

El método de las palabras asociadas (II): Los ciclos de vida de los temas de investigación

ROSARIO RUIZ-BAÑOS

RAFAEL BAILÓN-MORENO

Universidad de Granada

El método de las palabras asociadas es capaz no sólo de descubrir la estructura interna de las redes científicas sino que puede poner de manifiesto sus transformaciones temporales. Los temas de investigación se van encadenando de generación en generación formando las denominadas series temáticas. Estas series temáticas son representables sobre un diagrama cronológico, un diagrama estratégico y seguirse en la evolución de sus parámetros o ciclo de vida. Son muchas las redes científicas analizadas mediante las palabras asociadas llegándose en todos los casos a alcanzar un grado de comprensión de éstas más que notable.

PALABRAS CLAVE: Redes científicas, Método de las palabras asociadas, Leximappe, Centralidad, Densidad, Diagrama estratégico, Ciclo de vida.

THE ASSOCIATED WORDS APPROACH (II): THE LIFE CYCLE OF RESEARCH TOPICS

The associated words approach is capable not only of discovering the internal structure of scientific networks but also of tracing their changes through time. Research topics link up with each other from generation to generation creating what is called thematic series. These series can be represented by means of a chronological diagram, a strategic diagram, and the development of their parameters or life cycle can also be traced. Many scientific networks have been analysed by the associated words approach and the degree of understanding achieved has always been more than remarkable.

KEY WORDS: Scientific networks, associated words approach, leximappe, centrally, density, strategic diagram, life cycle.

1. INTRODUCCIÓN

El método de las palabras asociadas (programa Leximappe, [Whittaker, 1988], [CSI, 1992]), según se ha visto en la parte I de este trabajo, es capaz de descubrir la estructura interna de la ciencia. Pero puede llegar aún más lejos: es capaz de poner de manifiesto la dinámica evolutiva de esta estructura. Esta evolución se debe al cambio que sufren en sus definiciones los actores, causada por el juego de intereses existente entre ellos y que Latour denomina traducción.

2. ANÁLISIS DINÁMICO DE LA TRANSFORMACIÓN DE LAS REDES

Una vez identificados los actores que constituyen una red, temas, revistas, autores y centros de investigación, y las relaciones que los ligan, podemos dar un paso más que mejorará notablemente nuestro análisis: detectar y explicar las transformaciones o traducciones que sufre la red a lo largo del tiempo. Como ya se indicó en la introducción, los actores nunca permanecen constantes, sino que su definición va cambiando continuamente conforme ellos van generando nuevos conocimientos. En definitiva, un estudio cuantitativo, a la luz de la teoría actor-red, debe contemplar este hecho y debe ser la guía y norte de la explicación del devenir científico y técnico.

El método de las palabras asociadas dispone de herramientas para abordar adecuadamente esta cuestión, y que a continuación vamos a exponer aunque solo sea someramente.

2.1. Comparación de los temas. Índices de intersección y de transformación.

Hay que advertir que los índices que se van a definir a continuación se utilizan tanto para comparar temas en diferentes tiempos, análisis dinámico, como temas en diferentes redes (por ejemplo redes de investigación académica e investigación técnica) en el mismo periodo de tiempo. Sea cual fuere la intencionalidad, las definiciones son idénticas, aunque el alcance de las conclusiones que se extraigan serán diferentes.

a) Índice de intersección. Supongamos dos temas T_1 y T_2 y queremos determinar su similitud. Definiremos índice de intersección como el número de palabras comunes, W_{12} , que hay entre ambos temas [Callon et al., 1.991]. Normalmente diremos que dos temas están relacionados por su similitud temática si su índice de intersección supera un umbral mínimo de, por ejemplo, 3. Este índice no es suficientemente ecuánime, ya que dependiendo del tamaño de los temas que se comparan, el número de palabras comunes puede representar fracciones de tema muy distintas y por tanto similitudes relativas variables: dos temas de 4 palabras en total con 3 comunes son, por supuesto, más similares que dos temas de 15 palabras en total y también con 3 comunes.

b) Índice de transformación. Sean de nuevo los temas T_1 y T_2 y queremos determinar cuánto se diferencian entre ellos. Para ello podemos definir el índice de transformación, t , como el cociente entre la suma de palabras existentes en ambos temas y el número de palabras comunes:

$$t = \frac{W_1 + W_2}{W_{12}} \quad (1)$$

donde: W_1 .- Número de palabras del tema 1.

W_2 .- Número de palabras del tema 2.

W_{12} .- Número de palabras comunes entre los temas 1 y 2.

Hay que hacer notar que si dos palabras aparecen en los dos temas a la vez, deben contarse dos veces [Callon et al., 1991]. Cuando dos temas son iguales el índice de transformación vale 0 y cuando son totalmente distintos, infinito.

c) Índices de influencia y de procedencia. Miden el grado de continuidad entre dos generaciones de temas. El índice de influencia es la proporción de palabras de un tema que reaparecen en otro tema de la siguiente generación. Cuando la proporción citada se acerca a la unidad diremos que la influencia de un tema de la primera generación sobre otro de la segunda generación es elevada. El índice de procedencia muestra la proporción de palabras de un tema de segunda generación que provienen de un tema de primera generación. Ambos índices, el de influencia y el de procedencia presentan valores entre 0 y 1 [Law et al., 1992].

Conjuntamente al uso de índices como los anteriores, es conveniente analizar las palabras, una a una y que van cambiando, para así ir valorando cuál es la carga conceptual que presenta el tema cada año.

2.2. Series temáticas

Una serie temática es un conjunto de temas de generaciones encadenados por un valor de similitud umbral. Esta relación viene determinada por el Índice de Similitud Dinámica, ISD. Es una medida de la cantidad de significación que un tema conserva a lo largo de las traducciones sucesivas que sufre a lo largo del tiempo. Se calcula como el cociente entre el cuadrado del número de palabras que se conservan y el producto del número de palabras que contiene el tema antes y después.

$$t = \frac{W_{12}^2}{W_1 + W_2} \quad (2)$$

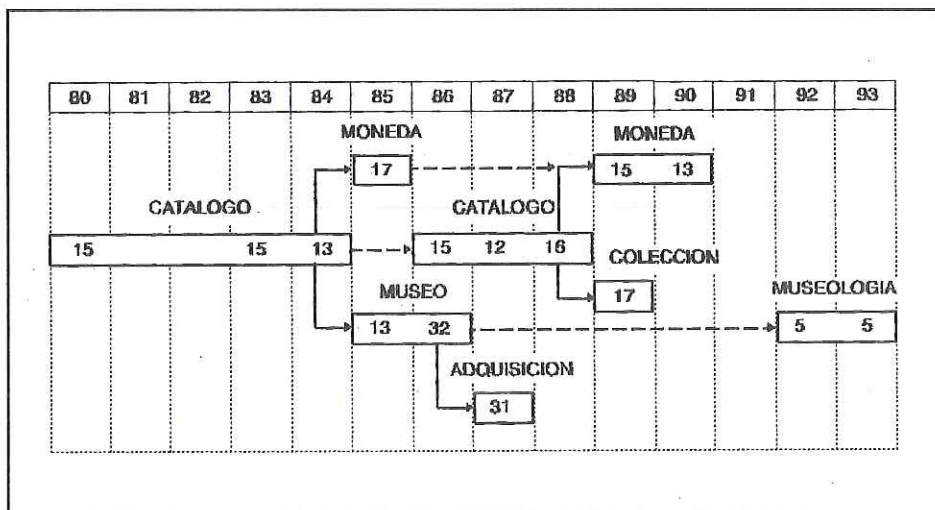
donde: W_{12} .- Palabras comunes del tema en la generación 1 con el tema en la generación 2.

W_1 .- Palabras de la generación 1

W_2 .- Palabras de la generación 2.

El valor del ISD oscila entre 0 (no se parece en nada un tema de una generación con otro tema de la generación siguiente) y 1 (cuando se mantiene idéntico, sin cambio alguno).

FIGURA 1
SERIE TEMÁTICA CATÁLOGO/NUMISMÁTICA/MUSEOLOGÍA



Si sabe que si se toma como umbral un valor del ISD igual a 0.09, es posible construir cadenas de temas similares o series temáticas de manera óptima. Si estas cadenas las representamos gráficamente respecto del tiempo obtenemos lo que se denomina **diagrama cronológico**. Es muy útil para visualizar con comodidad el camino seguido por los temas a lo largo del tiempo, sus apariciones, desapariciones, fusiones y disgregaciones.

En la figura 1 se muestra el diagrama cronológico de la serie temática Catálogo / Numismática / Museología de la red científica Arqueología Internacional [Ruiz-Baños, 1997]. Comienza su trayectoria en 1980 y perdura hasta 1993 en que se ha dado por finalizado el estudio. El programa Leximappe asigna un número a cada tema, que puede ser diferente de un año a otro. Este número de tema es el que se especifica en los recuadros del diagrama cronológico. Inicialmente nuestra serie temática se denomina Catálogo porque este descriptor es la palabra principal del tema. Conforme pasa el tiempo y alcanzando el año 1985, se bifurca y cambia su significación por un lado a moneda (tema 17) y a museo (tema 13). Catálogo desaparece, por tanto en este año y vuelve a aparecer en 1986 bifurcándose de nuevo en Moneda (tema 15 del 89) y Colección (tema 17 del 89). La línea de museo al poco tiempo se transforma en adquisición, pero no fructifica. Finalmente reaparece en 1992 con la denominación de Museología con el nº 5. Ahora Museología representa unos intereses mayores, ya que expresa una disciplina con entidad propia. Museo solo se refería simplemente al lugar donde se guardaban o conservaban las colecciones.

Un análisis pormenorizado de los descriptores de cada tema nos puede aportar más información al esquema de la serie temática.

2.3. Evolución de los descriptores de los temas

La figura 2 muestra los descriptores completos de la serie temática en estudio. Con la construcción de esta tabla es posible conocer la evolución conceptual de los temas.

La palabra principal de cada tema se representa con la letra «p», mientras que el resto de las palabras se representan con un asterisco. En la tabla observamos cómo los descriptores cambian con el tiempo, desapareciendo unos para dar paso a otros. Esto es lo que se denomina sentido lingüístico de la traducción. Es de destacar cómo los descriptores de los temas 5 del 92 y 5 del 93 son idénticos entre sí y muy diferentes a los anteriores. Es justamente el cambio que se produce al pasar de Museo a Museología. Se busca ahora otra finalidad, la de enseñar, la de llegar al gran público con finalidad pedagógica.

FIGURA 2
DESCRIPTORES DE LA SERIE CATÁLOGO/NUMISMÁTICA/MUSEOLOGÍA

CATALOGO / NUMISMATICA / MUSEOLOGIA																
DESCRIPTORES	80	83	84	85	85	86	86	87	87	88	89	89	90	91	92	93
	15	15	13	13	17	15	32	12	31	16	15	17	13		5	5
CATALOGO	p	p	p	*		p		p		p	*		*			
KOWEIT	*	*	*													
FAILAKA, KUWAIT	*	*	*			*		*		*						
SELLO CILINDRICO	*	*	*	*		*		*		*		*				
BRITISH MUSEUM, LONDON	*	*	*	*		*		*		*		*				
COLECCION	*	*	*	*		*		*		*		p				
METAL (OBJETO)	*	*	*	*		*		*		*		*				
MANUSCRITO	*	*	*	*		*		*		*		*				
CHIPRE	*	*	*	*	p		p		*	*		*		*	*	
MUSEO	*	*	*	*	*											*
RHEINLAND MUSEEN, DEU		*	*	*	*											*
MONEDA		*	*	*	p	*		*		*		*		p		
VIDRIO (OBJETO)		*	*	*	*	*		*		*		*				
IRAN		*	*	*	*	*		*		*		*				
PROXIMO ORIENTE		*	*	*	*	*		*		*		*				
MUSEE DU LOUVRE, PARIS		*	*	*	*	*		*		*		*				
EGYPTIAN MUSEUM, CAIRO		*	*	*	*	*		*		*		*				
ADQUISICION		*	*	*	*	*		*		p		*				
ESTATUA		*	*	*	*	*		*		*		*				
ALASIYA		*	*	*	*	*		*		*		*				
NUMISMATICA		*	*	*	*	*		*		*		*				
TESORO		*	*	*	*	*		*		*		*				
BIBLIOTHEQUE NATIONALE		*	*	*	*	*		*		*		*				
MUSEOLOGIA																p
PUBLICO																p
FRANCIA																*
PEDAGOGIA																*
OBSERVACION																*
NIÑO																*
ENSEÑANZA																*
ARREGLO																*
METODOLOGIA																*

2.4. Movimiento de los temas en el diagrama estratégico

El seguimiento de las posiciones de los temas en el diagrama estratégico nos permite establecer pautas de comportamiento evolutivo. Por ejemplo, Courtial [1990] detecta en un estudio sobre la química de los polímeros los siguientes movimientos:

- Temas situados en el cuadrante 2 (abajo a la derecha) presentan la tendencia a subir al cuadrante 1 (arriba a la derecha). Esto significa que los temas centrales en la red tienen tendencia a desarrollarse internamente.
- Temas altamente desarrollados y centrales, situados en el cuadrante 1, tienden a alejarse del dominio de investigación en estudio dirigiéndose hacia otros campos científicos. En este caso el movimiento es del cuadrante 1 al cuadrante 3 (temas desarrollados no centrales).

En estos casos podría hacerse la siguiente generalización: los temas nacen en el cuadrante 4 (poco desarrollados y periféricos), pasan al cuadrante 2 (centrales y de elevado interés pero todavía poco desarrollados), para luego continuar en el cuadrante 1 (alta centralidad y desarrollo) y seguir en el cuadrante 3 (desarrollados pero cada vez menos interesantes y más alejados del centro de la red). Finalmente vuelven al cuadrante 4 en que mueren por indefinición interna y alejamiento de la red. Este movimiento circular en el sentido contrario de las agujas del reloj no suele observarse completo debido a las continuas traducciones y redefiniciones de los actores temáticos.

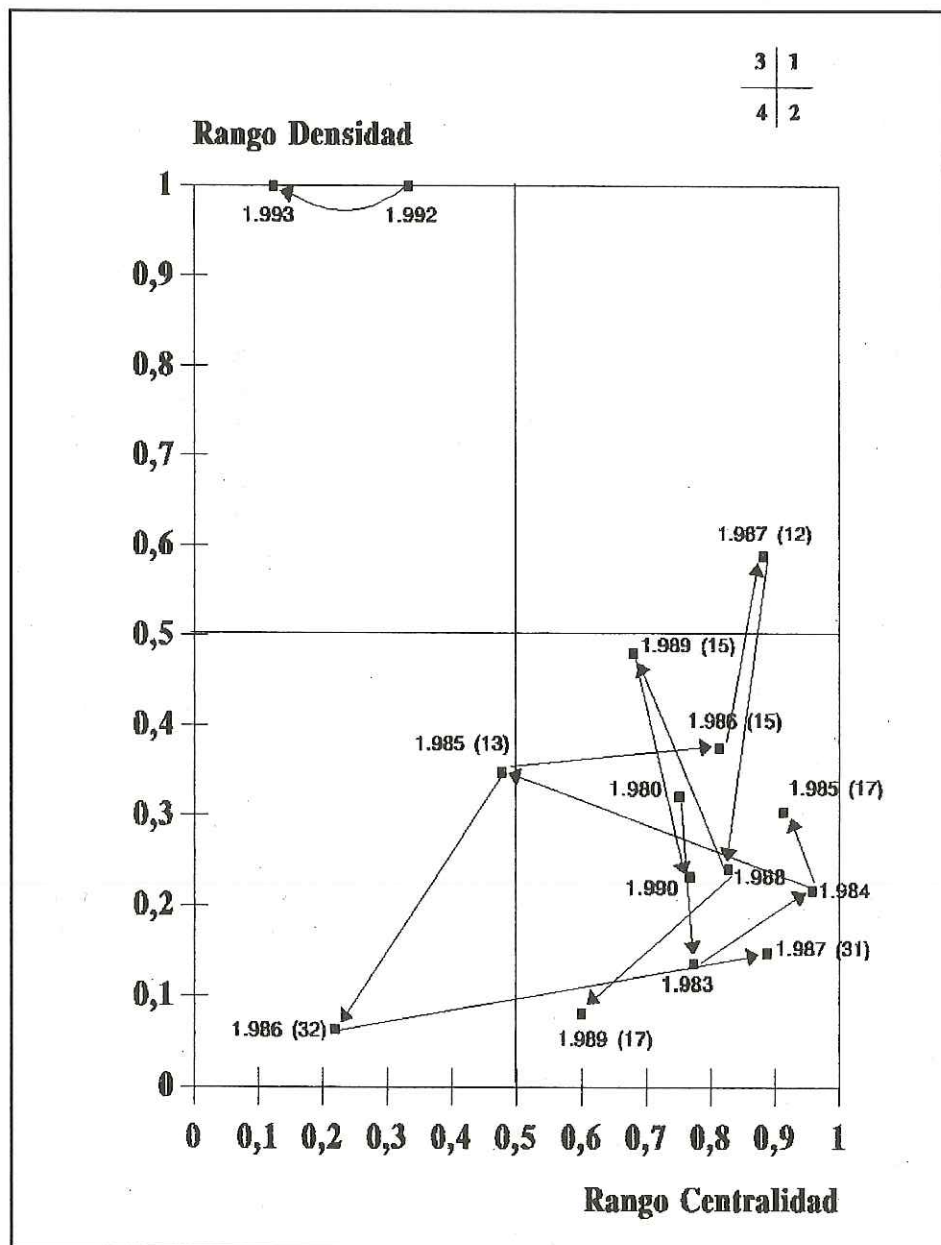
En otros casos, el movimiento es a la inversa [Rocher et al., 1995], cuando temas objeto procedentes del exterior de la red aparecen en el cuadrante 3 (arriba a la izquierda), pasan al cuadrante 1 produciéndose una «proliferación» y convergencia de líneas correspondientes a la construcción de nuevos conocimientos.

En la figura 3, se muestra el diagrama estratégico de nuestro ejemplo Catálogo / numismática / Museología. Observamos que esta serie temática se desarrolla fundamentalmente en el cuadrante 2, alta centralidad y baja densidad. Esto indica que está muy bien relacionado con otros temas de la red Arqueología, pero muy mal desarrollado internamente. Esta mala cohesión interna puede explicar las continuas disgregaciones que sufre la serie temática a lo largo de su vida. Hay que destacar que cuando en 1992 y 1993 la significación es Museología, se traslada a la posición contraria del diagrama: baja centralidad y alta cohesión interna o densidad. La Museología se ha alejado de la Arqueología y debido a su buenas relaciones internas se ha constituido como disciplina independiente.

2.5. Ciclos de vida de los temas

Supongamos que seguimos la evolución de un tema durante un periodo largo de años a través del estudio de sus propiedades. Tendremos sobre la serie temática informaciones abundantes y muy significativas. Esta evolución dinámica de las pro-

FIGURA 3
DINÁMICA ESTRATÉGICA
CATÁLOGO/NUMISMÁTICA/MUSEOLOGÍA



iedades de un tema es lo que denominamos ciclo de vida. En una representación gráfica podemos incluir variables como las siguientes:

1. Índice de transformación que nos expresará los cambios conceptuales del tema.
2. Centralidad y densidad: Nos ofrecerá una visión cuantificada y progresiva de la cercanía o alejamiento al centro de la red y del desarrollo interno.
3. Número de artículos: nos proporcionará información sobre el tamaño que adquiere en cada momento el tema.

Se han descrito tres patrones de ciclos de vida. El primero presenta un máximo de centralidad y densidad. Normalmente hay un desfase entre centralidad y densidad, sobre todo en la ciencia académica, precediendo la primera a la segunda. El porcentaje de artículos suele acusar este valor máximo.

El segundo tipo es aquel en que la centralidad y/o la densidad presentan dos máximos o picos. En este caso suele haber una profunda transformación en el contenido del tema, a veces tan grande que en el periodo de tiempo entre picos puede incluso desaparecer momentáneamente.

Por último el tercer tipo es aquel en que todos los parámetros incrementan o decrecientan constantemente.

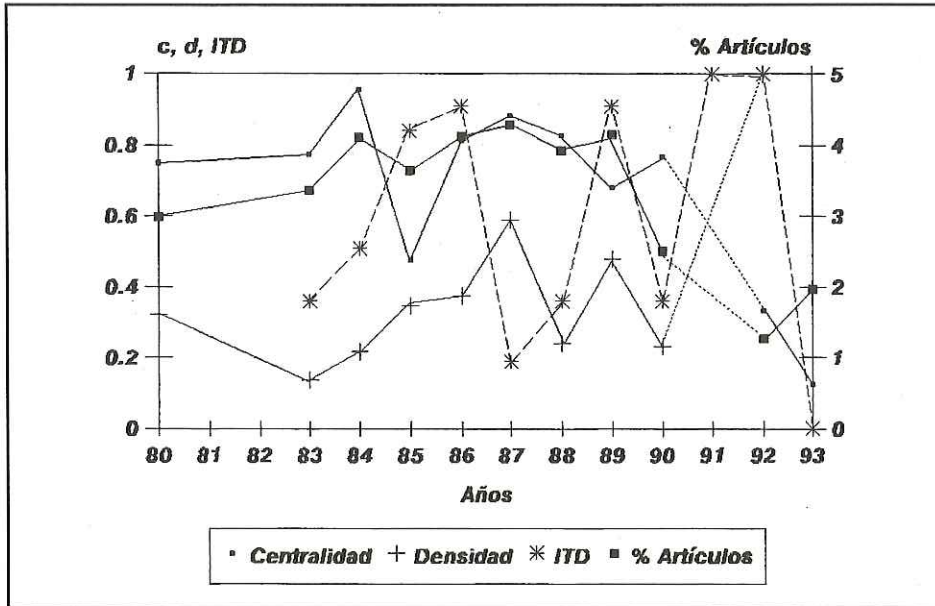
En la figura 4 se muestra el ciclo de vida de nuestra serie ejemplo. Se han representado los parámetros centralidad, densidad, % artículos e ITD. El ITD o Índice de Transformación Dinámica es el concepto complementario del ISD, ya que nos indica cuánto se transforma un tema al pasar de una generación a otra. Cuando el ISD vale 0, el ITD vale 1 y viceversa. En la gráfica podemos destacar cómo el porcentaje de artículos corre parejo con la centralidad: conforme más cercano al centro de la red se encuentra el tema, mayor es su producción.

3. ANÁLISIS PREDICTIVO

El conocimiento de los patrones de comportamiento de los temas con el tiempo o ciclos de vida nos puede permitir realizar predicciones a corto y medio plazo. Usualmente en los ciclos de vida se han seguido las variables centralidad, densidad, índice de transformación y número de artículos referentes al tema. Para llegar a profundizar aun más en estos patrones y sobre todo para poder encontrar causas que induzcan a comportamientos concretos se hace necesario incluir más variables en los ciclos de vida. Aparte de los patrones antedichos se está intentando encontrar el origen causal en el concepto de neguentropía y en la interpretación y modelización de las traducciones que puedan regir estas evoluciones [Rocher et al., 1995].

Esta cuestión del análisis predictivo es el reto investigador, difícil y complejo por su naturaleza, que se vislumbra para los próximos años.

FIGURA 4
**CICLO DE VIDA DEL TEMA CATÁLOGO/NUMISMÁTICA/
 MUSEOLOGÍA**



4. CAMPOS CIENTÍFICOS ANALIZADOS MEDIANTE EL MÉTODO DE LAS PALABRAS ASOCIADAS

Desde que a mediados de los años ochenta se inició el proyecto Leximappe se ha analizado alrededor de una veintena de áreas científicas con el método de las palabras asociadas.

El establecimiento inicial del método se llevó a cabo usando el índice de Jaccard para la generación de mapas circulares y el de inclusión para mapas verticales. En este primer estudio se analizaron los artículos publicados durante 10 años en la revista *Biotechnology and Bioengineering*, por lo que el análisis de parte del campo de la biotecnología representó el primer ensayo cuantitativo con el método de las palabras asociadas [Rip et al., 1984].

Posteriormente, otro de los primeros ensayos se ilustró con una pequeña colección de 172 artículos, distribuidos entre los años 1973 y 1978, sobre el tema «fibra dietética» y con un total de palabras clave de 144 [Courtial, 1986]. No existía por entonces todavía el programa Leximappe actual, evaluándose en este caso la estabilidad y propiedades de los mapas generados por la asociación de palabras-clave.

Con el método ya establecido, basado en el índice de equivalencia y en los conceptos de centralidad y densidad y con el uso del diagrama estratégico, se han realizado multitud de estudios, de los cuales citaremos algunos.

Uno de los más extensos es el referido al área de la química de los polímeros, comparándose la investigación puramente académica con la investigación general (académica más técnica). Las publicaciones fueron tomadas de la base de datos Pascal, indizada por expertos en cada una de las materias. El total de artículos recogidos entre los años 1973 y 1986 fue de 55.963 en el área general y de 15.475 en la académica. Con la abundante información obtenida se establecieron las estrategias fundamentales para la descripción de las redes [Courtial, 1989], [Courtial et al., 1990], [Courtial, 1990], [Courtial et al., 1991] y [Callon et al., 1991].

También en el campo de la química, y en concreto de las reacciones químicas, Bauin et al. [1991] estudian entre otros aspectos la relación entre la posición en el diagrama estratégico y los países de publicación.

En el área medioambiental, se estudia la cuestión de la lluvia ácida a la par que se desarrolla la mayor parte del software del Leximappe actual [Law et al., 1988] y [Law et al., 1992]. En el primer artículo se hace hincapié en la distribución de los temas por países, mientras que en el segundo el interés se orienta hacia la evolución de los temas de unos años en otros.

Recientemente y con el trasfondo del medio ambiente se han identificado las revistas más relevantes en relación a los diferentes temas dados por una nomenclatura pre-establecida por el ISI [Sigogneau, 1996]. En geología se ha estudiado igualmente la posición estratégica de los temas de la red de geología tectónica global [Callon et al., 1995].

Un estudio que abarca nada más y nada menos que 70 años de investigación, ha permitido llevar a cabo una «ciencimetría histórica» del área temática seguridad biológica. Por tanto el método de las palabras asociadas permite analizar con una amplia perspectiva cualquier área científica y poder escribir razonadamente la historia de la ciencia [Cambrosio, et al., 1993]. El programa utilizado se denomina CANDIDE, que es la versión de Leximappe para ordenadores Macintosh.

Leximappe ha sido usado igualmente como una herramienta para políticas investigadoras como medio de determinar la pertinencia de las líneas de investigación. Un análisis de este tipo ha sido llevado a cabo en los centros de investigación química de la región francesa Nord-Pas-de-Calai [Turner et al., 1991] y [Callon et al., 1995].

Como ya se ha comentado en capítulos anteriores, Leximappe no sólo es capaz de utilizar artículos científicos, sino que puede hacer uso de patentes para el estudio de la investigación en la industria [Courtial et al., 1993]. Un ejemplo relativo a la

industria de las pastas alimenticias es citado por Callon et al. [1995]. En estos casos, como las patentes no disponen de palabras clave es necesario un programa que sea capaz de generarlas automáticamente como Lexinet [Chartron, 1989].

En el área de las ciencias sociales el número de estudios llevados a cabo es notablemente inferior, pero no por eso ha sido descuidada. En concreto hay un trabajo sobre psicología del trabajo [Le Marc et al., 1991] y otro sobre psicología de la educación [Rocher et al., 1995]. Igualmente Ruiz-Baños aborda con el método de las palabras asociadas el análisis de la Arqueología internacional en el periodo comprendido entre 1980 y 1993. Aparte de varias aportaciones teóricas a la ciencimetría, consigue describir extensamente las 22 líneas fundamentales en la investigación arqueológica que actualmente se mantienen con más fortaleza [Ruiz-Baños, 1997].

Si es posible estudiar cualquier área del conocimiento ¿qué dice el método de las palabras asociadas de la ciencimetría?. En efecto, Courtial [1994] ha recogido de la base Pascal 296 artículos de ciencimetría durante el periodo 1988-1990 y 299 artículos en el periodo de 1992-1993. Se constatan los siguientes hechos:

- En el periodo 1988-1990 la distribución de temas en el diagrama estratégico se realiza tan solo en los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho. Esto indica una ciencia en vías de estructuración y de carácter policéntrico.
- En el periodo 1991-1992 se observa una distribución homogénea de los temas en todos los cuadrantes. La ciencimetría ha llegado a estructurarse y presenta un equilibrio y fortaleza suficientes para seguir desarrollándose.
- En el primer periodo la investigación se centra principalmente en la evaluación de la investigación científica y en el análisis de citas de revistas.
- En el segundo periodo los temas motor son la evaluación de la investigación científica, las bases de datos y en pleno desarrollo el análisis de la ciencia por el método de las palabras asociadas. Quedan como herramientas los bibliométricos y la productividad de los autores. En plena decadencia permanecen el factor de impacto y las fuentes documentales.

5. CONCLUSIONES

Esta revisión actualizada del método de las palabras asociadas pone de manifiesto el alcance y enorme capacidad de análisis que presenta esta metodología. Su futuro está construyéndose todavía y nuevas líneas de aplicación se están llevando a cabo, tanto en el estudio de las ciencias puras, como de las técnicas, las invenciones, la vigilancia tecnológica, los procesos sociales y psicológicos. Igualmente puede ampliarse el tipo de documentos y materiales analizables, usándose no solo artículos científicos y patentes sino que otros documentos, como revistas no científicas, periódicos, catálogos comerciales, fichas técnicas de productos y un largo etcétera pueden ser objeto de estudio. La siguiente década nos dirá hasta donde podrá llegar el método de las palabras asociadas.

BIBLIOGRAFÍA

- BAUIN et al., 1991, BAUIN, S.; MICHELET, B.; SCHWEIGHOFFER, M.G., y VERMEULIN, P. Using bibliometrics in strategic analysis: understanding chemical reactions at the CNRS. *Scientometrics*, 1991, vol. 22, nº 1, p. 113-137.
- CALLON et al., 1991, CALLON, M.; COURTIAL, J.P., y LAVILLE, F. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: the case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 1991, vol. 22, nº 1, p. 155-205.
- CALLON et al., 1995, CALLON, M.; COURTIAL, J.P., y PENAN, H. Cienciometría. La medición de la actividad científica: De la bibliometría a la vigilancia tecnológica. Gijón: Trea, 1995. ISBN 84-87733-94-8.
- CAMBROSIO, et al., 1993, CAMBROSIO, A.; LIMOGES, C.; COURTIAL, J.P., y LAVILLE, F. Historical scientometrics? mapping over 70 years of biological safety research with co-word analysis. *Scientometrics*, 1993, vol. 27, nº 2, p. 119-143.
- CHARTRON, 1989, CHARTRON, G. Lexicon management tools for textual database: the Lexinet system. *Journal of Information Science*, 1989, vol. 15, p. 339-344.
- COURTIAL, 1986, COURTIAL, J.P. Technical issues and developments in methodology. En: Callon, M.; Law, J., y Rip, A., eds. Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world. London: MacMillan Press LTD, 1986.
- COURTIAL, 1989, COURTIAL, J.P. Qualitative models, qualitative tools and network analysis. *Scientometrics*, 1989, vol. 15, nº 5-6, p. 527-534.
- COURTIAL, 1990, COURTIAL, J.P. Introduction à la scientométrie: de la bibliométrie à la veille technologique. Paris: Anthropos, 1990. ISBN 2-7178-1935-5.
- COURTIAL, 1994, COURTIAL, J.P. A coword analysis of scientometric. *Scientometrics*, 1994, vol. 31, nº 3, p. 251-260.
- COURTIAL et al., 1990, COURTIAL, J.P., y MICHELET, B. A mathematical model of development in a research field. *Scientometrics*, 1990, vol. 19, nº 1-2, p. 127-141.
- COURTIAL et al., 1991, COURTIAL, J.P., y CALLON, M. Indicators for the identification of strategic themes within a research programme. *Scientometrics*, 1991, vol. 21, nº 3, p. 447-458.
- COURTIAL et al., 1993, COURTIAL, J.P.; CALLON, M. y SIGOGNEAU, A. The use of patent titles for identifying the topics of invention and forecasting trends. *Scientometrics*, 1993, vol. 26, nº2, p. 231-242.
- CSI, 1992, CSI. Centre de Sociologie de L'Innovation. Leximappe-Doc. École Nationale Supérieure des Mines, Paris, France [1.992].
- LAW et al., 1988, LAW, J.; BAUIN, S.; COURTIAL, J.P., y WHITTAKER, J. Policy and the mapping of scientific change: a co-word analysis of research into environmental acidification. *Scientometrics*, 1988, vol. 14, nº 3-4, p. 251-264.
- LAW et al., 1992, LAW, J., y WHITTAKER, J. Mapping acidification research: a test of the co-word method. *Scientometrics*, 1992, vol. 23, nº 3, p. 417-461.
- LE MARC et al., 1991, LE MARC, M.; COURTIAL, J.P.; DROZDA SENKOVSKA, E.; PETARD, J.P., y PY, Y. The dynamics of research in the psychology of work from 1973 to 1987: from the study of companies to the study of professions. *Scientometrics*, 1991, vol. 21, nº 1, p. 69-86.

- RIP, et al., 1984, RIP, A., y COURTIAL, J.P. Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. *Scientometrics*, 1984, vol. 6, nº 6, p. 381-400.
- ROCHER, et al., 1995, ROCHER, Y.A., y COURTIAL, J.P. (Centre de Sociologie Ecole de Mines de Paris). L'analyse d'un collectif a travers l'exemple d'un domaine de recherche. Le modele de la traduction généralisée dans les interactions sociales, Journées CSI-95. Ecole de Mines de Paris, 11-13, diciembre, 1995.
- RUIZ-BAÑOS, 1997, RUIZ BAÑOS, R. Ciencimetría de redes. Análisis de la investigación internacional sobre Arqueología mediante el Método de las Palabras Asociadas (1980-1993) [Tesis Doctoral]. Granada, 1997.
- SIGOGNEAU, 1996, SIGOGNEAU, A. Between policy categories and research activities: reviews and journal to descibe «enviromment» networks. *Scientometrics*, 1996, vol. 37, nº 2, p. 337-348.
- TURNER, et al., 1991, TURNER, W.A., y ROJOUAN, F. Evaluating input/output relationships in a regional research network using co-word analysis. *Scientometrics*, 1991, vol. 22, nº 1, p. 139-154.
- WHITTAKER, 1988, WHITTAKER, J. Co-word analysis: The Keele programs. Reino Unido: Universidad de Keele, 1988. Disponible en: Centre de Sociologie de l'Innovation. Ecole National Superieur des Mines. Paris.