

VI Jornadas de Sociología de la UNLP. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Sociología, La Plata, 2010.

Análisis de la composición y dinámica de grupos de investigación en perspectiva comparada input-ouput. Estudio de caso en Bibliotecología y Ciencia de la información.

Miguel, Sandra, González, Claudia y Chinchilla-Rodriguez, Zaida.

Cita:

Miguel, Sandra, González, Claudia y Chinchilla-Rodriguez, Zaida (2010). *Análisis de la composición y dinámica de grupos de investigación en perspectiva comparada input-ouput. Estudio de caso en Bibliotecología y Ciencia de la información. VI Jornadas de Sociología de la UNLP. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Sociología, La Plata.*

Dirección estable: <https://www.aacademica.org/000-027/583>

ARK: <https://n2t.net/ark:/13683/eORb/PzY>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons.
Para ver una copia de esta licencia, visite
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar>.

Acta Académica es un proyecto académico sin fines de lucro enmarcado en la iniciativa de acceso abierto. Acta Académica fue creado para facilitar a investigadores de todo el mundo el compartir su producción académica. Para crear un perfil gratuitamente o acceder a otros trabajos visite: <https://www.aacademica.org>.

VI Jornadas de Sociología de la UNLP
“Debates y perspectivas sobre Argentina y América Latina en el marco del Bicentenario.
Reflexiones desde las Ciencias Sociales”
La Plata, 9 y 10 de diciembre de 2010

Mesa 32: Homo Academicus. Desafíos actuales de la Universidad

Análisis de la composición y dinámica de grupos de investigación en perspectiva comparada input-ouput. Estudio de caso en Bibliotecología y Ciencia de la Información

Sandra Miguel ^(1,2) (sandra@fcnym.unlp.edu.ar) ; **Zaida Chinchilla-Rodríguez** ⁽²⁾ (zaida.chinchilla@cchs.csic.es) ; **Claudia González** ^(1,3) (claudiag@ciop.unlp.edu.ar)

(1) Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Cs. De la Educación. Departamento de Bibliotecología. Grupo SCImago, Argentina.

(2) Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Instituto de Políticas y Bienes Públicos. Grupo SCImago. C/ Albasanz, 26-28. Madrid, España.

(3) Centro de Investigaciones Ópticas. CONICET La Plata – CIC, Argentina.

Resumen

El presente trabajo es una contribución al estudio de la composición y dinámica de los grupos de investigación en el ámbito universitario. El enfoque novedoso que plantea es una estrategia de demarcación y análisis de grupos en perspectiva comparada entre los proyectos (inputs) y las coautorías (outputs). Combina técnicas bibliométricas y de análisis de redes sociales aplicadas a un estudio de caso: el Departamento de Bibliotecología de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, en el periodo 2000-2009.

1. Introducción

Una de las características que define la evolución en los modos de producción de conocimiento es la transición desde las investigaciones realizadas individualmente, a las basadas en los grupos de investigación y en las redes de colaboración (Gibbons, et. al., 1997). De hecho, la colaboración en ciencia es la norma y una de las consecuencias de la profesionalización de la actividad científica (Beaver, 1978). Es un signo de madurez y eficiencia de las ramas del saber, demostrativa de un adecuado nivel de infraestructuras y de la capacidad de coordinación de múltiples actores (Sonnenwald, 2007).

A nivel social, este fenómeno ha dado lugar a una importante revalorización del rol de los recursos humanos y de los vínculos que se establecen entre ellos, porque constituyen la base del capital científico social de las instituciones y de los países. Esta noción de capital supone algo más que todos los conocimientos y habilidades que tengan los investigadores individualmente (know how); y que determinan sus capacidades para generar y diseminar

productos de conocimiento. Involucra también los nexos sociales y las redes de colaboración que se forman entre ellos (Bozeman, 2005); a tal punto que algunos autores sostienen que la producción de conocimiento y las redes sociales están altamente correlacionadas (Hildreth y Kimble, 2004).

A nivel político, los gobiernos y las agencias de financiación han hecho explícita la necesidad de fomentar la evaluación de las actividades científicas y la colaboración en todos los niveles y sectores productivos. Junto a los instrumentos tradicionales de apoyo a la investigación (básicamente la financiación competitiva de proyectos de I+D), se han desarrollado políticas y programas que promueven la movilidad y las asociaciones duraderas entre los actores como medio para incrementar la excelencia científica, la visibilidad y reputación internacional de los países y la difusión e intercambio de conocimiento e innovación (Chinchilla, et. al., 2008). En la literatura existen muchos estudios sobre la colaboración científica a nivel macro, los análisis de coautoría a nivel micro no son muy comunes, debido quizá a la complejidad en la recuperación y normalización de los datos (Newman, 2004). Sin embargo cada vez son más pertinentes porque éstos constituyen la mínima unidad de funcionamiento que demarca la estructura y dinámica del proceso investigador que se lleva a cabo en las instituciones (Zulueta, et. al., 1999). Este conocimiento se presupone útil para orientar la planificación y toma de decisiones en la asignación de recursos e incentivos, optimizar el uso de infraestructuras disponibles, favorecer la integración de investigadores a grupos ya formados y potenciar de este modo las capacidades individuales de los científicos y de las instituciones donde trabajan.

2. Definición de grupos de investigación e hipótesis de trabajo

Uno de los problemas que plantea el análisis de grupos de investigación radica en la determinación de criterios para su demarcación. Cohen (1991), Zulueta y otros (1999) y Perianes-Rodríguez, et al (2010) han mostrado que no existe aún un criterio consensuado en torno a esta cuestión. Algunos autores consideran como miembros de un grupo a los investigadores pertenecientes a un mismo departamento o centro de investigación; otros, a los participantes de los proyectos de investigación; otros, a los coautores de las publicaciones científicas. Aunque algunos trabajos estudiaron las redes de colaboración desde la perspectiva de programas y proyectos (Cabo, 1997), la mayor parte de los estudios delimitan los grupos a partir del análisis de las coautorías (Newman, 2001; Barabási, et. al., 2001; Sanz Casado, et. al., 2004; Gaete Fiscella y Vázquez, 2008; Herrero Solana y Moya Anegón, 2009; Perianes-Rodríguez, 2007).

Frecuentemente se ha utilizado el término de equipo como sinónimo de grupo de investigación (Nederhof y Van Raan, 1993) aunque algunos autores han introducido una distinción entre ambos términos (Etzkowitz, 1992). En este trabajo no vamos a entrar en tal discusión puesto que hacemos referencia solamente a grupos de investigación. En cualquier caso, la identificación y delimitación de los grupos deberá estar en concordancia con su propia definición. Si partimos de la concepción de grupo de investigación como un colectivo de científicos que colaboran en el planteamiento y desarrollo de una línea de investigación, compartiendo recursos materiales y económicos (Zulueta, et. al., 1999), el criterio para su demarcación podría estar dado por la participación conjunta de investigadores en los proyectos. Ahora bien, si el grupo es definido en términos de sus publicaciones firmadas en colaboración (Perianes-Rodríguez, et. al., 2010), entonces las coautorías constituyen el mejor criterio para su delimitación. Si por grupo de investigación entendemos el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producen unos resultados de conocimiento sobre el tema en cuestión (COLCIENCIAS, 2006), su identificación y análisis reviste mayor complejidad aún y debiera realizarse al menos desde dos dimensiones que se corresponden con dos momentos claves del proceso investigador: el input (representado por los proyectos de investigación) y el output (determinado por las coautorías de las publicaciones científicas).

La importancia que el tema reviste no es menor para los gestores de política científica, porque si partimos de la premisa de que un grupo existe siempre y cuando demuestre producción de resultados tangibles y verificables [output], fruto de proyectos y de otras actividades de investigación convenientemente expresadas en un plan debidamente formalizado [input], el conocimiento de los outputs de un grupo podría ser de gran utilidad a la hora de tomar decisiones sobre la acreditación y financiación de nuevos inputs (Van den Besselaar y Leydesdorff, 2009).

Cohen (1991) ha sido uno de los primeros en manifestar la necesidad de realizar estudios combinando ambas perspectivas de análisis. Aunque el foco de su trabajo fue la relación entre la productividad científica y el tamaño y la edad de los grupos. En su definición de grupos output señala dos aspectos que merecen ser comentados. Por un lado advierte que se pueda dar una imagen incompleta de los resultados de investigación si se consideran sólo las publicaciones indizadas en bases de datos internacionales. Por esa razón, en este estudio se utilizará el currículum vitae como fuente de información. El segundo aspecto se refiere a que los grupos del output no necesariamente tienen que pertenecer a la misma institución,

concepción que conlleva una visión de grupo de investigación que se proyecta más allá de los límites institucionales que demarcan a sus miembros.

Nuestra hipótesis es que la pertenencia a distintas instituciones es un reflejo de la publicación en colaboración y es cada vez más demandada para la concesión de proyectos. Las señales enviadas a los investigadores desde los gobiernos y los organismos de financiamiento son cada vez más explícitas: la inversión en investigación pasa por la colaboración y la asociación para la obtención de fondos que aseguren la consecución de trabajos de calidad y ahorren costes compartiendo equipos y competencias (Perianes-Rodríguez et al, 2009). Este trabajo parte de la idea de que el diseño de la estructura de los grupos sigue una estrategia basada en aunar esfuerzos para el logro de objetivos comunes que puede surgir de varias formas. Entre las que se encuentran la movilidad de investigadores que establecen un contacto casual para un proyecto o por una estancia y se puede convertir en permanente a lo largo del tiempo; por la asistencia a congresos y otros eventos en los que puedan surgir ideas y líneas de investigación conjuntas, etc. El fruto de esta colaboración finalmente queda reflejado en la suma de currícula influyentes necesarios para la concesión de proyectos, más allá de la procedencia institucional o geográfica, primando de esta manera la excelencia científica. Luego, en el output sería esperable encontrar relaciones de colaboración similares a las del input. Por tanto nos planteamos el estudio de la relación entre las estructuras definidas por la conformación de grupos input, en este caso, los integrantes de proyectos de investigación, y las coautorías de las publicaciones desde una perspectiva comparada input-output.

3. Objetivo

Siguiendo las recomendaciones de Cohen, el objetivo es analizar y describir la composición y dinámica de grupos de investigación en perspectiva comparada input – output, es decir, entre las relaciones establecidas por la participación conjunta de los investigadores en proyectos de investigación y las coautorías de las publicaciones científicas. El análisis pretende dar luz sobre las preguntas: ¿Existe una estrategia para el diseño de los grupos?, ¿La definición de grupos input atiende a una determinada estructura institucional? O se advierte una apertura a lo largo de los años en términos de colaboración extramural? ¿Existe relación entre la composición de los grupos input y los grupos output? Si es así, ¿cuál es el rol de los actores en los dos momentos del proceso de investigación? Se propone como estudio el caso del Departamento de Bibliotecología de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, en el periodo 2000-2009.

4. Material y métodos

La coautoría es una de las formas más evidentes y mejor documentadas de la colaboración científica y prácticamente, cualquiera de sus aspectos puede ser estudiado mediante el análisis de redes basado en métodos bibliométricos (Glänzel, 2004). Si bien desde la bibliometría se vienen estudiando desde hace tiempo los patrones y tendencias de la colaboración científica (Sonnenwald, 2007), es a partir de la incorporación de técnicas de análisis de redes sociales (ARS) que ha sido posible ahondar en la delimitación, análisis de la composición y dinámica de grupos, en un intento por reflejar mejor el carácter social de la ciencia. La teoría de grafos constituye un importante sustento teórico y metodológico del ARS, porque tiene un vocabulario que puede ser utilizado para analizar muchas propiedades de las estructuras sociales (Izquierdo y Hanneman, 2006), y porque los grafos facilitan la visualización de las redes, ayudando a revelar los flujos de comunicación científica que se dan entre los investigadores y los grupos de investigación (Hu y Racherla, 2008). La diferencia principal entre las explicaciones aportadas por el análisis de redes sociales y los análisis bibliométricos convencionales, es la inclusión de conceptos e información acerca de las relaciones entre unidades y el estudio de las estructuras. Este trabajo combina técnicas de ambos métodos. Los resultados obtenidos se contrastan con la opinión de expertos para determinar su validez y significación.

Fuente de datos

Las unidades de análisis originales fueron los 25 docentes investigadores de la actual planta académica del Departamento de Bibliotecología (DHUBI) de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Posteriormente se incluyeron investigadores con los que éstos se relacionaron tanto en los proyectos como en las publicaciones del período 2000-2009. La fuente de datos son los currícula vitae (CV). La elección de esta fuente está justificada en la medida en la que se representa tanto la trayectoria académica de los investigadores como el historial de su actividad científica, siendo a la vez documentos de presentación obligada a la hora de solicitar financiación para nuevos proyectos de investigación o de informar sus resultados (Cañibano y Bozeman, 2009).

Depuración y normalización de los datos

A pesar de las iniciativas en marcha en el contexto argentino para la creación y normalización de CV (Onofrio, 2009), la falta de consistencia de los datos en algunos casos, y en otros, la información incompleta hace necesario un control de calidad de la información. En nuestro caso, no todos los investigadores incluyeron en el detalle de su CV a la totalidad de los participantes de los proyectos, así que fue necesario consultar los registros institucionales de

proyectos de investigación para completar los datos. Asimismo, fue preciso normalizar las formas de entrada de los nombres de los investigadores, tanto de los proyectos como de las publicaciones.

Una vez depurados y normalizados los datos, a cada uno de los participantes/autores (actores) se asoció un número que luego fue utilizado como identificador de cada actor en la red, un código identificador del proyecto o de la publicación en la que tuvieran mención, añadiendo datos sobre procedencia institucional, área temática y categoría profesional. Para ello se crearon seis categorías excluyentes: a) docentes investigadores de DHUBI (docinv DHUBI); b) alumno o graduado DHUBI; c) investigadores de BCI de otras instituciones del país (BCI AR); d- investigadores de BCI de instituciones del extranjero (BCI EX); e) investigadores de otras disciplinas de instituciones argentinas (otra disciplina AR), y f) investigadores de otras disciplinas de instituciones extranjeras (otra disciplina EX). Estas categorías se utilizarán en el análisis de la composición de las redes para detectar categoría profesional (a y b), colaboración intrainstitucional (a y b), colaboración nacional e internacional (c y d) e interdisciplinariedad (e y f). En total se analizaron 17 proyectos y 146 publicaciones (52 artículos de revistas y 94 ponencias) con un índice de coautoría promedio de 2,4 y un 60% de trabajos en colaboración

Generación de matrices

A partir de un programa de gestión de bases de datos se calcularon las frecuencias de co-participación y coautoría. Con estos datos se generaron las redes del input y del output para tres segmentos temporales parciales (2000-2002, 2003-2005 y 2006-2008 para el input; 2001-2003; 2004-2006 y 2007-2009 para el output). La ventana temporal del output se define en base a dos criterios: 1- un año posterior a la iniciación del proyecto ya que es poco probable obtener publicaciones en el primer año, y 2- un año más después de finalizado el proyecto considerando la demora de la editoriales.

Análisis estructural y cálculo de indicadores

Pese a las dificultades que conlleva la demarcación de grupos de investigación (Rey, et. al., 2008) por el carácter funcional y dinámico que los caracteriza, no debemos obviar que son fruto de un incremento de relaciones entre investigadores y que presentan particularidades tanto estructurales como funcionales que ayudan a su delimitación, ya sea en base a la cohesión, la estabilidad o la sinergia. Se pueden utilizar diversos indicadores de red como mecanismo para la demarcación de grupos. El análisis de *k-cores* o *k-pkexes* permite definir subgrupos cohesivos a partir del grado nodal o número de relaciones de cada uno de los nodos. Los *n-cliques*, *n-clans* o *n-clubs*, en base a la cercanía (closeness) o distancias

geodésicas, mientras que los *LS sets* y *Lambda sets*, tienen en cuenta la frecuencia de vínculos entre los miembros del subgrupo con relación a los vínculos establecidos con los nodos externos (Wasserman y Faust, 1994). Mediante el grado de intermediación (*betweenness*), el algoritmo *Girvan-Newman* (Girvan y Newman, 2002), permite detectar aquellos nodos que sirven de puente entre unos grupos y otros. El uso de la modelización de bloques (*Blockmodeling*) conlleva a una reagrupación de la red teniendo en cuenta la similitud o disimilitud de los vértices en relación a sus conductas basadas en las relaciones. Así, el *Análisis Factorial*, se ha apoyado en la tendencia de los nodos a relacionarse con los miembros de un mismo grupo (Perianes-Rodríguez, A. et.al., 2010). En este caso se estudiaron las propiedades estructurales de las redes a partir de indicadores de cohesión como la densidad, el grado promedio, la centralización y el análisis de componentes. Además, se realizó un análisis de *cliqués* basándonos en el criterio de reciprocidad y en la adyacencia de los nodos. Consideramos un cliqué como el subgrupo más completo, en el que todos los nodos son adyacentes. Nos hemos decantado por esta técnica, frente a las demás, porque nos ha permitido detectar aquellos colaboradores más directos de un investigador. Finalmente, la definición de grupos y la aplicación del análisis de *cliqués* han sido discutidos y analizados por miembros del propio departamento para contrastar los resultados obtenidos con la opinión de los expertos que permitieron explicar e interpretar las causas tanto intelectuales como sociales en la evolución de las relaciones.

Para el estudio del rol de los actores, a las ya clásicas medidas de centralidad: grado nodal (*degree*), grado de intermediación (*betweenness*) y grado de cercanía (*closeness*), se han añadido el coeficiente de agrupamiento (*clustering coefficient*) y el índice de popularidad calculado tanto para los grupos input a partir del número de proyectos como para los grupos output a partir del número de documentos (Perianes-Rodríguez et al., 2009).

Visualización de las redes

Para el posicionamiento de los nodos aplicamos el algoritmo Kamada Kawai (1989), que se caracteriza por asignar coordenadas a los vértices tratando de ajustar al máximo las distancias existentes entre ellos, a distancias teóricas (Vargas-Quesada, 2007). El tamaño de los mismos representa la cantidad de proyectos en los que ha participado cada actor en las redes del input, y la cantidad de publicaciones en las del output. Las líneas indican las relaciones entre actores, siendo el color de las mismas (escala de grises) una medida de su intensidad, que en el caso de las redes del input representan cantidad de proyectos en los que participaron conjuntamente, y en las del output cantidad de trabajos coautorados. Finalmente, utilizamos diferentes colores y formas para distinguir a las distintas categorías de actores: *docinv*

DHUBI (círculo negro); alumno o graduado DHUBI (círculo blanco); BCI AR (cuadrado blanco); BCI EX (triángulo blanco); otra disciplina AR (diamante gris), y otra disciplina EX (triángulo gris). Para el cálculo de indicadores como para la visualización se utilizó el programa Pajek, mientras que el análisis de cliques se realizó con UCINET.

5. Resultados

Características estructurales de las redes

Desde la perspectiva de los input se observa que el número de actores aumenta en cada una de las series analizadas (19, 32 y 43 respectivamente) –Tabla 1–. En el segundo período el incremento se debe principalmente a la incorporación de investigadores argentinos de otras disciplinas; en el tercero, responde a un aumento en la participación de docentes investigadores de DHUBI. La presencia de alumnos-graduados disminuyó en términos relativos desde el primero al segundo y se mantuvo sin cambios en el tercero.

En lo que respecta al output, el número de actores también aumenta aunque de manera menos marcada (32, 36 y 38 respectivamente) – Tabla 2. La cantidad de docinv DHUBI se mantuvo prácticamente sin cambios, aunque su presencia relativa fue disminuyendo por el incremento de la participación de otros actores, especialmente de alumnos-graduados cuya presencia se duplicó en el segundo período y se mantiene en el tercero. Cabe destacar un comportamiento fluctuante en el carácter interdisciplinar de los grupos. Se registra una importante disminución de docentes investigadores de otras disciplinas en el segundo período pese a una recuperación relativa en el tercero, que no alcanza la magnitud inicial. En cuanto a patrones de colaboración cabe destacar la ausencia de investigadores internacionales de otras disciplinas hasta el segundo y tercer período en el que se establecen contactos con colegas del área fuera de las fronteras nacionales.

Tabla 1. Evolución de actores por categoría en las redes del input

Categoría actor	2000-2002		2003-2005		2006-2008	
	Nro actores	%	Nro actores	%	Nro actores	%
docinv DHUBI	11	57,9	14	43,8	21	48,8
alumno o graduado DHUBI	3	15,8	3	9,4	4	9,3
BCI AR	1	5,3	0	0,0	1	2,3
BCI EX	1	5,3	0	0,0	4	9,3
otra disciplina AR	3	15,8	15	46,9	11	25,6
otra disciplina EX	0	0,0	0	0,0	2	4,7
Total	19	100,0	32	100,0	43	100,0

Tabla 2. Evolución de actores por categoría en las redes del output

Categoría actor	2001-2003		2004-2006		2007-2009	
	Nro actores	%	Nro actores	%	Nro actores	%
docinv DHUBI	19	59,4	20	55,6	19	50,0
alumno o graduado DHUBI	4	12,5	9	25,0	9	23,7
BCI AR	1	3,1	1	2,8	0	0,0
BCI EX	0	0,0	3	8,3	3	7,9
otra disciplina AR	8	25,0	3	8,3	7	18,4
otra disciplina EX	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Total	32	100,0	36	100,0	38	100,0

Desde el punto de vista de la evolución estructural, el *average degree* de las redes input se incrementa a lo largo del período (Tabla 3), revelando un aumento en el número de enlaces entre los nodos. Respecto a las redes output, esta medida se mantiene más o menos estable, aunque por debajo del valor de las redes input, que la sobrepasa con creces en los tres períodos, razón que tiene que ver con que no todos los actores que participan en un proyecto publican trabajos en colaboración. Por otra parte, la capacidad de conexión de los nodos o centralización de grado, se aproxima a 0.30 en las tres series tanto en las redes input como en output. Lo que significa que existe una baja conexión entre los nodos y que son pocos los que aglutinan todas las relaciones.

Asimismo, el coeficiente de clustering que se espera alto (Barabasi, et. al., 2002; Krestchmer y Aguillo, 2004; Newman, 2004) presenta valores bajos en todos los períodos, tanto en input como en output. A pesar del descenso existente en el segundo período en las redes input, éstas muestran una mayor firmeza respecto a las redes output. Lo cual por otra parte es lo esperable ya que todos los participantes de un proyecto están enlazados entre ellos.

Tabla3 Comparación de indicadores de cohesión y centralización de red en cada serie temporal

	2000-2002	2001-2003	2003-2005	2004-2006	2006-2008	2007-2009
	Input	Output	Input	Output	Input	Output
Nº de nodos	19	32	32	36	43	38
Densidad	0,45	0,16	0,44	0,19	0,34	0,13
Average degree	8,10	5,19	13,87	6,67	14,32	4,84
Grado	0,28	0,38	0,32	0,22	0,32	0,25
Intermediación	0,13	0,54	0,48	0,18	0,48	0,2
Cercanía	*	*	0,55	*	0,46	*
Nº de componentes	3	4	1	3	1	3
Tamaño del componente	10	28	32	34	43	22

En términos de cohesión interna, el poder de intermediación, que refleja la capacidad de un actor para controlar el flujo de información convirtiéndose en el puente para que otros actores accedan a enlaces que de otra forma no alcanzarían, presenta situaciones variadas. Observamos una cierta fortaleza en las redes input mostrando un mayor flujo de lazos en los dos últimos períodos que en el primero. En el primero la situación varía y es en la red output donde se presenta la mayor intermediación (0.54 frente al 0.13 del input) Esta diferencia viene dada, en la red input 2000-2002, por la atribución de este potencial al nodo 62 que es el único con capacidad de intermediación. Esta característica queda más definida en el número de componentes. En relación a las redes input el primer período es el único que presenta una

composición diferente respecto al segundo y tercero, al observarse tres componentes (53% el componente principal) aislados entre sí. Esta tendencia a la unificación da cuenta de un cambio de estrategia en la concurrencia a proyectos. Las redes output, en cambio, ponen de relieve una cierta fragmentación de los nodos en el momento de publicar los resultados de sus investigaciones, al presentar 4 componentes en el primer período, 3 en el segundo y el mismo número en el tercero, aunque este último con una drástica reducción del primer componente y un aumento considerable del segundo, lo que supone una cierta consolidación de éste último.

Composición y dinámica de los grupos

Primer período

En la **red input** (Figura 1), mediante el análisis de cliques, se identifican 4 grupos (A, B, C y D). Todos ellos bien definidos y con una composición bastante homogénea tanto en lo que respecta a la categoría de sus miembros como a la fuerza de las relaciones establecidas entre los mismos. Los grupos A y B están enlazados por medio del actor 62, siendo éste, a nivel individual, el que tiene una mayor capacidad colaboradora y mayor potencial social, al alcanzar los mayores valores en todos los indicadores (degree = 0.48; betweenness = 0.56; closeness = 0.55; coef. cluster = 0.55 y popularidad = 2). Destaca el grupo C por su enfoque multidisciplinar al integrar a investigadores procedentes de otras disciplinas. Además, se observa un alto grado de cohesión entre sus integrantes ya que todos adquieren más o menos el mismo valor tanto en el coeficiente de clustering (alrededor de un 0.5) como en el índice de popularidad (0.56).

Figura 1. Red del input, 2000-2002

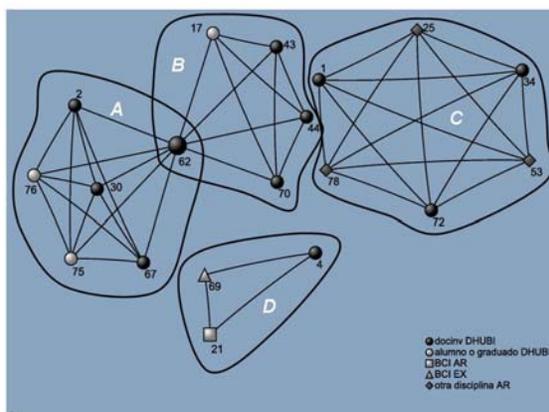
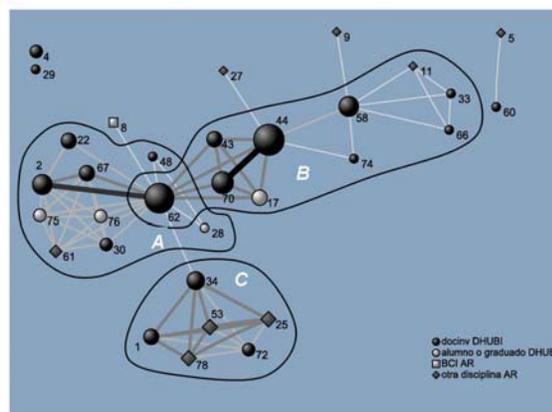


Figura 2. Red del output, 2001-2003



En la **red output (Figura 4)** identificamos 5 grupos (A, B, D, E y G). Así como en el período anterior, observamos como esta red determina unas relaciones más fuertes entre los integrantes de los grupos en comparación con las redes input. Aquí vuelve a aparecer el grupo D, que tuvo su presencia en la red input del período 2000-2002, en la que destaca el actor 4 por su alta popularidad (2.52) con respecto a los otros nodos de la red, así como por su alto número de trabajos (9), actas de congresos en su mayoría. Mencionar que el auge de este nodo y, en definitiva del grupo, puede estar basado en la significativa colaboración, tanto nacional como internacional, presenciada a la hora de formar este equipo. Vuelve a resaltar el grupo A por su estratégica ubicación y, en este caso, por aglutinar nodos importantes en cuanto a su poder de intermediación y control sobre la transferencia de conocimiento; es el caso de los nodos 1, 16 y 62. El grupo G destaca por su tamaño y alta autonomía. Se observa un núcleo y varios subgrupos más pequeños vinculados al núcleo por alguno de sus miembros. El núcleo lo forman docentes DHUBI y los subgrupos están compuestos por colaboraciones internacionales del área, así como con alumnos o graduados. El grupo B viene a ser el más cohesivo, al establecer fuertes vínculos entre sus integrantes; todos ellos con unos valores altos en el coeficiente de clustering. A nivel global, llama la atención la marcada interdisciplinariedad que hay a la hora de solicitar proyectos frente a la escasa presencia de investigadores de otras áreas en la autoría de las publicaciones.

Tercer período

En general, se observan claras diferencias entre los 6 **grupos input** (Figura 5), así como también entre los investigadores, en relación a sus categorías. El grupo A tiende a ser el más multidisciplinar, al incorporar en su mayoría, investigadores procedentes de otras áreas. Los docentes DHUBI que lo componen (nodos 2, 30 y 62) a su vez hacen la labor de intermediarios entre el resto de los grupos. Se trata de un grupo que en el primer y segundo período ha sido central pero fue perdiendo peso con el transcurso del tiempo, llegando a ser más periférico. Otros grupos, en cambio, fueron incrementando su centralidad. En este sentido, el grupo B interactúa entre el grupo A y los otros, siendo un poco más central que en los períodos anteriores. Está formado especialmente por docentes DHUBI y es bastante conexo a nivel interno. El grupo G es el más potente, no sólo por aglutinar el mayor número de investigadores, sino por integrar aquellos con buen poder de intermediación. Por grado de popularidad y cohesión, destaca el subgrupo de docentes DHUBI que conforman su núcleo. Estos docentes, a su vez, mantienen una cierta colaboración tanto con investigadores extranjeros procedentes de otras disciplinas como del área. Los demás grupos (D, E y H)

están compuestos por integrantes del grupo G que han establecido colaboraciones con otros investigadores del área o de otras disciplinas, tanto argentinos como de otros países, lo que confirma su poder de interconexión.

Figura 5. Red del input, 2006-2008

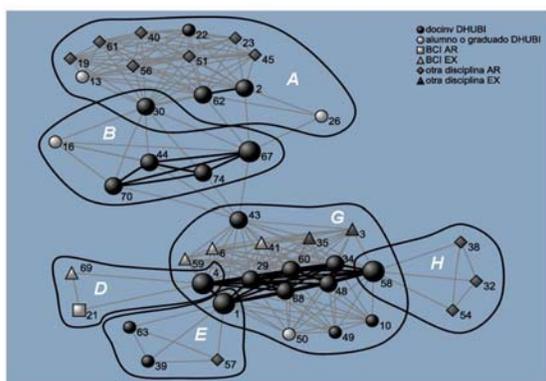
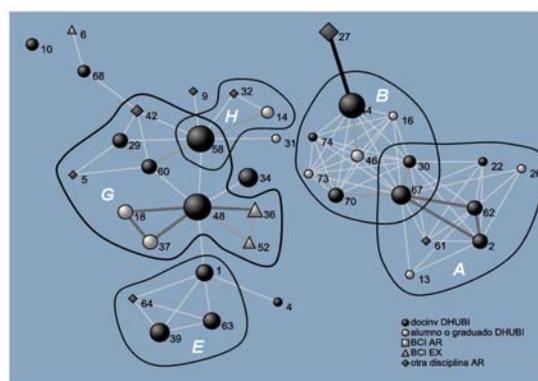


Figura 6. Red del output, 2007-2009



En la red output (Figura 6), el grupo D que estaba en el input no aparece aquí por las mismas razones que en el primer período, y es de esperar que sus publicaciones tengan lugar en los próximos años (lo que sugiere el desplazamiento de la ventana temporal para futuros trabajos). Observamos dos grandes componentes, uno está compuesto por los grupos A y B. Curioso ver que en la red input aparecían estos dos grupos unidos a través del nodo 43; en este caso ya no aparece por lo que esta subred ha quedado totalmente aislada. En el caso del grupo A destaca la tríada formada por los docentes DHUBI que componen el grupo (nodos 2, 57 y 62); el resto son alumnos o graduados o algún docente recientemente incorporado a la plantilla. También en el grupo B están presentes los alumnos o graduados, en mayor medida que en el grupo A. Así, en el mismo, destaca la figura del nodo 44, al potenciar su colaboración con un investigador de otra disciplina. Los otros nodos del grupo no tienen acceso a esta colaboración. No obstante, se define como el grupo más cohesivo por el coeficiente de clustering de sus investigadores ya que, prácticamente, todos tienen relación con todos en términos de coautoría. En el otro lado, están presentes los grupos G, H y E. El grupo G es el que hace de intermediario entre los otros dos, a través de sus nodos más potentes en cuanto a intermediación (nodo 48: 0.21 y nodo 58: 0.15). En este mismo grupo G, se observan dos ramificaciones, que podrían darse por diferentes líneas de investigación, una con una visión más multidisciplinaria y dirigida por el actor 58, mientras que la dirigida por el actor 48 tendría un enfoque más especializado dentro de la BCI. Se observan colaboraciones

tanto nacionales como internacionales con investigadores del área, que revela su fuerte poder de atracción.

6. Discusión

Sobre la delimitación de grupos

Se observa una menor cohesión en las redes output que en las input ya que las relaciones establecidas por la participación conjunta en un proyecto, todos los actores están conectados entre sí. Por el contrario, en las coautorías, si bien es de esperar que haya colaboraciones entre los integrantes de un mismo proyecto, esto no siempre es así. De esta manera, los grupos input presentan una mejor delimitación y son más fácilmente identificables que los del output. Primero, porque las relaciones de coautoría no son el único resultado de la participación conjunta, ya que dan cuenta de la existencia de nexos de colaboración que pueden ir más allá de su participación en proyectos formales de investigación; sería deseable indagar acerca del origen de esos vínculos que podrían tener que ver con adscripciones a cátedras, relaciones entre becarios y directores de tesis, entre otros. Otra posible explicación es que es poco probable que haya publicaciones coautoradas por todos los integrantes de un proyecto, especialmente cuando los grupos del input tienen un tamaño considerable. En este sentido hay que tener en cuenta la división del trabajo y la especialización de los integrantes que pueden participar en las distintas fases del proyecto con distintos resultados tangibles de sus tareas. Por otra parte, es importante mencionar que no todos los resultados del proyecto tienen porqué plasmarse en forma de publicaciones; sin embargo es una limitación que debemos asumir al tomar como unidad de análisis la coautoría.

Sobre la composición dinámica de los grupos

Algunos grupos desaparecen y otros grupos permanecen en el tiempo. Quienes perduran y mantienen la identidad del grupo son, en general, los investigadores que cumplen función de dirección de proyectos y algunos docinv DHUBI estrechamente vinculados con ellos; mientras otros integrantes tienen una participación esporádica y puntualmente vinculada a un período. Se trata principalmente de alumnos y graduados y de investigadores de otras disciplinas, que parecen relacionarse más con proyectos puntuales que con grupos que se sostienen en el tiempo. Por otra parte la aparición de nuevos grupos podría explicarse por la incorporación de nuevos docentes con funciones de investigación a la planta académica del departamento estudiado, dando lugar a la apertura de nuevas líneas de investigación y a la reunión de nuevos actores y la rotación de otros con intereses afines.

En las redes del output es claramente evidente cómo va cambiando a través del tiempo el peso de los actores en términos de producción. El tamaño de los nodos revela que los que producían más cantidad de publicaciones en el primer período (44 y 62) ceden protagonismo en los períodos posteriores a otros nodos (48 y 58) que se encuentran en las etapas intermedias de sus carreras de investigación, con ritmos de producción más acelerados que otros que llegando al final de sus carreras son menos productivos. Esto da cuenta del carácter dinámico del grupo de investigación, desempeñando importantes funciones de transferencia, a las siguientes generaciones de investigadores, del conocimiento y la experiencia adquiridas en el transcurso de su trabajo conjunto realizado durante un determinado período.

Finalmente señalar que se da un incremento paulatino en la cantidad de actores, más marcado en el input que en el output, y una variación en la presencia de las distintas categorías de actores. En el output se manifiesta principalmente en la variable categoría profesional con una importante incorporación de alumnos y graduados, a la vez que una notable disminución disciplinar con el descenso de la participación de investigadores de otras disciplinas.

Diseño de grupo

Para el período analizado se encontraron 8 grupos de distinto tamaño y composición, con diferentes estrategias en su conformación: algunos captan jóvenes investigadores, otros son más interdisciplinarios, y otros tienen capacidad de proyectarse internacionalmente. En parte, esto podría estar influenciado por el perfil temático de los mismos, ya que los grupos que abordan temáticas más interdisciplinarias tienden a estar integrados por investigadores de otras áreas, frente a los que investigan en temas específicos de BCI. En este sentido, llama la atención la marcada interdisciplinariedad a la hora de conformar los grupos input frente a su ausencia en los output, con lo cual sí parece haber una estrategia planificada para el diseño del grupo. Respecto a la procedencia institucional, hay dos variantes. Unos grupos más endogámicos que circunscriben sus fronteras al propio departamento, y otros que se asocian a investigadores de BCI externos, tanto nacionales como extranjeros. Aunque desde los indicadores utilizados no podemos afirmar que estos factores tengan influencia en la productividad del grupo, sí creemos que podría repercutir en su prestigio, medido desde la perspectiva de la visibilidad de los trabajos publicados, aspecto que será analizado en futuros trabajos.

La categoría profesional también parece ser un factor importante en el diseño de los grupos. Sin embargo, al estudiar los períodos temporales detectamos un importante desfase en la presencia de los docentes en los grupos input y output. Este fenómeno podría dar cuenta de

que algunos grupos tuvieron su génesis a partir de publicaciones coautoradas para luego integrar proyectos de investigación conjuntos. En el caso estudiado, el grupo G parece haber seguido este camino. Además, son los docentes los que tienen un papel más central y clave en la transferencia e intercambio de información en la red. Sobre todo en el caso de las redes input, ya que, por regla general, quienes solicitan los proyectos suelen ser los investigadores más consolidados, con CV solventes como para garantizar la resolución positiva de la convocatoria.

7. Conclusiones

Dada la complejidad del fenómeno estudiado, lo primero que debemos aclarar más que concluir es que esta propuesta no tiene en cuenta los aspectos sociales que inciden en el proceso de generación de conocimiento. La propuesta se centra en aspectos medibles de relaciones de colaboración manifiestas en dos momentos claves del proceso investigador en el ámbito universitario. Los resultados obtenidos muestran que la combinación de técnicas bibliométricas y de análisis de redes sociales permite delimitar los grupos, identificar sus miembros y caracterizar a los actores según su categoría, procedencia institucional, geográfica y disciplinar. La lectura combinada de estos aspectos permite realizar inferencias sobre perfiles de grupos y roles que desempeñan los actores. Además el análisis comparado input-output amplía la base de información para el seguimiento en el tiempo de las trayectorias individuales y grupales, y aporta nuevas maneras de interpretar la colaboración científica a nivel micro, factor siempre considerado en la gestión, promoción y evaluación de proyectos y de resultados de investigación.

Sobre la interdisciplinariedad y la proyección nacional e internacional en el diseño de los grupos, ha quedado demostrada la pertenencia a distintas instituciones y áreas tanto para la concesión de proyectos (input) como en la publicación de resultados. Además, parece existir una relación entre la composición de los grupos input y los grupos output. Aquellos que demuestran trayectoria de trabajo en equipo tanto en el input como en el output, que se sostienen en el tiempo y mantienen su identidad aún con un recambio parcial de actores, debieran ser los mejores posicionados en la compulsa por la financiación competitiva de proyectos y en la valoración de sus resultados. Por otra parte, la fuente de información es un aspecto clave, y existen actores que no se detectarían si no fuese por tener una fuente tan exhaustiva como los currícula. Se propone explorar la detección de estos grupos utilizando otras fuentes de información complementarias. Luego esta información parece importante

desde la perspectiva del capital social en la conformación de los grupos y de las trayectorias tanto individuales como grupales.

Sobre su composición, el tema de la especialización temática no es menos importante ya que condiciona los patrones de publicación y colaboración en los distintos campos temáticos. En el caso de la BCI hablamos de distintos frentes de investigación en los que los patrones pudieran no ser muy distintos. Pero la literatura confirma que sí lo son dependiendo del área. Por tanto es un dato importante a tener en consideración en cualquier evaluación a nivel micro. En este sentido podría ocurrir que mientras se incentiva la conformación de grupos y el trabajo en colaboración desde el "input" (desde las políticas nacionales hasta las institucionales), luego se penalicen los trabajos coautorados, sobre todo en el caso de las ciencias sociales y las humanidades, por el desconocimiento o generalización indebida de la dinámica de producción del conocimiento. El efecto de las medidas de financiación y evaluación ya ha sido documentado en estudios que denuncian la perversión del sistema, tanto desde el punto de vista de la penalización como de las buenas prácticas de publicación (Sanz Menéndez, 2001; Moed, 2008; Perianes, 2009). Por tanto, las agencias de financiación de la investigación deberían revisar periódicamente los sistemas de evaluación que rigen para cada disciplina y que dependen de las políticas públicas de ciencia y tecnología de cada país o institución. Esta revisión debería tener en cuenta los indicadores habitualmente utilizados (número de publicaciones, calidad de las revistas, impacto de las contribuciones, etc.), y ser permeable a la incorporación de nuevos criterios, métodos e indicadores, como los expuestos en este estudio. En este sentido, la propuesta metodológica expuesta en él es útil en la toma de decisiones para conocer el rol del investigador no sólo teniendo en cuenta el número de publicaciones y el impacto de las revistas en las que publica, sino también viendo la capacidad de establecer contactos tanto para el proceso de redacción de proyectos y conformación del equipo de investigación, como para la coordinación de los grupos a la hora de publicar los resultados de esa investigación.

En cuanto al rol de los actores en los dos momentos del proceso de investigación, en general, los que ocupan las posiciones más centrales lo hacen tanto por su capacidad de establecer conexiones, como por su poder de intermediación y de cercanía con el resto de los nodos. Sin embargo, no son exactamente los mismos actores los que ejercen mayor influencia en el input y en el output, sino que hay algunas variantes. De aquí la necesidad de evaluar las consecuencias de este fenómeno de cara a la retroalimentación en la financiación y acreditación de nuevos proyectos. En términos estructurales tanto en el input como en el output observamos que, los investigadores que alcanzan mayor popularidad son los que tienen

valores más altos de grado nodal y coeficiente de clustering. Los más conectados y con más poder de colaboración con el resto de los investigadores no sólo otorgan cohesión al grupo sino que además logran más publicaciones que el resto. Por otra parte, aquellos nodos que tienen un alto porcentaje de intermediación, normalmente tienen una producción más elevada. También los grupos de investigación que tienen un nodo potente en términos de centralidad parecen beneficiarse en cuanto a oportunidades. Luego tiende a ser verdad que el tener una mayor capacidad de establecer redes redundante en mayor producción y a un mejor posicionamiento en los dos momentos del proceso de investigación. Para sustentar estas hipótesis son necesarias más comprobaciones, especialmente con grupos de diversos dominios disciplinares.

Con lo expuesto, el abordaje del análisis de grupos en perspectiva comparada input-output constituye una novedosa manera de ahondar en el estudio de las relaciones de colaboración formalizada que tienen lugar en distintos momentos del proceso investigador en el ámbito universitario, ya que el método permite detectar fortalezas y debilidades a nivel de individuos y grupos y analizar la colaboración como un proceso inherente a la actividad científica que debe ser reconocida en los diferentes ámbitos, desde la acreditación de los proyectos hasta la evaluación de sus resultados.

Desde el punto de vista metodológico, este trabajo demuestra que la complementariedad del análisis relacional, bibliométrico y la opinión de expertos constituye una poderosa herramienta para el estudio de los patrones que rigen la composición y dinámica de grupos. Esto es así porque aporta nuevo conocimiento y ayuda a interpretar los hábitos de trabajo de los investigadores y de las redes de colaboración que conforman. La aportación de los expertos en la elaboración y discusión de la metodología y los resultados se convierte en un aspecto muy importante a tener en cuenta. Pero no podemos olvidar que ellos constatan o rechazan lo que desde lo medible se está analizando.

Finalmente señalar que es necesario profundizar en las interpretaciones de las estructuras de red y de los indicadores asociados desde los bibliométricos, los relacionales y los híbridos, así como avanzar en el análisis del valor e implicaciones que los resultados de estos estudios puedan tener para la gestión de las actividades científicas y tecnológicas de las instituciones.

8. Bibliografía

BARABÁSI, A. L.; JEONG, H.; NÉDA, Z.; RAVASZ, E.; SCHUBERT, A.; VICSEK, T. 2002. Evolution of the social network of scientific collaborations. *Physica A* vol. 311, 590-614.

BEAVER, D. d. B., & ROSEN, R. (1978). *Studies in Scientific Collaboration: Part I. The Professional Origins*

of Scientific Coauthorship. *Scientometrics*, 1, 65-84

- BOZEMAN, B. (2005). La problemática contemporánea de la aplicación e institucionalización de la evaluación de la ciencia, la tecnología y la innovación. SECTIP Taller "Evaluación de Resultados e Impacto de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación" . Buenos Aires: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. Disponible en: http://www.secyt.gov.ar/publicaciones/Taller_evaluacion_impactos_cyt.pdf.
- CABO, P. G. (1997). The knowledge network. European subsidized research and development cooperation. Capelle: Labyrinth
- CANÍBANO, C., & BOZEMAN, B. (2009). Curriculum vitae method in science policy and research evaluation: the state-of-the-art. *Research Evaluation*, 18(2), 86-94
- CHINCHILLA-RODRÍGUEZ, Z., MOYA-ANEGÓN, F., VARGAS-QUESADA, B., CORERA-ÁLVAREZ, E., HASSAN-MONTERO, Y., (2008) Inter-institutional scientific collaboration: an approach from social network analysis. Prime Europe-Latin American Conference on Science and Innovation Policy 2008. Mexico City, 24-26 September
- COHEN, J. E. (1991). Size, age and productivity of scientific and technical research groups. *Scientometrics*, 20(3), 395-416
- COLCIENCIAS. (2006). Índice para la medición de grupos de investigación, tecnológica o de innovación. Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/portacol/downloads/archivosSoporteConvocatorias/1448.pdf> (Consulta: 10 nov. 2009).
- ETZKOWITZ, H. (1992). Individual investigators and their research groups. *Minerva*, 30, 28-50.
- GAETE FISCELLA, J. M., & VÁZQUEZ, J. I. (2008). Conocimiento y estructura en la investigación académica: una aproximación desde el análisis de redes sociales. *Redes: Revista Hispana Para El Análisis De Redes Sociales*, 14(5). Disponible en: revista-redes.rediris.es/pdf-vol14/vol14_5.pdf (Consulta: 5 oct. 2009).
- GIBBONS, M., et. al., (1997) La nueva producción del conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor.
- GIRVAN, M. & NEWMAN, M.E.J. (2002) Community structure in social and biological networks. *PNAS*, 99(2), 7821-7826
- GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A. 2004. Analyzing scientific networks through co-authorship. En: H. F. MOED ET AL. (editores). Handbook of quantitative science and technology research. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- HERRERO SOLANA, V., & MOYA ANEGÓN, F. d. (2009). Redes de coautoría del Departamento de Biblioteconomía y Documentación de la Universidad de Granada (1982-2006). C. García Caro, & J. Vilchez Prado (Coords.), Homenaje a Isabel de Torres Ramírez: estudios de documentación dedicados a su memoria (pp. 323-332). Granada: Universidad de Granada
- HU, C., & RACHERLA, P. (2008). Visual representation of knowledge networks: A social network analysis of hospitality research domain. *International Journal of Hospitality Management*, 27, 302-312
- IZQUIERDO, L. R., & HANNEMAN, R. (2006). Introduction to the Formal Analysis of Social Networks Using Mathematica. Disponible en <http://www.luis.izquierdo.name> [Última consulta: 12/01/2010]
- KAMADA, T., & KAWAI, S. (1989). An Algorithm for Drawing General Undirected Graphs. *Information Processing Letters*, 31, 7-15.
- KRETSCHMER, H.; AGUILLO, I. 2004. Visibility of collaboration on the Web. *Scientometrics* vol. 61 (3),

405-426.

- MOED, H.F. (2008) "UK Research Assessment Exercises: Informed judgments on research quality or quantity?" *Scientometrics*, Vol. 74, pp. 141-149.
- NEDERHOF, A.J.; VAN RAAN, A.F.J. (1993) A bibliometric analysis of six economic research groups: a comparison with peer review. *Research Policy*, 22, 353-368.
- NEWMAN, M. E. J. (2001). The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States*, 98(2), 404-409
- NEWMAN, M. (2004). Who is the best connected scientist? A study of scientific coauthorship networks. En: E. BEN-NAIM, H. FRAUENFELDER Z. TOROCZKAI (editors). *Complex Networks*. Springer.
- ONOFRIO, M. G. (2009). The public CV database of Argentine researchers and the 'CV-minimum' Latin-American model of standarization of CV information for R&D evaluation and policy-making. *Research Evaluation*, 18(2), 95-103
- OTTE, E.; ROUSSEAU, R. 2002. Social network analysis: a powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science* vol. 28 (6), 443-455
- PERIANES-RODRÍGUEZ, A. (2007). Análisis y Visualización de Redes de Colaboración Científica. Grupos de Investigación en la Universidad Carlos III (ISI, Web of Science, 1990-2004). [Tesis doctoral]. Madrid: Universidad Carlos III. 405 p.
- PERIANES- RODRÍGUEZ, A., CHINCHILLA-RODRÍGUEZ, Z., VARGAS-QUESADA, B., OLMEDA-GÓMEZ, C., MOYA-ANEGÓN, F. (2009). Synthetic hybrid indicators based on scientific collaboration to quantify and evaluate individual research results. *Journal of Informetrics*, 3 (2): 91-101.
- PERIANES-RODRÍGUEZ, A. OLMEDA-GÓMEZ, C., MOYA-ANEGÓN, F. (2010). Detecting, identifying and visualizing research groups in co-authorship networks. *Scientometrics*, 82(2): 307-319.
- REY-ROCHA, J., MARTIN-SEMPERE, M. y SEBASTIAN, J. (2008). Estructura y dinámica de los grupos de investigación, 184(732): 743-757
- SANZ CASADO, E., CONFORTI, N. et al. (2004). Estudio de la colaboración científica de los Departamentos de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Mar del Plata, durante el período 1998-2001. VI Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología RICYT/CITED SECYT-ARGENTINA
- SANZ MENÉNDEZ, L. (2001). Indicadores Relacionales y Redes Sociales en el Estudio de los Efectos de las Políticas de Ciencia y Tecnología. *Cuadernos de Indicios*, 1, 79-95
- SONNENWALD, D. (2007). Scientific Collaborations. *Annual Review of Information Science and Technology*, 41, 643-681
- VAN DEN BESSELAAR, P., & LEYDESDORFF, L. (2009). Past performance, peer review and project selection: a case study in the social and behavioural sciences. *Research Evaluation*, 18(4), 273-288
- MOYA-ANEGÓN, F., VARGAS-QUESADA, B., CHINCHILLA-RODRÍGUEZ, Z., CORERA-ÁLVAREZ, E., GONZÁLEZ-MOLINA, A., MUÑOZ-FERNÁNDEZ, F. J., HERRERO-SOLANA, V. (2007). Visualizing the Marrow of Science. *Journal of The American Society for Information Science and Technology (Jasist)*, 58 (14), 2167-2179.
- WAGNER, C. S., & LEYDESDORFF, L. (2005). Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science. *Research Policy*, 34, 1608-1618
- ZULUETA, M. A., CABRERO, A., BORDONS, M. (1999). Identificación y estudio de grupos de investigación a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española De Documentación Científica*, 23(3), 333-347.