

Mapas de información científica: redes de cocitación de clases y categorías en la producción científica de los investigadores en Medicina de la Comunidad de Madrid (1995-2003)

Carlos Olmeda-Gómez, Antonio Perianes-Rodríguez, M^a Antonia Ovalle-Perandones
Grupo de investigación SCImago. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de
Biblioteconomía y Documentación¹.

Resumen

La representación intelectual de una disciplina científica es un aspecto crítico en los trabajos bibliométricos. En esta investigación se presentan los resultados de un estudio bibliométrico con los mapas elaborados que representan los vínculos intelectuales de naturaleza estructural en la disciplina de la Medicina. Se han realizado a partir del análisis de 22499 documentos contenidos en el Web of Knowledge producidos en la Comunidad de Madrid, durante el período comprendido entre 1995 y 2003. Se ha empleado la técnica de cocitación de clases y categorías, utilizando en la visualización técnicas de redes sociales. El objetivo del trabajo, ha sido representar y examinar las relaciones disciplinares que se producen en este dominio a partir de la coocurrencia de las categorías temáticas de las revistas en las que publican sus investigaciones. Para ello, se han construido mapas heliocéntricos de cocitación de clases y también de categorías con el software Pajek, con técnicas que descubren la estructura de la red intelectual de la disciplina. Los mapas resultantes muestran los amplios vínculos temáticos internos y externos que posee la disciplina y pueden ser interpretados como una representación que muestra las dimensiones intelectuales del dominio tal y como queda reflejada en las publicaciones científicas de los investigadores.

Palabras clave: visualización de información – mapas de ciencia – redes sociales - cocitación

Scientific information mapping: cocitation networks of classes and categories in scientific production of Medicine from Madrid´s researchers. 1995-2003.

Abstract

Intellectual representation of a scientific discipline is often a critical aspect of bibliometric research. A cocitation analysis about Madrid´s scientific production in Medicine was conducted over a time period spanning the years 1995-2003 from 22499 Web of Knowledge´s documents. The object of the work reported here has been to represent and to examine the intellectual relations that take place in this domain from the co-occurrence data of the thematic categories of the scientific journals in which researchers publish its results. We use Journal Citation Reports (JCR) categories as units of cocitation and measurement for the construction of heliocentric maps. Applying visualization techniques and social network analysis using Pajek, we presented three maps. The resulting maps shows the intellectual range of bonds that the discipline has and could be interpreted like a representation that shows the intellectual dimensions of the domain as it is reflected in scientific publications of researchers.

Keywords: information visualization - science maps – social networks – cocitation

¹ Enviar correspondencia a: Carlos Olmeda Gómez. carlos.olmeda@uc3m.es

Introducción

Descubrir afinidades temáticas entre documentos es un área de investigación muy activa en la bibliometría. El estudio sobre la producción del conocimiento científico y su desarrollo cuenta también con perspectivas empíricas centradas en la identificación de las estructuras cognitivas y sociales de las disciplinas y su evolución. En la actualidad se realizan muchos esfuerzos con vistas al estudio de la emergencia de nuevos campos científicos, las formas de construcción de las disciplinas, el grado de especialización e interdisciplinariedad de la ciencia bajo determinadas circunstancias sociales, la detección de problemas emergentes o la visualización de los resultados de estos procesos de producción del conocimiento científico.

El desarrollo de las disciplinas científicas está hasta cierto punto definido por la extensión y estructura de su literatura. Los estudios sobre la literatura científica hacen posible identificar ciertas relaciones entre los documentos de una determinada colección y de ese modo observar la influencia de autores individuales, reconocer sub-disciplinas o trazar el desarrollo histórico y el progreso en un área de interés.

La estructura de la literatura de un campo determinado puede ser caracterizada de diferentes modos, por ejemplo usando las citas contenidas en los artículos científicos. Con las bases de datos de literatura científica disponibles es posible procesar automáticamente información bibliográfica contenida en los registros incluidos en las bases. Las citas u otras unidades con información bibliográfica, como los autores, las palabras clave o los términos contenidos en los títulos o en los resúmenes de los registros bibliográficos, pueden usarse también como ingredientes para llevar a cabo estudios con diferentes escalas. Las citas, por ejemplo, pueden usarse, en parte, como una forma alternativa de representar el contenido de un documento científico y contabilizando las frecuencias de sus relaciones y asumiendo ese principio, obtenerse representaciones que, de algún modo, reflejan la influencia de un ítem, de un autor, de una revista o de un conjunto de autores. Se trata en definitiva, de usar las referencias u otras unidades de análisis coincidentes entre documentos para identificar grupos con patrones similares, que puedan posteriormente ser clasificados y agrupados generando clases de documentos a partir del conjunto de documentos objeto del análisis. Las referencias bibliográficas compartidas contenidas en los artículos pueden unir en una red, los artículos,

autores, las revistas que comparten los mismos ítems de los registros bibliográficos y servir, midiendo su frecuencia, para estudiar la historia, las taxonomías científicas o el desarrollo de los frentes de investigación o conjunto de artículos recientes muy interconectados por las citas que comparten entre sí (Price, 1965, 1969).

Antecedentes y trabajos previos

Las técnicas más empleadas para determinar similitudes de documentos que posteriormente den origen a la creación de mapas bibliométricos son dos y se diferencian por las distintas unidades de análisis seleccionadas. Muy sucintamente se describen a continuación.

La primera usa como punto de partida, las palabras clave, los descriptores, las palabras coincidentes en el título o en el resumen. Si un par de ítems de la colección de documentos estudiada exhiben conjuntos de palabras coincidentes, los documentos que los contienen pueden agruparse en las mismas clases. Primero se selecciona un determinado campo a investigar mediante la selección de conceptos o códigos de clasificación de las publicaciones, a partir de un conjunto de revistas o de publicaciones concretas de una especialidad. Posteriormente se aplica un algoritmo lingüístico que analiza sintácticamente las publicaciones. Los procedimientos automáticos de orden gramatical descansan en la extracción de nombres y de frases nominales que se encuentran en la colección de documentos. A partir de la aplicación de otros algoritmos genéticos, se crean listas de miles de términos y de frases nominales significativas, descartándose palabras y frases triviales. A mayor frecuencia de un concepto, mayor facilidad para que dicho concepto represente un campo. El cálculo de la similitud se establece al comparar el número de conceptos que tienen en común y de ese modo pueden ser clasificados como pertenecientes al mismo sub-campo, tema de investigación o especialidad. A partir de un cierto umbral de coincidencia, los documentos pertenecen a la misma clase. Son las técnicas que se basan en el análisis de co-palabras, o análisis léxicos o de similitud documental mediante conceptos (Van Raan, 2004).

Otra técnica que se usa para medir la semejanza o similitud entre documentos es la basada en la cocitación. La cocitación no es sino el hecho posible de que dos artículos científicos aparezcan simultáneamente en las referencias de uno tercero. La frecuencia de cocitación se define como la frecuencia con la que dos artículos científicos son citados conjuntamente y es

una medida cambiante que puede crecer a medida que transcurre el tiempo. Si se realiza correctamente un análisis de cocitación, se posibilita descubrir los autores o los trabajos más relevantes de una disciplina mediante el consenso empírico establecido por los cientos de citantes de esos autores o trabajos y no sólo por las meras impresiones de los investigadores individuales. Refleja, a diferencia de los análisis de co-palabras, aspectos tanto cognitivos como de vínculos y de relaciones sociales (Small and Sweeny, 1985; White, 1990; McCain, 1990).

Ambas técnicas pueden combinarse (Zitt y Bassecoulard, 1994) y mediante la aplicación de métodos de visualización, generar mapas bibliométricos. Los mapas se construyen merced a los vínculos complejos, heterogéneos y entretejidos que se dan entre los datos bibliográficos de las publicaciones que integran los archivos de conocimiento científico codificado (Price, 1965). Debido a la compleja naturaleza de estos datos, éstos se transforman normalmente a un formato más sencillo y manejable. Básicamente existen tres métodos de transformación que clasifican y distribuyen los datos de forma automática y permiten su representación gráfica. Los basados en medidas de similaridad, los basados en espacios vectoriales y aquellos que se basan en la generación de grafos.

Cuando los datos bibliométricos se describen mediante emparejamiento de similaridades, el objetivo principal de la visualización es respetar tanto como sea posible esa similaridad: los objetos más cercanos de acuerdo con la matriz de similaridad, se representan como puntos cercanos en gráficos de dos dimensiones. La técnica más empleada en este caso procede de los métodos agrupados en el escalamiento multidimensional (MDS). La idea principal de este procedimiento es encontrar una representación con un número bajo de dimensiones de los datos, de modo tal que las distancias euclideas entre los puntos en el espacio de dimensiones reducidas, sea una buena aproximación a las disimilitudes originales.

En estudios métricos, el enfoque del espacio vectorial se ha aplicado principalmente a partir del modelo de mapas auto-organizativos o SOM (*Self-Organizing Map*) (Kohonen, 1989), que presenta algunas ventajas sobre el MDS, ya que es escalable y posibilita manejar grandes conjuntos de datos; proporciona tanto detalles como perspectivas generales del espacio de

datos representados y posee una multitud de métodos que pueden emplearse en la visualización (Herrero Solana y Hassan, 2006).

Sin embargo, la representación más natural de los datos bibliométricos son los grafos con anotaciones. Las representaciones de redes son aquellas donde los diferentes elementos, son presentados en forma de nodos o vértices, mientras que la estructura semántica o de relación de cocitación se encuentra definida por los enlaces o arcos que conectan dichos nodos. Fue la forma original de visualización de datos bibliométricos cuando fueron realizados a mano (Small y Griffith, 1974).

Los mapas resultantes de aplicar estas técnicas, permiten la inspección de la disciplina a la escala elegida en el momento del diseño del estudio, posibilita la comparación con datos independientes, la evaluación y consulta por parte de expertos especialistas en el dominio científico elegido y su validación estadística. Constituyen en definitiva una herramienta que ayuda a la comprensión de la estructura de las literaturas científicas y pueden servir como herramientas de apoyo en la gestión de políticas de investigación. (Noyons, 2001).

La producción con múltiples niveles de agrupación de los valores de cocitación permite tener un medio de control para la realización de mapas de ciencia con diferentes escalas. En unos, la escala se sitúa al nivel del autor y se construyen mapas personalizados de un autor (White y McCain, 2003). En otros, la escala se limita a una sola disciplina (Ding et al., 2000; McCain et al., 2005). Otros representan la totalidad de la ciencia de un determinado país (Vargas Quesada y Moya, 2007). En otros, como es este trabajo, el objetivo consiste en la generación de mapas que representen sub-dominios científicos a partir de una determinada disciplina. Se trata en definitiva de responder algunos interrogantes en el examen de un dominio científico: ¿en qué sub-especialidades se encuentra el centro de gravedad de una disciplina científica?, ¿qué sub-dominios son los periféricos?, ¿el empleo de estas técnicas proporciona algún punto de vista novedoso acerca de una disciplina?

En esta investigación se presentan los resultados de un estudio bibliométrico que tiene por objeto caracterizar la estructura de un dominio científico a partir de esa perspectiva y mediante un análisis de cocitación de 22499 documentos contenidos en el *Web of Knowledge*, concretamente en las bases de datos contenidas en el *Web of Science*. Se han construido tres

mapas que representan el dominio de la Medicina, a partir de los documentos producidos por autores que han trabajado en instituciones científicas radicadas en Madrid, durante el período comprendido entre 1995 y 2003. Se ha empleado la técnica de cocitación de clases y categorías utilizadas por el *Journal Citation Report* (JCR) y se han empleado para la visualización técnicas de redes sociales.

Recogida de datos y metodología

La fuente original de los datos para elaborar los indicadores bibliométricos ha sido el Web of Science (WOS, 2006) un producto de la empresa Thomson Scientific, anteriormente distribuido por el Institute of Scientific Information (ISI), en el que están incluidas las bases de datos objeto de explotación: 1) Science Citation Index Expanded (SCI- Expanded), especializada en ciencias y medicina, 2) Social Science Citation Index (SSCI), especializada en ciencias sociales y, 3) Arts and Humanities Citation Index (AHCI). De ellas se han recuperado los registros correspondientes a los años 1995 al 2003 (Olmeda et al., 2007), en aquellos documentos (artículos, notas biográficas, revisiones de libros, correcciones, cartas, resúmenes de congresos, materiales editoriales, discusiones) (ndoc), en los que aparece Madrid como ciudad en el campo *Address* que identifica la dirección institucional de los autores firmantes y aquellos que son sólo artículos (ndocc):

Tabla 1 Evolución de la producción científica WOS de Madrid (1995-2003)

Madrid					
Año	Ndoc	% Ndoc	Ndocc	% Ndocc	% Ndoc/Ndocc
1995	5689	6,51	4318	6,12	75,9
1996	6175	7,06	5171	7,33	83,7
1997	6742	7,71	5612	7,95	83,2
1998	7313	8,37	5940	8,42	81,2
1999	7433	8,5	6152	8,72	82,7
2000	7761	8,88	6441	9,13	82,9
2001	7855	8,99	6481	9,18	82,5
2002	8460	9,68	6800	9,64	80,3
2003	8468	9,69	6976	9,88	82,3
Total	65896		53891		81,7

Además, se ha tomado información complementaria relativa a las revistas cubiertas durante los años 1995 al 2003, contenidas en la base de datos del *Journal Citation Report* (JCR, 2006)

JCR *Science edition* y JCR *Social Sciences edition*, que contiene información acerca de las revistas donde se publican los documentos incluidos en las bases bibliográficas mencionadas.

La información bibliográfica fuente, descargada del *Web of Science* con fines de investigación, se ha almacenado de forma distribuida en un sistema de bases de datos con toda la información integrada y de forma relacionada construida con Microsoft Access®. El resultado ha sido la generación de unas bases de datos conteniendo en campos, la información estructurada de los documentos y con las relaciones establecidas *a priori*, así como información adicional que se introduce por procedimientos semiautomáticos.

A partir de las bases de datos se ha obtenido y tratado la siguiente información contenida en las publicaciones ofrecidas por el WOS: autores, dirección del lugar del trabajo, título de la publicación, información sobre la fuente de datos (título de revista, año de publicación, volumen, número y páginas de inicio y final, tipo de publicación), y las referencias bibliográficas citadas en cada publicación. Las tablas principales han sido las de documentos, citas, instituciones, palabras clave, categoría, clase, que a su vez han sido organizadas en campos y se han establecido las correspondientes relaciones entre las mismas. La ordenación estructurada de los datos en campos normalizados, permite una gran variedad de elementos de recuperación e índices sobre los que aplicar los parámetros o indicadores con suficiente garantía de fiabilidad y que ha permitido operar de modo sencillo, flexible y rápido, con los distintos indicadores bibliométricos.

A estas bases de datos se le añadió toda la información del JCR-SCI y JCR-SSCI para el período 1995-2003. La información capturada para cada una de las revistas fue la siguiente: datos de identificación bibliográfica, número de trabajos publicados por años, categorías temáticas a las que pertenecen e índice de impactos por años. Los datos han sido normalizados, en particular los datos que se refieren a la dirección de las instituciones de los firmantes de los trabajos y se han agregado a diversos sectores e instituciones. Con posterioridad se han adscrito los documentos a un campo de conocimiento que viene determinado por las categorías temáticas (*subject category*), en las que el JCR adscribe al menos en una a las revistas científicas que cubren sus bases de datos.

La clasificación que usa el JCR se basa en análisis de patrones de citas revista-revista, análisis de palabras clave y evaluación por parte de usuarios (Hicks y Katz, 1997; Moed, 2005). Las 240 categorías temáticas del JCR empleadas por el JCR para clasificar de forma temática sus revistas en 2003, se han vuelto a reclasificar en 24 clases o aglomerados de orden superior, adoptando para ello la clasificación de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva (ANEP, 2006), teniendo en cuenta que una única categoría temática puede pertenecer a diferentes clases (Moya et. al, 2004). La cocitación de categorías mide la intensidad de las interrelaciones entre las categorías de las revistas en las que aparecen los artículos, de forma similar a como dos documentos, autores o título de revistas, pueden ser cocitados. La intensidad de la cocitación depende del número de veces que dos documentos publicados en revistas con categorías temáticas asignadas, son cocitados. (Moya et. al. 2004).

Los adscritos de este modo a la Medicina resultaron ser 22499 registros bibliográficos de cualquier tipo documental, siendo 14375 los que se corresponden con artículos de revistas publicadas en categorías de Medicina, según la adscripción de la tabla 2.

Tabla 2 Correspondencia de la clase ANEP de Medicina con las categorías temáticas ISI de la revistas

MEDICINA (MED)	Alergología Andrología Anestesiología Ciencias de la conducta Cardiología y Sistemas Cardiovasculares Neurología clínica Medicina de cuidados intensivos Cirugía y Medicina Dental y bucal Dermatología y Enfermedades Venéreas Cuidados críticos y Medicina de Emergencia Endocrinología y Metabolismo Ingeniería Biomédica Gastroenterología, Hepatología Geriatria y Gerontología Ciencia de los Cuidados Médicos y Servicios Política Sanitaria y Servicios Hematología Enfermedades Infecciosas Medicina Integral y Complementaria Ética Médica Informática Médica Tecnología médica de laboratorio Medicina General e Interna Medicina, Legal Medicina, Investigación y Experimental Neuroimagen Neurociencia Enfermería
----------------	---

<p>Nutrición y Dietética Obstetricia y Ginecología Oncología Oftalmología Ortopedia Otorrinolaringología Parasitología Patología Pediatría Enfermedades del Sistema Circulatorio Vascular Periférico Psiquiatría Salud Laboral, Pública y Medioambiental Radiología, Medicina Nuclear e Imágenes Médicas Rehabilitación Sistema Respiratorio Reumatología Ciencias Sociales, Biomédicas Medicina Deportiva Cirugía Toxicología Transplantes Medicina Tropical Urología y Nefrología</p>
--

Se han calculado los valores de cocitación a partir de contabilidades basadas en valores brutos de cocitación sin normalizar, del total de documentos de la clase Medicina (White, 2003). Por último se ha aplicado el algoritmo Kamada y Kawai para producir automáticamente la visualización de las redes (Kamada y Kawai, 1989).

Hay que señalar que es imposible establecer una separación estricta de estos dominios temáticos en la investigación científica, ya que muchas revistas cubren distintos dominios o facetas y no sólo uno y no reflejan de forma exacta las diferencias dentro de los campos (Morillo et al., 2003). Sin embargo, con este método se puede llevar a efecto una categorización aproximada capaz de ser representada en análisis con diferentes escalas o tamaños para grandes conjuntos de datos y sirve para los objetivos iniciales del estudio.

Resultados

Mapa de cocitación de categorías de Medicina

La Figura 1 muestra el mapa de cocitación elaborado usando los valores de una matriz simétrica de cocitación de 51x51 categorías. Se muestra la red de relaciones entre las diversas categorías, en el que cada una de ellas ha sido dibujada con una esfera de tamaño proporcional a la producción de los autores madrileños en las revistas con esa categoría

Aparece claramente un núcleo de sub-disciplinas con intensas relaciones y otras que ocupan posiciones periféricas que indican que su investigación está menos relacionada con las del núcleo que son las que poseen mayor grado. Este núcleo pone de manifiesto que es un área temática altamente centralizada y unificada en su campos.

El núcleo interno de la estructura "cognitiva" de la Medicina

La Figura 2 presenta un mapa heliocéntrico o red egocéntrica de la Medicina basado en los patrones de cocitación de categorías temáticas ISI de la propia clase de Medicina. Se representan sólo 21 de las 51 categorías representadas en la Figura 1. Son aquellas que tienen los valores de cocitación más elevados. Se representan sólo esas para ganar claridad en la representación e identificar las especialidades más cocitadas. En este caso se ha aplicado a la matriz el algoritmo Kamada y Kawai para producir la representación a partir de un nodo que se fija en el centro, en este caso el primero de la lista de vecinos, que se corresponde con el nodo con la mayor producción de la clase, Medicina General e Interna (2278 documentos). Alrededor orbitan los restantes nodos en forma de esferas, cuyos volúmenes son proporcionales, como en la figura anterior, a la producción científica en esa categoría. De mayor a menor son éstas (categorías con más de 1000 documentos): Neurociencias; Sistemas Cardíaco y Cardiovascular; Neurología Clínica; Oncología; Urología y Nefrología; Hematología; Gastroenterología y Hepatología; Hematología; Cirugía; Enfermedades Infecciosas y Endocrinología y Metabolismo. El resto tienen producciones inferiores a mil documentos en el período. Los procedimientos que se emplean permiten asignar el valor de cocitación de las diferentes categorías respecto a la elegida como centro, como valor del enlace o vínculo en forma inversa al valor de cocitación. Los valores más altos son transformados en vínculos de menor longitud desde el centro, es decir con mayor similaridad y los valores más bajos de cocitación, que expresan mayor disimilaridad, con longitudes más largas. El valor de cocitación más elevado de entre todas las categorías se establece como uno y el resto de valores se hacen proporcionales al valor de ese máximo.

El nodo central atrae hacia sí aquellos otros con los que se mantienen relaciones más estrechas: Medicina, Investigación y Experimental, Sistema Cardiovascular, Hematología, Enfermedades Infecciosas, Cirugía y Oncología. Le siguen a continuación, en órbitas

intermedias las siguientes categorías: Endocrinología y Nutrición, Enfermedades Vasculares Periféricas, Patología Salud Laboral, Pública y Medioambiental y Neurociencias. Las órbitas más lejanas, las ocupan las categorías de Neurología Clínica, Gastroenterología y Hepatología, Pediatría, Sistema Respiratorio, Urología y Nefrología, Psiquiatría, Tecnología Médica de Laboratorio, Radiología, Medicina Nuclear e Imágenes Médicas y Transplantes.

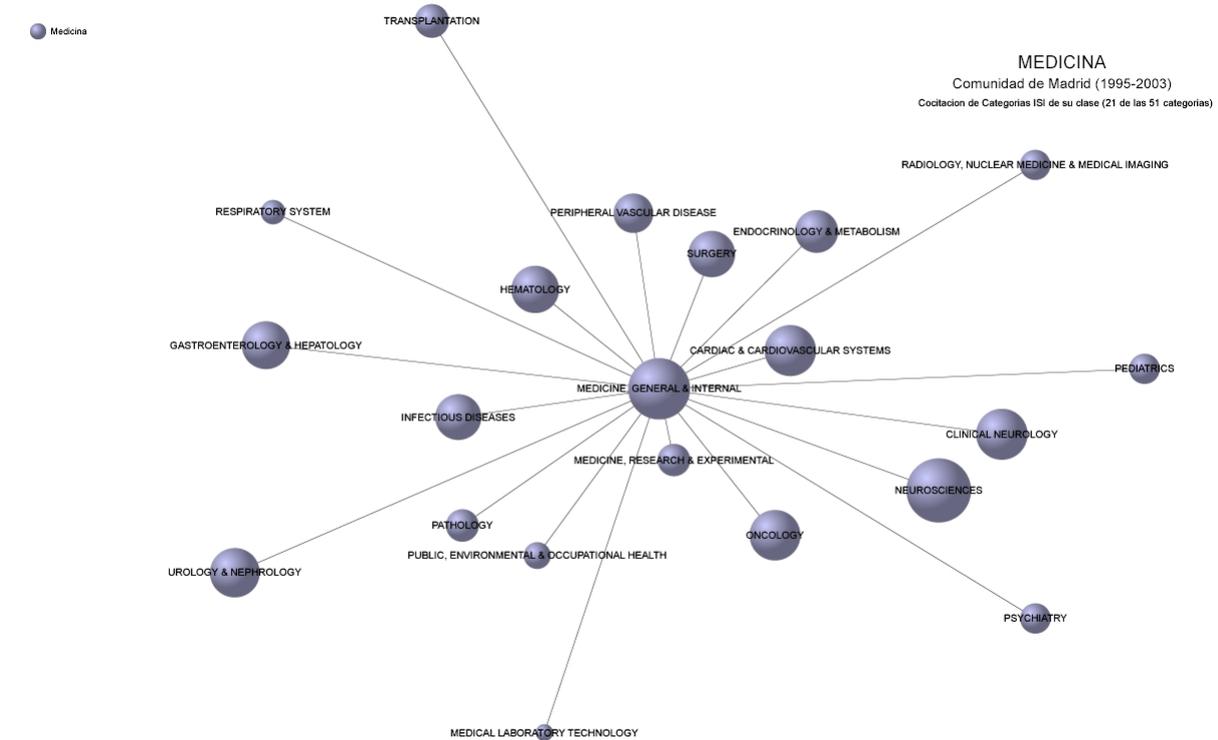


Figura 2. Mapa heliocéntrico de cocitación con las 21 primeras categorías en Medicina. Madrid. 1995-2003.

La misma técnica se emplea para generar el mapa de la Figura 3 y representa mediante un mapa heliocéntrico, las relaciones con las disciplinas más cocitadas independientemente de la clase a la que pertenezca. Están coloreadas con diferente tono para distinguirlas de la de Medicina y aparecen sólo de dos clases: de Biología Molecular, Celular y Genética y de Fisiología y Farmacología. Aparecen siete categorías pertenecientes a la Biología: Bioquímica y Biología Molecular, Inmunología, Biología Celular, Microbiología, Biología, Biofísica y Genética y Herencia. Con la Farmacología, se relaciona a través de Farmacología y Farmacia y la Psiquiatría constituyendo una disciplina heterogénea, en el sentido que comprende muchas disciplinas. Las relaciones con las algunas sub-disciplinas de Biología son muy intensas. Al ser

visualizadas en esta nueva representación, se cambia la composición y el orden del núcleo interno de la estructura “cognitiva” de la Medicina. De hecho, y a diferencia del mapa de la Fig. 2, las sub-disciplinas con mayor valor, son ajenas a la Medicina, como la Bioquímica y la Biología Molecular, Inmunología, Farmacología y Farmacia que conjuntamente con Medicina, Investigación y Experimental, constituyen el núcleo externo “cognitivo” de la disciplina. Además, si se entiende que el grado de diversidad de la “heliocentricidad” de un dominio es directamente proporcional a su nivel interdisciplinar, se puede apreciar el escaso carácter de esa cualidad en este dominio. El perfil de las actividades de investigación indica que tiene un menor grado de interdisciplinariedad y que, al menos, desde la perspectiva bibliométrica adoptada en este trabajo, es una disciplina poco colonizada por otras áreas.

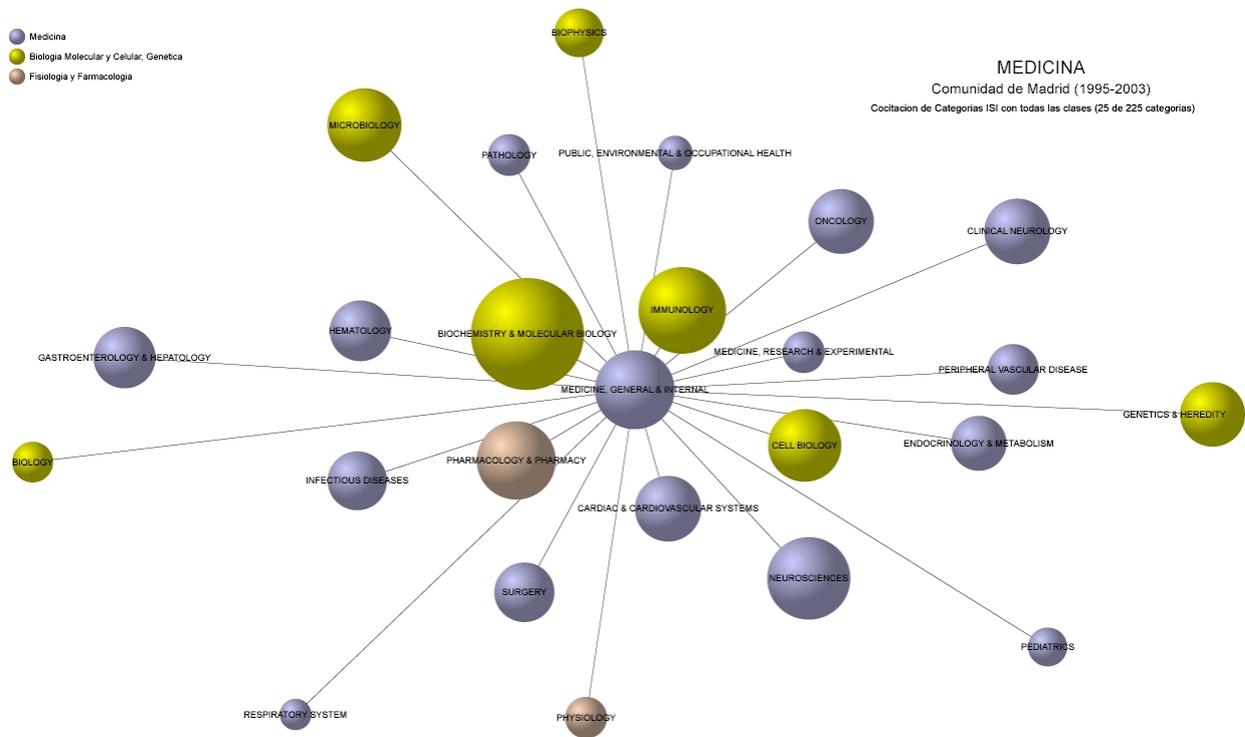


Figura 3 Mapa heliocéntrico de cocitación de categorías con las primeras 25 categorías de todas las clases. Medicina. Madrid. 1995-2003

Conclusiones

Los mapas de cocitación son una técnica clásica para identificar relaciones estructurales entre los sub-campos de una disciplina y proporcionan vistas complementarias de un determinado dominio de conocimientos. La delimitación de perfiles de actividades de investigación a partir de la categorización temática definida a través de conjuntos de revistas, es una aproximación que permite identificar y caracterizar con suficiente detalle los sub-campos de un determinado dominio, en una dimensión media como es en el caso de la Comunidad de Madrid. El enfoque elegido proporciona unos mapas que representan de forma útil la estructura reciente de la literatura científica publicada en Medicina, mediante una red de categorías cocitadas e incrementan nuestra comprensión del dominio al capturar la disposición y organización temática del dominio, proporcionándonos información adicional de las relaciones entre las entidades contenidos en los mapas. Podemos definir, con cierta confianza, la composición del núcleo interno y externo de la estructura "cognitiva" de la Medicina en Madrid, debido a las posiciones centrales que ocupan en los mapas heliocéntricos, así como otros sub-campos y las relaciones que mantienen entre ellas en virtud de su cercanía o alejamiento. Se puede observar que la Medicina tiene una elevada actividad intelectual común con la Biología Molecular, Celular y Genética, en particular con la Bioquímica y la Inmunología. La Investigación Médica y Experimental forma parte tanto del núcleo interno como externo. También se observan las especialidades periféricas como la Ética Médica, Rehabilitación, Andrología, Medicina Legal, Enfermería y otras.

Una pregunta interpretativa fundamental acerca de cualquier mapa se refiere a la relación con otros mapas. ¿Cuál es la relación del contenido de un mapa en particular (o alguna característica dentro de él) con otros mapas contemporáneos de otras disciplinas?, ¿cuál es la relación con otros mapas del mismo género? Las preguntas varían, pero su importancia es universal. Ningún mapa está herméticamente cerrado en sí mismo, ni puede responder a todas las preguntas que despierta. Tarde o temprano la interpretación de los mapas anteriores se convierte en un ejercicio de cartografía comparativa.

Bibliografía

- ANEP (2006). Áreas temáticas. [En línea] *Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva. Ministerio de Educación y Ciencia*. <http://www.mec.es/ciencia/jsp/plantilla.jsp?area=anep&id=22>. [Consulta 12/03/06].
- Ding, Y., Chowdhury, G., y Foo, S. (2000) "Journal as markers of intellectual space: journal cocitation analysis of Information Retrieval area, 1987-19972". *Scientometrics*, 47,(1), p. 55-73.
- Herrero Sola, V., y Hassan, Y. (2006). "Metodologías para el desarrollo de Interfaces Visuales de recuperación de información: análisis y comparación". [En línea] *Information Research*, 11, (3) <http://informationr.net/ir/11-3/infres113.html> [Consulta: 10/3/2007].
- Hicks, D. y Katz, J.S. (1997). *The changing shape of British industrial research*. Steep special report, nº 6.
- JCR. (2006). *Journal Citation Report*. [En línea]. Philadelphia: Institut for Scientific Information. <http://www.accesowok.fecyt.es/> [Consulta: 13-5-2006].
- Kamada, T. & Kawai, S. (1989). "An algorithm for drawing general undirected graphs". *Information Processing Letters*, 31, p. 7-15.
- Kohonen, T. (1989). *Self-organization and associative memory*. Berlin : Springer-Verlag.
- Noyons, E. (2001). "Bibliometric mapping of science in a science policy context". *Scientometrics*, 50, (1), p. 83-98.
- McCain, K (1990). "Mapping authors in intellectual space: a technical overview". *Journal of the American Society for information Science*, 41 (6), p. 433-443.
- McCain, K. et. al. (2005). "The use of bibliometric and knowledge elicitation techniques to map a knowledge domain: software engineering in the 1990s". *Scientometrics*, 65 (1), p. 131-144.
- Moed, H. (2005). *Citation analysis in research evaluation*. Dordrecht: Springer
- Morillo, F., Bordons, M., y Gómez, I. (2003). Interdisciplinary in science: a tentative typology of disciplines and research areas. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(13), p.1237-1249.
- Moya Anegón, F. [et al.] (2004). "A new technique for building maps of large scientific domains on the cocitation of classes and categories". *Scientometrics*, 61 (1), p. 129-145.
- Olmeda Gómez, C. et .al. (2007). *Indicadores científicos de Madrid (ISI, Web of Science, 1990-2003)*. Madrid: Comunidad de Madrid.
- Price, D. S. (1965). "Networks of scientific papers". *Science*, 49, p. 310-315.
- Price, D.S. (1969). "Ciencia y tecnología: distinciones e interrelaciones". En: Barnes (ed.) *Estudios sobre sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza, p. 163-177.
- Van Raan (2004). "Measuring science". En: Moed, H. F., Glänzel, W. y Schmoch U. (ed) *Handbook of quantitative science and technology research*. Dordrecht: Kluwer, p. 19-30.
- Small, H. y Griffith, B.C. (1974). "The structure of scientific literatures I: Identifying and graphingspecialties. *Science Studies*, 4, (1), p. 17-40.
- Small, H. y Sweeney, E. (1985). "Clustering the Science Citation Index[®] using cocitation". *Scientometric*, 7, (3-6), p. 391-409.

Vargas Quesada, B. y Moya Anegón, F. (2007). *Visualizing the Structure of Science*. Dordrecht: Springer.

White, H.D. (1990). "Author cocitation analysis: overview and defense". En: C. Borgman (ed). *Bibliometric and scholarly communication*. Newbury Park, CA: Sage, 1990, p. 84-106.

White, H. (2003). "Pathfinder networks and author cocitation analysis: a remapping of paradigmatic information scientists." *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54 (5), p. 423-434.

White, Howard D. y McCain, K. (2002). "In memory of Belver C. Griffith". *Journal of the American Society for Information Science*, august, p. 959-962.

WOS. (2006). *Web of Science*. [En línea]. Philadelphia: Institut for Scientific Information. <http://portal.isiknowledge.com/> [Consulta: 13-5-2006].

Zitt M. y Bassecouard, E. (1994). "Development of a method for detection and trend analysis of research fronts built by lexical or cocitation analysis". *Scientometrics* 30, (1), p. 333-351