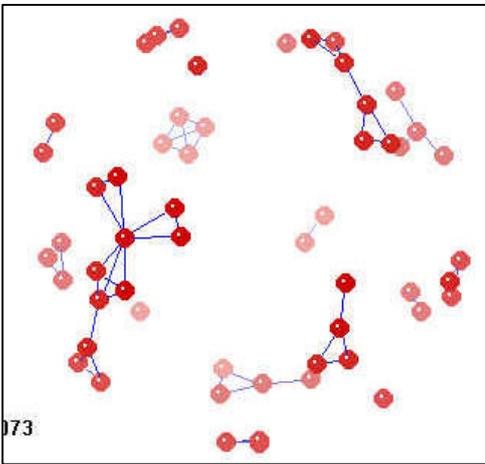
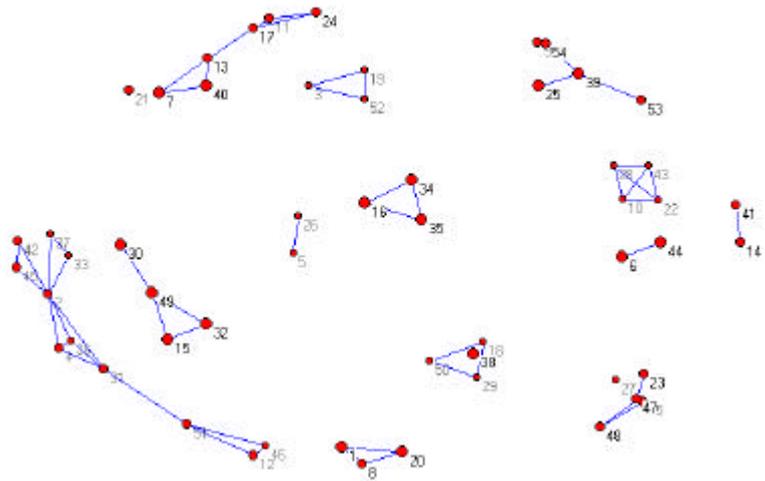
Igualmente, Pajek permite nuevamente exportar los datos a diferentes programas de representación gráfica como por ejemplo MAGE, programa diseñado originalmente para representar y manipular imágenes de estructuras de proteínas complejas y que permite de la misma forma representar estructuras de redes sociales<sup>8</sup>. O también utilizar el formato de 'realidad virtual' VRML que permitirá (desde un navegador internet) visualizar una imagen tridimensional por la que podremos 'desplazarnos'.

---

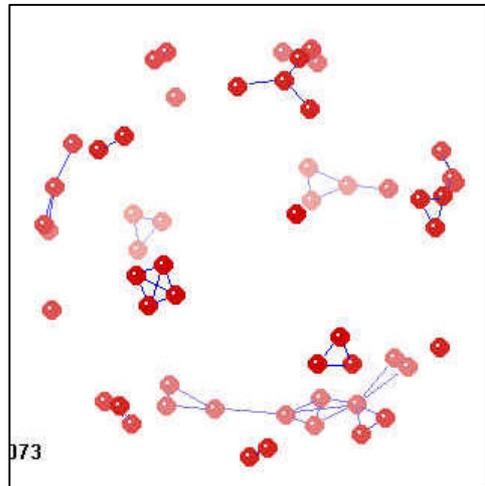
<sup>6</sup> Pajek 0.57, septiembre 2000, Vladimir Batagelj and Andrej Mrvar  
<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

<sup>7</sup> Aunque es posible generar directamente desde Access el formato de fichero legible por Ucinet V, el proceso es mucho más rápido utilizando este camino intermedio

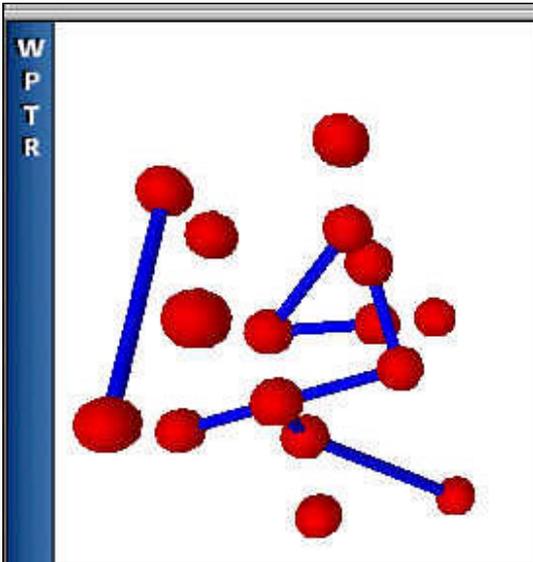
<sup>8</sup> MAGE también puede leer datos UCINET previamente transformados con la utilidad *uci2mage*



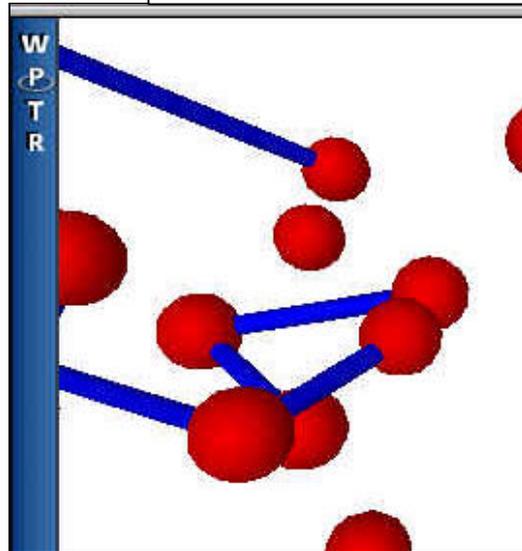
073



073



W  
P  
T  
R



W  
P  
T  
R

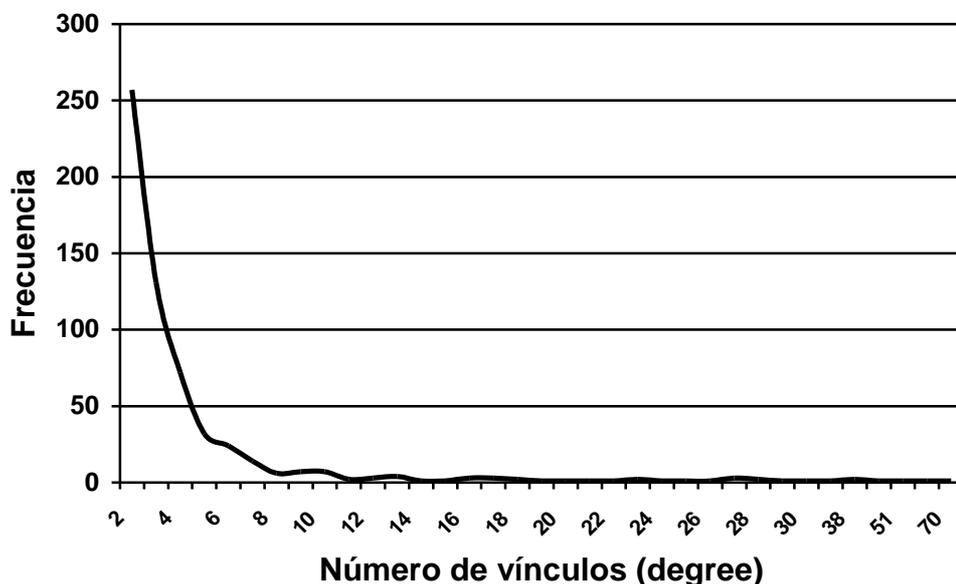
## 4. ANÁLISIS DE LA RED EGOCÉNTRICA DE UN MATEMÁTICO

---

Por lo que respecta al análisis de datos, dado que el objetivo es testar la pertinencia de la utilización de las coautorías como vínculo relacional que permita la identificación de una red científica, hemos realizado un análisis de la red de copublicaciones de uno de los matemáticos, que posteriormente hemos contrastado, durante una entrevista, con la percepción de su propia red por parte del matemático implicado.

De todas las medidas posibles se han seleccionado aquéllas que tengan más sentido desde el punto de vista del autor seleccionado, es decir, que puedan ser contrastadas con la percepción del autor sobre su red, junto con algunas de las medidas propuestas por Borgatti y Jones (1998) como índices de Capital Social

### 4.1. RED TOTAL A PARTIR DE UN MATEMÁTICO



Después de tres olas (0, 1,2 y 3) el número total de matemáticos identificados ha sido de 909. En la siguiente ilustración puede apreciarse cómo la mayoría de los

autores identificados está relacionada (por coautoría) con un máximo de tres autores.

El análisis de redes sociales procede a través de dos grandes grupos de estrategias para la identificación de estructuras en una red: las medidas de cohesión y las medidas de equivalencia. En el primer grupo se encuentran todas aquellas medidas que parten de los lazos que los actores tienen entre sí. El ejemplo más sencillo de ello sería un *clique* o grupo de nodos conectados entre sí. Este principio se puede relajar y admitir conexiones a todos los miembros menos un número dado, a todos los miembros a una determinada distancia, etc. El segundo grupo de medidas intenta hallar posiciones equivalentes, es decir, patrones similares de relaciones con el resto de nodos. El caso extremo lo constituirían dos actores que si intercambiasen su posición, no afectarían al resto de propiedades de la red.

En nuestro caso hemos seleccionado básicamente medidas de centralidad, teóricamente más intuitivas para los actores de la red, y dentro de ellas, aquellas que van de “abajo a arriba”, es decir partiendo de los actores en lugar de la red total. No obstante, se incluyen algunas medidas basadas en la equivalencia.

## 4.2. NIVEL INDIVIDUAL

Las medidas de centralidad son tres: *degree*, *closeness* y *betweenness*. El *degree*, o rango, señala en este caso el número de coautorías (los lazos directos de ego con otros nodos). *Closeness*<sup>9</sup>, o cercanía, mide la distancia de cada nodo con el resto. Esta distancia se mide sumando los geodésicos de cada nodo con el resto, es decir, sumando los caminos más cortos existentes. La cercanía tiene en cuenta, pues, no solamente los nodos con los que ego se encuentra directamente conectado, sino también la distancia con el resto de nodos. Por último la *betweenness*, o grado de intermediación, indica el número de veces que es necesario pasar por cada nodo para poder conectar otros dos. Esto se hace contando los geodésicos existentes en la red y, a continuación, contando las veces que aparece cada nodo en ellos. El grado de intermediación es una medida

---

<sup>9</sup> Para obtener las medidas de centralidad se ha reducido la matriz direccionada de 909x909 a una matriz de 284x284 seleccionando los matemáticos con 3 o más coautorías.

que enfatiza el poder de los nodos de conectar recursos de otro forma desconectados.

Una medida adicional es el *Poder de Bonacich*. Esta medida tiene en cuenta tanto la centralidad de un nodo como el grado de intermediación que este nodo tiene con los que está conectado. De esta forma se mide simultáneamente el rango y una forma de intermediación (WASSERMAN y FAUST: 1994: 206).

Esta medida modera la influencia de Matemático en la red en relación con las medidas de centralidad analizadas en el apartado anterior.

### **4.3. NIVEL GRUPAL**

En este nivel estudiaremos las siguientes medidas: *cliqué* y *n-cliqué*. Los cliqués constituyen un subgrafo completamente conectado, es decir, un subgrafo en el cual todos los nodos están conectados entre sí. En la medida n-cliqué se tienen en cuenta no solamente los lazos directos sino los que conectan con otros nodos a distancia 2 (normalmente). De esta forma se tienen en cuenta los lazos indirectos (“amigo de un amigo”). Por último, los k-plex permiten relajar un poco más el criterio de inclusión al permitir establecer grupos en los cuales los nodos puedan estar conectados con todos menos  $k$ . En este caso,  $k=2$ .

### **4.4. NIVEL DE RED**

A nivel de red se han encontrado las siguientes agrupaciones: componentes y grupos basados en CONCOR.

Los componentes son subgrafos completamente conectados, es decir, subgrafos en los que es posible encontrar un camino entre dos nodos. En este caso, al extraer la red a partir de la técnica bola de nieve es evidente que como mínimo existe un camino entre cualquiera de los nodos incluidos en la red. Sin embargo, al exigir que los componentes tengan 3 o más miembros ha sido posible identificar 3 subgrafos.

CONCOR es un procedimiento basado en la equivalencia de relaciones que actúa comparando cada vector de cada nodo, hallando la correlación entre ellos y reordenando la matriz en base a ese resultado. De esta forma, la matriz se

reordena poniendo juntos a los nodos con vectores más similares. En nuestro caso se ha analizado una red de 92x92 con los autores con más de 8 coautorías.

## 5. CONCLUSIONES

---

Una vez puesta a prueba la metodología hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1. El análisis se aproxima bastante a la realidad percibida por el Matemático analizado.
2. Los resultados de las medidas de centralidad, poder y redundancia se corresponden de una forma bastante aproximada con la percepción del Matemático, aunque éste se considera sobrevalorado en cada uno de estos índices. Esta sobrevaloración viene determinada por la técnica de recogida de datos, puesto que él ha sido el punto de partida para la construcción de la red. La inclusión, en el futuro, de datos de otras redes centralizadas podría obviar este problema.
3. Las aproximaciones basadas en la cohesión tienen sentido cosa que no ocurre con los resultados de las aproximaciones basada en la posición (CONCOR, por ejemplo). Esto último es razonable dado que las medidas basadas en la cohesión son directamente reconocibles pero no así las basadas en las posiciones.

Por ejemplo, en el caso de los cliques identificados, éstos correspondían directamente con grupos y etapas intelectuales bien definidas identificadas por el autor como *Grupo de Bratislava, Juventud, Seminario, Brasileños*

4. De la misma forma que Crane (1972) señala la necesidad de la inclusión de diferentes índices relacionales, a partir de la entrevista realizada con el matemático objeto de estudio, hemos podido constatar que si bien el índice utilizado es útil para la identificación de algunas de las características de la red, éste señala otros indicadores que también podrían ser utilizados. En concreto, en el caso de las matemáticas existe una alta conciencia de los "lazos familiares" definidos por la dirección de tesis (es habitual oír

expresiones del tipo "mi padre" o "mi abuelo" para referirse al propio director de tesis y al director de tesis de éste). No siempre la dirección de tesis tiene como resultado una publicación conjunta autor-director (por ejemplo, en el caso de nuestro matemático, éste no ha publicado ni con su "padre" ni con su "abuelo", aunque sí con alguno de sus "hermanos"), por lo que éste debería ser un índice a incluir en el futuro.

Igualmente, otro de los índices a incluir, por la importancia que tiene en actividad investigadora de los matemáticos, es la participación en los "seminarios", más o menos informales, organizados por los distintos departamentos; seminarios en los que participan los miembros de los departamentos y profesores invitados. Estos seminarios son expresión y fuente de contactos que pueden traducirse, aunque de nuevo no necesariamente, en publicaciones.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

- Becker, Gary (1981). *Tratado sobre la familia*. Madrid: Alianza Universidad, 1987.
- Borgatti, Stephen P. (1997). "Structural Holes: Unpacking Burt's Redundancy Measures", *Connections* 20(1):35-38
- Borgatti, Stephen P.; Jones, Candace (1998). "Network measures of social capital", *Connections*, 21(2): 15-36.
- Bourdieu, Pierre (1977). *Outline of a Theory of Practice*. New York: Cambridge University Press.
- Burt, Ronald S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Callon, Michel, Courtial, Jean-Pierre y Penan, Hervé (1993). *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón: Trea, 1995.
- Clemens, Elisabeth H.; Powell, Walter W.; McIlwaine, Kris y Okamoto, Diana (1995). "Careers in print: Books, journals and scholarly reputations". *American Journal of Sociology*. 101(2), 433:494.
- Coleman, J.S., Katz, E. y Menzel, H (1966). *Medical Innovation; a Diffusion Study*. Indianapolis: Bobs-Merrill.
- Crane, Diana (1972). *Invisible Colleges. Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*. Chicago: The Chicago University Press.

- Freeman, Linton C. (1997). *Visualizing social networks*. <<http://carnap.ss.uci.edu/vis.html>> [Consulta 6-11-97]
- Freeman, Linton C. (1998). Using molecular modeling software in social network analysis: A practicum. <<http://eclectic.ss.uci.edu/~lin/chem.html>> [Consulta: 7-1-98]
- Granovetter, Mark (1973). "The Strength of Weak Ties" *American Journal of Sociology* 78 (6), pp. 1360-1380
- Granovetter, Mark (1982). "The Strength of Weak Ties. A network Theory Revisited" en Marsden, Peter V. y Nan, Lin (eds.). *Social Structure and Network Analysis*. London: Sage, Págs. 105-130.
- Liberman, Sofía; Wolf, Kurt B. (1998). "Bonding number in scientific disciplines", *Social Networks*, 20, 239:246.
- Lin, Nan; y Cook, Karen (1998). *Social Networks And Social Capital - An International Conference - October 30, 1998*. Duke University. <<http://www.soc.duke.edu/~xioye/conference.html>> [Consulta: 20-09-2000]
- Molina, José Luis (2000). *El análisis de redes sociales. Aplicación al estudio de la cultura en las organizaciones*. Tesis doctoral. Barcelona: UAB.
- Mullins, Nicholas C. (1980). *Social networks among biological scientists*. New York: Arno Press.
- Requena Santos, Félix: *Redes sociales y mercado de trabajo. Elementos para una teoría del capital relacional*. Col. Monografías, Núm. 19. Centro de Investigaciones Sociológicas & Siglo XXI, Madrid, 1991.
- Valente, Thomas W. (1995). *Network Models of the Diffusion of Innovations*. Hampton Press.
- Valente, Thomas W. (1996). "Social network thresholds in the diffusion of innovations", *Social Networks* 18, 69-89.
- Wasserman, Stanley y Faust, Katherine (1994). *Social Network Analysis. Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.