

**Unidad de Políticas Comparadas (CSIC)**

Documento de Trabajo 03-07

# **Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes**

**Luis Sanz Menéndez**

Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

Unidad de Políticas Comparadas (UPC)

Grupo de Investigación sobre Políticas de Innovación, Tecnología, Formación y  
Educación (SPRITE)

Julio de 2003

## Análisis de Redes Sociales: o como representar las estructuras sociales subyacentes

Luis Sanz Menéndez

Unidad de Políticas Comparadas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
C/ Alfonso XII, 18, 28014 Madrid

corr-ele: lsanz@iesam.csic.es

Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE)  
© 2003 AACTE

### 1. Introducción

Los científicos sociales utilizan los conceptos y categorías asociados al análisis de redes para el estudio de asuntos variados; el análisis de redes es una aproximación intelectual amplia para identificar las estructuras sociales que emergen de las diversas formas de relación, pero también un conjunto específico de métodos y técnicas.

Desde hace décadas las tradiciones dominantes en las Ciencias Sociales han construido los modos de explicación científica, bien a partir de modelos causales, que generalmente se han aplicado a estructuras *macro* –sociales o económicas–, bien a partir de modelos intencionales que han servido para construir explicaciones de naturaleza *micro*, que se centraban en la conducta individual. El surgimiento en sociología y antropología social de enfoques que resaltaban la emergencia de estructuras macro-sociales a partir de las interacciones de los individuos ha respondido a la necesidad de conectar los diversos niveles de análisis. Ya en los años sesenta se consolidó el esfuerzo por aplicar la formalización matemática a intuiciones previamente expresadas con metáforas; desde entonces la teoría de grafos (Harary y Norman, 1953) se ha convertido en el sustrato formalizado para el desarrollo del análisis de redes (ver cuadro 1).

En definitiva, el "análisis de redes sociales" es un método, un conjunto de instrumentos para conectar el mundo de los actores (individuos, organizaciones, etc.) con las estructuras sociales emergentes que resultan de las relaciones que los actores establecen. Por tanto, el análisis de redes debe ser visto más como un

conjunto de técnicas con una perspectiva metodológica compartida que como un nuevo paradigma en las ciencias sociales.

### 2. El modelo subyacente

El análisis de redes sociales ARS (*social network analysis*)<sup>1</sup>, también denominado análisis estructural, se ha desarrollado como herramienta de medición y análisis de las estructuras sociales que emergen de las relaciones entre actores sociales diversos (individuos, organizaciones, naciones, etc.)<sup>2</sup>. El ARS es un conjunto de técnicas de análisis para el estudio formal de las relaciones entre actores y para analizar las estructuras sociales que surgen de la recurrencia de esas relaciones o de la ocurrencia de determinados eventos.

El análisis de redes comienza prestando atención especial al estudio de las estructuras sociales insistiendo, por tanto, menos en por qué la gente hace lo que hace y más en la comprensión de los condicionantes estructurales de sus acciones. La asunción básica del análisis de redes es que la explicación de los fenómenos sociales mejoraría analizando las relaciones entre actores. El análisis de redes sociales generalmente estudia la conducta de los individuos a nivel *micro*, los patrones de relaciones (la estructura de la red) a nivel *macro*, y las interacciones entre los dos niveles.

<sup>1</sup> Para una introducción al análisis de redes pueden utilizarse los manuales de Berkowitz (1982), Knoke y Kuklinski (1982), Scott (1991), o Wasserman y Faust (1994). En castellano existen algunos textos divulgativos, tales como Rodríguez (1995) o Molina (2001).

<sup>2</sup> Y, más recientemente, en el estudio de las formas organizativas (*Organization Studies*, 1998).

### Cuadro 1. La teoría de Grafos.

La teoría de grafos ha sido muy útil para el ARS porque: 1) tiene un vocabulario que puede ser utilizado para analizar muchas propiedades de las estructuras sociales; 2) nos ofrece las operaciones matemáticas por las cuales esas propiedades pueden analizarse y medirse; y 3) nos permite probar teoremas sobre los grafos y, por tanto, deducir y someter a test determinados enunciados.

Un grafo  $G$  consiste en dos conjuntos de información: un conjunto de nodos,  $N = \{n_1, n_2, \dots, n_g\}$  y un conjunto de líneas,  $L = \{l_1, l_2, \dots, l_L\}$  entre pares de nodos. En un grafo hay  $g$  nodos y  $L$  líneas. Un grafo se representanta como  $G(N, L)$ . Se dice que dos nodos son adyacentes si la línea  $l_k = (n_i, n_j)$  está incluida en el conjunto de líneas  $L$ .

Basado en Iacobucci, en Wasserman y Faust (1994), capítulo 4.

En el análisis de redes se describen y estudian las estructuras relacionales que surgen cuando diferentes organizaciones o individuos interaccionan, se comunican, coinciden, colaboran etc., a través de diversos procesos o acuerdos, que pueden ser bilaterales o multilaterales; de este modo la estructura que emerge de la interrelación se traduce en la existencia de una red social. Las redes sociales son, por tanto, conjuntos de relaciones sociales o interpersonales que ligan individuos u organizaciones en "grupos".

Como fruto de las "relaciones", directas e indirectas, entre actores (la interacción, la co-

municación, el intercambio, etc.), se pueden identificar estructuras relacionales a las que atribuir la emergencia de propiedades sistémicas; ésta estructuras emergentes nos pueden ayudar a comprender, y por tanto a predecir e incluso a gestionar mejor, los resultados de la acción humana.

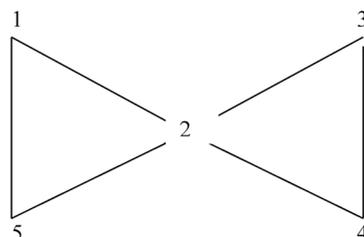
De modo general, el ARS pretende analizar las formas en que individuos u organizaciones se conectan o están vinculados, con el objetivo de determinar la estructura general de la red, sus grupos y la posición de los individuos u organizaciones singulares en la misma, de modo que se profundice en las estructuras

### Cuadro 2.- Matrices y grafos

El ARS se ha consolidado como técnica de análisis de las relaciones gracias a la utilización del álgebra matricial y de los grafos. Imaginemos que queremos analizar las relaciones de amistad entre un conjunto de 5 individuos, y que la existencia o no de esa relación la representamos con 1 y 0.

	1	2	3	4	5
1	-	1	0	0	1
2	1	-	1	1	1
3	0	1	-	1	0
4	0	1	1	-	0
5	1	1	0	0	-

Representemos ahora estas mismas relaciones de amistad por medio de un grafo o sociograma



Las dos formas de representación nos dicen lo mismo de la estructura de relaciones de amistad y nos permiten determinar, tanto las características de la estructura como la propiedades de la posición de cada amigo en la red. Existen formas más complejas de representación de los vínculos, cuando las líneas son dirigidas, por ejemplo pensemos en las relaciones de paternidad, donde la relación es "de padre a hijo" y cuando la relación tiene diversos valores, por ejemplo, la intensidad en la relación de amistad.

sociales que subyacen a los flujos de conocimiento o información, a los intercambios, o al poder (ver cuadro 2).

### 3. La estructura de las redes y la conducta individual: relaciones causales

Obviamente una idea fundamental que sustenta el ARS es que las interacciones entre individuos y organizaciones en la red social, además de reflejar los flujos de conocimiento y comunicación, podrían tener un impacto relevante en el comportamiento de los actores, así como resultados en las estructuras de poder identificables y en los procesos de aprendizaje.

El ARS analiza también cómo la estructura social de relaciones en torno a las personas, grupos, u organizaciones afecta a las creencias y a la conducta de los mismos. Las presiones causales son inherentes a la estructura social, siendo el análisis de redes un conjunto de métodos para detectar y medir la magnitud de esas presiones.

Aunque las aproximaciones más deterministas normalmente enfatizan que el análisis de redes permite el estudio de cómo la estructura de relaciones sociales alrededor de una persona, grupo u organización afecta a su conducta y actitudes, las acciones intencionalmente limitadas de los individuos también pueden afectar la estructura social. Las redes sociales son a la vez la causa y el resultado de las conductas de los individuos. Las redes sociales crean y limitan las oportunidades para la elección individual y de las organizaciones; al mismo tiempo los individuos y organizaciones inician, construyen, mantienen y rompen las relaciones y, a través de estas acciones,

determinan y transforman la estructura global de la red.

Los investigadores en este campo se interesaron por cómo las propiedades estructurales afectan la conducta más allá de las prescripciones normativas, los atributos personales y las relaciones diádicas (bilaterales). Por tanto, se concentran en estudiar cómo los patrones de lazos en las redes generan oportunidades significativas y restricciones que afectan el acceso de la gente y las instituciones a recursos tales como la información, la riqueza o el poder. Sin embargo, determinar qué estructura de red y qué posiciones crean grandes oportunidades o, por el contrario grandes restricciones, depende del valor instrumental de las relaciones de que se trate en cada estudio (ver cuadro 3).

Así pues, el análisis de redes trata los sistemas sociales como redes de dependencia que resultan de la diferente posesión de recursos escasos en los nodos y de la asignación estructurada de esos recursos a los vínculos.

### 4. Un poco de historia: La interacción, el intercambio y la comunicación como constructores de redes.

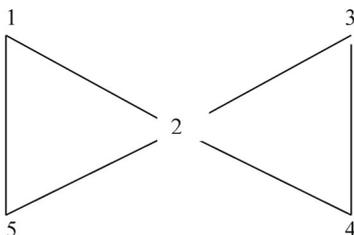
Tres grandes tradiciones de las ciencias sociales han convergido en el uso del ARS; el concepto antropológico de “red social”; la concepción sociológica de la estructura social como “red social”; y las explicaciones “estructurales” del proceso político.

Desde los primeros trabajos de Barnes (1954) o Bott (1957) intentando describir las estructuras sociales en términos de redes, enlazando con las tradiciones de la sociometría norteamericana, el concepto de red ha sido

#### Cuadro 3.- El “acceso a recursos” de los miembros de la red

Pensemos en la relación de amistad entre individuos que se representa en Cuadro 2. Imaginemos por un momento que el actor número 3 necesita un crédito hipotecario, y que 5, de quien no es amigo directamente, es el director de un banco.

La existencia de un amigo común, el actor 2, en el conjunto de esa red es sin duda un elemento que puede facilitar a 3 acercarse al actor 5.



familiar en las ciencias sociales. En sociología el tradicional concepto de estructura social se ha visto influenciado por el énfasis en los patrones de vinculación que afectan la conducta social (Simmel, 1908), por un interés desde la epidemiología a la teoría de la comunicación en los procesos de difusión de los recursos (Coleman *et al*, 1966; Rogers, 1979), así como por los desarrollos en la teoría del intercambio (Blau, 1964; Homans, 1961) y la preocupación sobre el poder basado en los recursos (Emerson, 1962; Cook y Whitmeyer, 1992); todo esto añadido a la presencia del razonamiento matemático en las ciencias sociales (White, 1965), ha concluido en un desarrollo sociométrico para medir cuantitativamente las propiedades de las redes (Freeman, 1979),

En el campo específico de la ciencia y la tecnología, el estudio sobre los *colegios invisibles* (Crane, 1972) fue uno de los primeros trabajos que utilizó la idea de las redes de comunicación entre científicos como forma de explicar el crecimiento del conocimiento científico; en este contexto las redes son mecanismos de comunicación, transmisión de información y aprendizaje, pero representan también estructuras de poder. Desde entonces, el fenómeno de las redes de colaboración se ha aplicado al estudio de la ciencia, la tecnología o la innovación desde diversas perspectivas<sup>1</sup>.

El ARS se ha aplicado en un número significativo de campos, desde “las organizaciones comunitarias sin ánimo de lucro” (Laumann *et al* 1978) hasta entre las empresas (Stokman *et al* 1985), pasando por la estructura de poder en la Florencia de los Medici (Padgett y Ansell, 1993). Pero la consolidación del análisis de redes ha venido precisamente de evidenciar los efectos que los diferentes patrones y estructuras de red tienen en el acceso de los miembros a los recursos (Granovetter 1973 y 1974). Así pues, el acceso a los recursos –del tipo que

sean– parece fuertemente asociado a la forma de las redes sociales.

Los investigadores españoles no han sido ajenos a la representación de las estructuras sociales utilizando ARS. Por ejemplo, recientemente, se han analizado: la estructura emergente de los consejos de administración de las empresas españolas (Aguilera, 1998), la estructura del poder en España (Rodríguez, 1999), los efectos estructurantes de la política de I+D sobre un campo de investigación (Sanz Menéndez, 2001), las estructuras emergentes, y sus propiedades para la difusión del conocimiento y la innovación, de la colaboración en la ejecución de proyectos de I+D (Sanz-Menéndez, Fernández y García, 1999) o las redes sociales que surgen de la coautoría de trabajos científicos (Molina, Muñoz y Losego, 2000)<sup>2</sup>.

La comunidad de investigadores que desarrollan modelos y métodos se ha consolidado actualmente en torno a algunas revistas, entre las que destaca *Social Networks* y *Connections*, la revista de la *International Network for Social Network Analysis*<sup>3</sup>. Por otro lado, el desarrollo de paquetes informáticos específicos<sup>4</sup> ha permitido la expansión de los trabajos, más allá de las herramientas tradicionales del análisis de conglomerados (clusters) y de escalado multidimensional (MDS), presentes en los paquetes estadísticos al uso.

## 5. Operativización, formalización y técnicas

Este énfasis en las propiedades estructurales de las redes informa el modo en el cual los investigadores plantean las preguntas, organizan la recolección de datos y desarrollan los métodos analíticos.

<sup>1</sup> Shrum y Mullin (1988) revisan los estudios intra e interorganizativos en “ciencia y tecnología” y DeBresson y Ames (1991) los trabajos sobre “las empresas innovadoras que trabajan conjuntamente”. Hagedoorn y Schakenraad (1992) aplican el análisis de redes a los tipos de acuerdos cooperativos entre empresas o Cabo (1997) al estudio de las redes de colaboración que surgen de proyectos conjuntos de investigación; también son abundantes los estudios de co-ocurrencia o co-citación en bibliometría y análisis de patentes (Leydesdorff, 1995).

<sup>2</sup> Por otro lado, en el mundo de habla hispana se ha constituido un foro (<http://www.redes-sociales.net/>) y una revista que recoge algunos trabajos, basados en el análisis de redes: (“<http://revista-redes.rediris.es/>”). Por otro lado, recientemente la revista *Política y Sociedad* (2000) ha publicado un monográfico sobre Redes Sociales.

<sup>3</sup> <http://www.sfu.ca/~insna/indexConnect.html>

<sup>4</sup> A principios de los años 90 competían tres paquetes en entorno MS DOS (GRADAP (Stokman y Sprenger, 1989), STRUCTURE (Burt, 1991) y UCINET (Bogartti, Everett y Freeman, 1999); con el paso de los años y la transición a Windows el programa más estándar en el análisis sociológico es UCINET.

La forma más directa de estudiar una estructura social es analizar los patrones de vínculos que ligan a sus miembros. El análisis de redes busca las estructuras profundas. La red es un constructo relacional, en el cual las descripciones se basan en los conceptos de vínculos (*ties*) que unen actores (*nodes*) que pueden ser personas, grupos, organizaciones o clusters de vínculos -así como de personas- en un sistema social.

El análisis estructural y de redes se fundamenta, empíricamente, en la creación y desarrollo de la matriz de relaciones y en la construcción del grafo. Cuando va a desarrollarse un análisis relacional, el material básico para el análisis es la construcción de la matriz que liga a los actores entre sí. Frente a la forma tradicional de las variables, los atributos, para llevar a cabo análisis de redes hay que transformar los datos disponibles a una forma relacional, que tiene normalmente la forma de matriz.

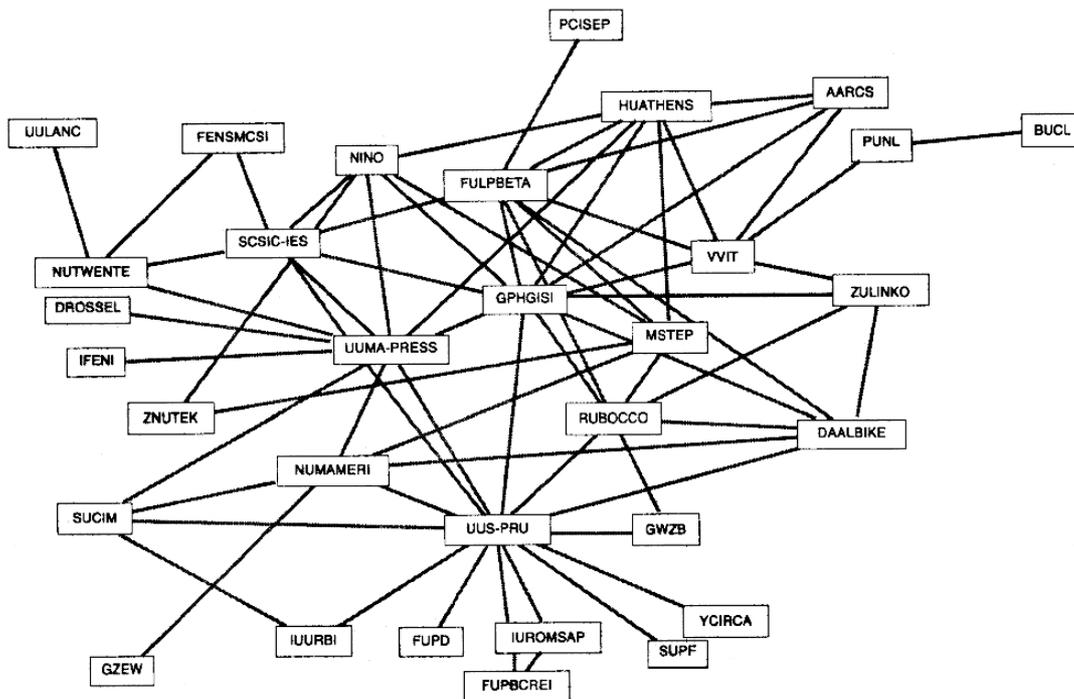
Los elementos básicos que definen una red son esencialmente dos: los actores que establecen las relaciones entre sí, y estas relaciones; los primeros son representados por puntos en la red o nodos y los segundos por líneas. Si los actores se describen como nodos y sus relaciones como líneas entre pares de nodos, el concepto de red social pasa de ser una metáfora a una herramienta operativa analítica que utiliza el lenguaje matemático de la teoría de grafos, de las matrices y del álgebra relacional (ver cuadro 4).

Se pueden construir múltiples tipos de redes, las más comunes se corresponden con redes de modo-uno, es decir aquellas en las que todos los actores pertenecen a un único conjunto; un caso particular de redes de modo-dos, son las denominadas redes de afiliación, caracterizadas por tener un único conjunto de actores y un conjunto de eventos. Como en el caso que se presenta a continuación en la

**Cuadro 4. Las propiedades de la red y la posición de los actores**

El grafo que se presenta es una construcción de la matriz de relaciones a partir de una red de afiliación (la participación en proyectos de I+D del programa TSER del IV Programa Marco de I+D). Aquí se presentan las relaciones que se establecen entre las instituciones de investigación europeas en el campo de las políticas de I+D, a partir de la co-participación en diversos proyectos conjuntos de investigación; para mejor visualizar la representación se estableció un nivel mínimo de dos participaciones en proyectos.

GRAFICO 1. RED DE ACTORES PRINCIPALES EN EL PROGRAMA TSER (ÁREA 1. OPCIONES DE POLÍTICA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA). NIVEL 2, PARA DESTACAR LAS RELACIONES



Fuente: Sanz Menéndez (2001)

revista –el análisis de los tribunales de oposición– se utiliza un tipo especial de matrices que representa las relaciones de los actores con determinados hechos y, a través de éstos, la relación entre los actores. A esta relación subordinada (no directa) se la denomina afiliación y a este tipo concreto de redes se conocen como redes de afiliación, redes de pertenencia o redes de implicación conjunta; la afiliación representa, por tanto, la asociación de un conjunto de actores con un conjunto de acontecimientos. En el estudio que sigue, el grafo de los tribunales es multigrafo dado que dos actores pueden estar unidos por diferentes líneas derivadas de su adscripción a diferentes tribunales. Así vemos que el análisis de redes sociales permite profundizar en el estudio de las estructuras sociales, de poder, que subyacen a la participación en los tribunales.

El ARS permite la representación formalizada de esas relaciones, a partir de algoritmos relativamente estandarizados. Tan importante es poder representar gráficamente la forma de la red de actores, esto es, la estructura social subyacente, como poder medir y establecer índices algébricos que representen sistemáticamente propiedades de la estructura, o las situaciones de determinados actores o grupos de ellos en el conjunto de la red, a partir de nodos y vínculos (puntos y líneas).

## 6. Algunas medias básicas

En el análisis de redes se han desarrollado un gran número de medidas para caracterizar y comparar las estructuras de las redes y las posiciones dentro de ellas. Dependiendo de qué determine la diferencia en la estructura de oportunidades, el análisis puede focalizarse en las diferencias de centralidad, en los *clusters* fuertemente conectados, en las posiciones que son estructuralmente equivalentes, o en posiciones únicas. Otras medidas permiten la comparación de las estructuras de red en conjunto, por ejemplo la investigación de su efectividad para el logro de metas. Adicionalmente, hay modelos estadísticos de red que pueden usarse para la estimación de parámetros o para testar los efectos de red de diversas estructuras de incentivos.

Pero ¿cuáles son los conceptos y herramientas más básicas que tenemos para estudiar las características generales de la red, la posición de las organizaciones y las características de sus relaciones?

Tradicionalmente se distinguen dos aspectos, los más simples, en el esfuerzo por medir la estructura y organización de las redes. En primer lugar, el análisis de la estructura general de la red y el nivel de integración que caracteriza a la misma, para lo que se identifican sus componentes y se analiza la densidad y la cohesión del conjunto de la red o de sus componentes. De la estructura general de la red de relaciones nos interesa especialmente el grado de integración o la cohesión que la misma manifiesta. Para el análisis de estas propiedades el ARS ha desarrollado un conjunto de categorías, procedimientos y algoritmos, que nos dan información sobre la estructura, tales como componentes, densidad, unipolaridad, integración y centralización. Estos indicadores sirven sobre todo para el análisis comparativo de la cohesión relativa de diversas redes (ver Apéndice).

Segundo, el estudio de la posición que cada uno de los actores ocupa en el conjunto de la red, lo que se hace habitualmente a través del análisis de la centralidad de los actores participantes en la misma. Interesa conocer la posición que cada uno de los actores alcanza en la estructura general. Este análisis general está más relacionado con el poder que con otra categoría sociológica y los algoritmos básicos que representan estas propiedades de la centralidad de los actores en la red son: grado, proximidad o cercanía y mediación.

Ambas medidas de una red, asociadas al estudio de la centralidad y cohesión, tienen en cuenta, en lo fundamental: el número de organizaciones ligadas, el grado de exclusividad de los lazos y la posición de las organizaciones en el conjunto.

El estudio que se publica a continuación de este artículo, aunque no ha formalizado las medidas estándar de la estructura de la red ni ha medido la centralidad de cada uno de los miembros del tribunal, ha permitido identificar un grupo de miembros de los tribunales que es especialmente cohesivo (*cliqué*) y que sin duda ha tenido una influencia decisiva en los resultados. Queda por determinar, en futuros trabajos, el impacto que esta estructura cerrada ha tenido en la selección de las personas, frente a otras estructuras, por definición más abiertas, como las que surgen en los tribunales de promoción a catedrático en las universidades.

## Referencias citadas

- AGUILERA, Ruth V. (1988), "Directorship Interlocks in Comparative Perspective: The Case of Spain", *European Sociological Review*, vol 14, n° 4, págs. 319-342.
- BARNES, J.A. (1954), "Class and committees in a Norwegian island parish", *Human Relations*, vol 7, págs. 39-58
- BERKOWITZ, S. D. (1982), *An Introduction to Structural Analysis*, Butterworths, Toronto.
- BLAU, Peter (1964) *Exchange and Power in Social Life*. Free Press, New York
- BORGATTI, Steve P., EVERETT, Martin y FREEMAN, Lin (1999), *UCINET 5 for Windows*. Analytic Technologies and the University of Greenwich,, Natick (MA),
- BOTT, Elisabeth (1957), *Family and Social Network*, Tavistock, Londres.
- BURT, R.S (1991), *STRUCTURE*, ver 4.2. Columbia University, New York
- CABO, Pépin, G. (1997), *The knowledge network. European subsidized research and development cooperation*, Labyrinth, Capelle.
- COLEMAN, James, KATZ, E. Y MENZEL, H. (1966) *Medical Innovation: A Diffusion Study*. Bobs-Merrill, Indianápolis.
- COOK, K. S. y Whitmeyer, J. M. (1992) "Two approaches to Social Structure: Exchange Theory and Network Análisis", *Annual Review of Sociology* vol 18, pp. 109-127
- CRANE, Diana (1972), *Invisible Colleges. Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*, The Chicago University Press, Chicago.
- DEBRESSON, Chris y AMESSE, Fernand (1991), "Networks of innovators", en *Research Policy*, vol. 20, n° 5, octubre, págs. 363-379.
- EMERSON, Richard M. (1962) "Power-dependence relations", *American Sociological Review* vol 27, n.1. Feb, pp. 31-41
- FREEMAN, C. (1991), "Networks of innovators: A synthesis of research issues", en *Research Policy*, vol. 20, n° 5, octubre, págs. 499-514.
- FREEMAN, L.C; BOGARTTI, S.P. y WHITE, D.R. (1991), "Centrality in valued graphs: A measure of betweenness based on network flow", en *Social Networks*, vol. 13, págs. 141-154.
- FREEMAN, Linton C. (1979), "Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification", en *Social Networks*, vol. 1, págs 215-239.
- GRANOVETTER, Mark (1974) *Getting a job*. Harvard University Press, Cambridge (Ma)
- GRANOVETTER, Mark. (1973), "The Strength of Weak Ties", *American Journal of Sociology*, vol. 78, págs. 1360-80.
- HAGEDOORN, John y SCHAKENRAAD, Jos (1992), "Leading companies and networks of strategic alliances in information technologies", en *Research Policy*, vol 21, págs. 163-190.
- HARARY, F. Y NORMAN, R (1953) *Graph Theory as a mathematical Model in the Social Sciences*. ISR: Ann Arbor
- HOMANS, George (1961) *Social behaviour: Its elementary forms*. Harcourt, New York
- KNOKE, David y KUKLINSKI, James H. (1982), *Network analysis*, Sage, Londres.
- KRACKHARDT, David; BLYTHE, Jim; y MCGRATH, Cethleen (1995), *Krackplot 3.0, User's Manual*, Analytic Technologies, Natick (Ma).
- LAUMANN, Edwards O., GALASKIEWICZ, Joseph y MARSDEN, Peter V. (1978), "Community Structure as interorganizational Linkages", en *Annual Review of Sociology*, vol. 4, págs. 455-484.
- LEYDESDORFF, Loet (1955), *The Challenge of Scientometrics. The development, measurement, and self-organization of scientific communications*, DSWO Press, Leiden.
- MOLINA, José Luis (2001) *El análisis de redes social: una introducción*. Editorial Bellaterra: Barcelona
- MOLINA, José Luis, Juan MUÑOZ y Philippe LOSEGO (2000) *Red y realidad: aproximación al análisis de las redes científicas*. Comunicación al VII Congreso Nacional de Psicología Social. Ovedo
- ORGANIZATION STUDIES (1998), *Special Issue on "The Organizational Texture of Inter-firm relations"*, vol 19, n° 4, 1998.
- PADGETT, J.F. y ANSELL, C.K. (1993), "Robust action and the rise of Medici, 1400-1434", en *American Journal of Sociology*, vol 98, págs. 1259-1319.
- POLÍTICA Y SOCIEDAD (2000) Monográfico sobre *Análisis de Redes Sociales*, n. 33, Enero-Mayo.
- RODRIGUEZ, Josep A. (1995), *Análisis estructural y de redes*, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid.
- ROGERS, Everett (1979) "Network Análisis of the Difusión of Innovations", Paul Holland y Samuel Leinhardt eds. *Perspectives on Social Network Research*, Academic Press, New York
- SANZ MENÉNDEZ, Luis (2001) "Indicadores relacionales y redes sociales en el estudio de los efectos de las políticas de ciencia y tecnología", en *Cuadernos de Indicios*, n° 1, Junio, p.79-95
- SANZ MENÉNDEZ, Luis; J. R. FERNÁNDEZ y C. E. GARCÍA (1999): "Centralidad y cohesión en las redes de colaboración empresarial en la I+D subsidiada". *Papeles de Economía Española*, n° 81, pp. 219-241.
- SCOTT, John (1991), *Social network analysis. A handbook*, Sage, Londres.
- SHRUM, W. y MULLINS, N. (1988), "Network analysis in the study of science and technology", en VAN RAAN, A.F.J., ed. (1988), *Handbook of quantitative studies of science and technology*, North-Holland, Elsevier, págs. 107-133.
- SIMMEL, Georg (1908) "Group Expansion and the development of Individuality" in Donald N. Levine, ed, 1971, *Georg Simmel on Individuality and Social Forms*. Chicago University Press, Chicago
- STOKMAN, F.N. y SPRENGER, C.J.A. (1989), *GRADAP. Graph Definition and Anaysis Package: User's Manual*, Iec ProGAMMA, Groningen.
- STOKMAN, F.N.; ZIEGLER, R. y SCOTT, J. (1985), *Networks of corporate power*, Polity, Cambridge.

- WASSERMAN, Stanley y FAUST, Katherine (1994), *Social network Analysis. Methods and Applications*, Cambridge University Press, Cambridge.
- WHITE, Harrison C. (1965) "Notes on the Constituents of Social Structure", Cambridge: Harvard University

## Apéndice

### *Las medición de las propiedades de la red y la posición de los actores*

A partir de lo que representa el grafo del cuadro 4 se pueden explorar las propiedades algebraicas de la red en conjunto y de las posiciones que ocupan los diversos centros en la misma. Por ejemplo,

### *Las medidas de la centralidad de los actores en la red.*

El *grado* se define como el número de otros actores a los cuales un actor está directamente unido o es adyacente. Esta medida de centralidad, la más sencilla, organiza a los actores por el número efectivo de sus relaciones directas en el conjunto de la red. Esta medida trata de la *centralidad local* de un actor con respecto a los actores cercanos, pero dice poco sobre la importancia del actor en la red completa, y es muy sensible a variables como el tamaño del *grafo* y, en el caso de redes de afiliación, al diverso número de participantes en cada evento, por no mencionar el peso del propio actor. El *grado normalizado* es la proporción de relaciones reales sobre el total de relaciones posibles.

El grado de un actor sería,

$$CD(n_i) = \sum_j x_{ij}$$

La centralidad vista como *proximidad* se refiere a la propiedad por la cual un actor puede tener relaciones con otros actores, pero a través de un pequeño número de pasos en la red. La medida de cercanía, así como su opuesta de lejanía, describe mejor esa *centralidad general* que se señalaba anteriormente. En este caso los actores son valorados por su distancia medida en pasos, por otros vértices o nodos, a todos los demás actores de la red. Son tanto más centrales cuanto mayor es el valor de su cercanía, esto es, menor es el número de pasos que a través de la red deben dar para relacionarse con el resto.

Dependiendo del contexto, la cercanía mide la independencia o autonomía respecto de los otros y puede servir, junto con la mediación,

para precisar o matizar la relevancia del valor del grado, ya que se refiere al punto en el que el actor está próximo a todos los demás.

El índice relativo de la centralidad-proximidad (Beauchamp) de un punto  $RC(i)$ , para el punto  $i$  es  $RC(i) = (n-1)/D_{i+}$ , donde  $D_{i+}$  es la suma de las distancias desde  $i$  a todos los demás puntos, que puede ser representado como la suma de las filas  $i$  de la matriz de distancias  $D$ ,

$$D_{i+} = \sum_{j=1}^n D_{ij}$$

De este modo el índice es mayor cuando aumenta la proximidad.

La centralidad vista como *mediación* se define como el nivel en que otros actores deben pasar a través de un actor focal para comunicarse con el resto de los actores. La mediación sintetiza, por su parte, el control que cada uno de los actores tiene de los flujos relacionales en el conjunto de la red. El valor de la mediación para un actor mide la proporción de las geodésicas, los caminos más cortos entre dos actores cualesquiera del *grafo*, que pasan por él como vértice. Suelen tener valores altos de mediación los actores más centrales de la red según su cercanía, o aquellos que vinculan subgrupos o *bloques* diferentes (y que son los *puntos de corte* entre ellos).

El valor de la centralidad-mediación se representa como:

$$C_B(K) = \frac{2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (g_{ij}(k) / g_{ij})}{n^2 - 3n + 2}$$

para todos los puntos no ordenados,  $i, j, k$ , donde  $i < j$ ,  $n$  es el número de nodos de la red y  $g_{ij}(k)$  es el número de geodésicas (caminos más cortos) entre  $i$  y  $j$ , que pasan por  $k$ . Por tanto si  $k$  está en el camino más corto del par  $(i, j)$ ,  $K$  tiene alta centralidad-mediación.

Según Freeman, Borgatti y White (1991) mediación se refiere al hecho de que unos actores están entre otros, en sus vías de comunicación; los actores centrales, desde este punto de vista, serían los intermediarios del acceso de otros a la información y el conocimiento. Una combinación de valores altos de mediación y cercanía sugiere actores muy importantes en el conjunto de la red.

En todo caso conviene, más allá de las definiciones operativas incluidas en la sección

tercera, tener en cuenta la interpretación de cada uno de los conceptos que se van a aplicar. Freeman (1979), revisando la literatura sobre centralidad, señaló que el concepto podía definirse y hacerse operativo al menos de tres formas: grado (*degree*), proximidad o cercanía (*closeness*) y mediación (*betweenness*): el *grado* representa el nivel de la actividad comunicativa (la capacidad de comunicar directamente con otros); la *proximidad* representa la independencia (la capacidad de llegar a muchos de los otros miembros de la red directamente, esto es sin apoyarse en intermedios), mientras que la *mediación* representa el control de la comunicación de otros y su capacidad de restringirla.

Se puede decir que los estudios experimentales de redes parecen coincidir en que el grado y la mediación están asociados al poder de distribución; sin embargo, no parece encontrarse esa asociación con la proximidad.

#### *Medidas generales de la estructura de la RED*

La medida más sencilla que uno puede imaginarse para establecer las relaciones entre puntos y líneas es la densidad del grafo, que representa el número de vínculos que se establecen entre los nodos con relación a un número máximo que pudiera establecerse si todos los actores estuvieran conectados directamente por una línea con todos los demás. La densidad es, por tanto:

$$den = 2L/n(n-1)$$

donde  $L$  es el número de líneas y  $n$  el número de nodos.

A continuación se presentan tres medidas de cohesión de la red. En primer lugar, la *unipolaridad*, que indica el valor del grado del actor más central en relación al máximo de centralidad posible que podría tener ese actor ( $n-1$ ). El valor de *unipolaridad*,  $U$ , se obtiene al dividir el valor bruto del grado del grafo,  $D$ , por el máximo grado posible, que sería el de un actor que tuviera relación con todos los demás.

$$U = D/(n-1)$$

donde  $n$  es el número de actores, y  $D$  el mayor grado de un actor del grafo. Así pues, si un actor juega un papel decisivo en las conexiones con los otros y lo hace directamente, la unipolaridad aumenta, representando,

por tanto, el mayor *grado* efectivo de entre los actores de la red.

La segunda medida es la de *integración* del grafo y corresponde a la suma del *grado* de todos los actores de un *grafo*. De modo estándar sería la razón entre suma efectiva de los grados de todos y cada uno de los actores (la suma de las líneas por las que cada uno está unido con el resto de los actores) y el valor máximo de la suma de los grados posibles.

El valor de *Integración* se obtiene como proporción entre la suma del *grado* de todos los actores de un grafo, y la suma si todos los actores tuvieran el mayor posible:

$$I = \sum d/[n \cdot (n-1)]$$

donde  $d$  es el grado de cada actor y  $n$  el número de actores del grafo.

Por último, la centralización es la suma de las diferencias del grado de todos los puntos con el valor de unipolaridad. El procedimiento estándar para medir la centralización del grafo incluye las diferencias entre la medida de centralidad del punto o actor más central y las de los demás puntos, siendo el resultado un valor que se utiliza como una medida de dispersión en la red. La centralización estandarizada será la razón entre la suma de hecho de las diferencias y la máxima suma de las diferencias posible.

El valor de la *centralización* es la proporción entre la suma de las diferencias del *grado* de todos los puntos ( $d$ ) con el valor bruto de *Unipolaridad* (mayor grado del grafo,  $D$ ), y la suma de los *grados* de todos los actores si el de uno de ellos fuera el máximo posible ( $n-1$ ) y el de los demás el mínimo (1):

$$C = \sum (D-d)/[(n-1)(n-2)]$$

donde  $d$  es el grado de cada actor,  $D$  es el grado máximo de un actor del grafo, y  $n$  es el total de actores.

Los valores de la medida oscilarán entre 0 y 1, siendo 1 el valor para el grafo más centralizado, caracterizado porque un único actor  $n_i$  ocupa el centro y está conectado con todos los demás, mientras que entre estos no hay ninguna conexión, salvo con el citado actor  $n_i$