

Capítulo 6

Aplicaciones del método de análisis de palabras asociadas (Co-Words)

*Ivón Romero-Pérez
Alexander Pulido-Rojano*

Introducción

Para definir acciones concretas en la distribución eficiente de los recursos destinados al fortalecimiento y desarrollo de distintos campos científicos, las instituciones y centros de investigación deben implementar procesos y procedimientos ágiles que les ayuden a tomar decisiones acertadas frente a la definición de políticas, programas y planes estratégicos de fomento a la investigación. Desde esta perspectiva, la Cienciometría como disciplina aporta los instrumentos e indicadores básicos necesarios para evaluar de forma objetiva la estructura, dinámica, producción y evolución de los componentes que integran y relacionan las distintas disciplinas y áreas de un campo de conocimiento científico.

Precisamente, los indicadores relacionales son instrumentos de análisis utilizados para el fortalecimiento de líneas

de investigación en distintos campos, porque proporcionan información estratégica relacionada con las tendencias, problemas, enfoques y temas de investigación desarrollados. Asimismo, son herramientas que ayudan en la descripción de las características, estructura y dinámicas de la producción científica, elementos fundamentales para trazar nuevos procesos y estrategias de formación e investigación disciplinar, en este caso, mediante el uso de técnicas especializadas que ayudan a identificar patrones de conocimiento que subyacen en la red de interacciones entre el conjunto de actores y el conjunto de trabajos publicados.

Sin embargo, con el incremento de las investigaciones científicas y su diseminación en la Web y las bases de datos, las ciencias se encuentran en constante cambio y como consecuencia en constante evolución, es por ello que, los científicos actualmente deben apropiarse de herramientas ágiles y confiables que les permita seleccionar, revisar y analizar grandes volúmenes de información. Razón por la cual, este trabajo fue desarrollado con el objetivo describir el método de palabras asociadas como unos de los instrumentos aplicados para evaluar la ciencia y tomar de decisiones acertadas frente a la identificación de enfoques y líneas de investigación dentro de un campo científico. Este método a la vez sirve de indicador de análisis relacional para medir las relaciones y asociaciones de palabras en un conjunto de documentos científicos, develando patrones de conocimiento inherentes a las estructuras semánticas que emergen de la relación entre las principales unidades léxicas extraídas.

La importancia de este capítulo recae principalmente en describir el método a través de sus orígenes, aplicaciones y estrategias complementarias, para contribuir en la reorientación de las prácticas de producción bibliográfica a partir de la

identificación y visualización de dominios científicos relevantes y emergentes en un campo, disciplina o área de conocimiento, así como para fortalecer las competencias investigativas en torno a la búsqueda, comparación, clasificación, extracción y visualización de información relevante para la producción de nuevo conocimiento. En esencia, en este capítulo se presentará de manera general los antecedentes que dieron origen al método, haciendo hincapié en la descripción de los trabajos más representativos que han contribuido con el desarrollo y fundamentación de la temática propuesta por Callon et al. (1983); Latour, Law & Rip (1986); Courtial (1990), entre otros.

También se expondrá las teorías y conceptos que sustentan el método desde el punto de vista de la Cienciometría de la estructuración o sociología de la traducción, partiendo de la descripción general de la teoría de Actor-Red, tratando de producir un constructo que sea base para futuras investigaciones. Por otra parte, a nivel metodológico, se hará una revisión documental con el propósito de describir el enfoque, sus características y técnicas de visualización complementarias para mejorar sus resultados, como ocurre con: el Análisis de Redes Sociales (ARS) y los Diagramas Estratégicos.

Finalmente, se concluirá con la presentación del método a través de la descripción de su modelo matemático y estadístico y formas de aplicación en distintas áreas de conocimiento; generalizando de esta manera su aplicación como instrumento confiable para la evaluación y representación objetiva de la producción científica.

6.1 Origen del método de análisis de palabras asociadas (co-words)

El método de palabras asociadas o co-palabras tiene su origen según Kostoff et al. (1998) en la década de 1940

cuando Hornby realiza un estudio sobre lexicografía y se desarrollan investigaciones sobre la correlación lingüística realizada por De Saussure, sin embargo, sólo a finales de la década de 1970 alcanza su máximo esplendor con el desarrollo del campo de la cienciometría moderna al desarrollarse métodos y procedimientos matemáticos, estadísticos e informáticos desarrollados inicialmente en la fundamentación conceptualmente y metodológica de la Teoría de Actor-Red, con Callon y Courtian como sus principales exponentes.

Aunque la historia del método tiene sus antecedentes en diversas disciplinas, su avance en el campo de la Cienciometría está ligado con los estudios teóricos y empíricos realizados por Derek John de Solla Price en 1963 a través de los cuales analiza la co-ocurrencia de citas (co-citaciones) como instrumento de análisis para identificar, describir y representar las estructuras dinámicas y evolución de la producción científica y la descripción de los textos y sus relaciones conceptuales o temática a través de las citas bibliográficas. Gracias a estos y otros estudios, De Solla, recibió el reconocimiento como el padre de la Cienciometría (Crawford, 1984; Mackay, 1984) por obras tan importantes como "*Little Science, Big Science*", un libro que describe los principios de la Ley de Crecimiento Exponencial de la Ciencia; en donde expone cómo en un periodo de tiempo el volumen de las publicaciones científicas se incrementa exponencialmente según las características de la disciplina y su punto de inflexión (Gutiérrez, 2014; De Solla, 1963).

Por otra parte, De Solla (1965), en su obra "*Networks of Scientific Papers*", intenta cartografiar la estructura y naturaleza de lo que él denomina la red mundial de artículos científicos; todo esto basado en las características y patrones de conocimiento observables en el análisis de citación aplicado sobre la base

de datos de indexación que años atrás había construido con su colega Eugene Garfield, a mediados de la década de 1960. Para ello, realizó un análisis estructural de la forma cómo se enlazan unos documentos con otros a través de las citas y cómo se distribuye el número de referencias y el número de citas estimadas por cada documento (Stevens et al., 1965). Basado en este análisis identificó un pequeño grupo de documentos altamente citados, a los cuales denominó *Frentes de Investigación*, que en esencia eran documentos que representaban los núcleos básicos de conocimiento de un dominio científico y con los cuales los investigadores podían fundamentar conceptual o teóricamente sus investigaciones científicas (Garfield, 1963; De Solla, 1965; Martín et al, 2004).

Adicionalmente, las investigaciones de De Solla junto con las de Garfield, han contribuido a la teorización y conceptualización de los principios de la teórica de la *Indización por citas*, un planteamiento a través del cual se reconoce la importancia de hacer seguimiento a la vida de un artículo a través de sus citas, partiendo del hecho de que una cita representa una idea (Culebras & Franco-López, 2017), por tanto, es posible analizar la dinámica y evolución de una temática a través del seguimiento de la red de citas que se teje entre distintos artículos que comparten las mismas referencias.

Esta teoría se fundamenta principalmente en el análisis de la estructura de un artículo y la asociación de ideas entre las citas y referencias bibliográficas disponibles entre los documentos citantes con las ideas expresadas en otros documentos citados, estableciéndose de esta manera una relación conceptual entre ellos. Según Culebras & Franco-López (2017) la teoría de la indización por citas se refiere a:

Si tenemos un artículo interesante que cita a unos determinados autores, otros artículos que citan a esos mismos autores

seguramente también serán del mismo interés. Garfield basa este método de indización en la llamada cultura de la cita; esto es, cuanto más se cita un trabajo, mayor es su importancia, tanto en su ámbito científico como su factor de impacto. Esta cultura se ha convertido en uno de los baremos por excelencia de la investigación científica (p. 165).

En otro sentido general, también proponen el análisis de co-citación, técnica aplicada para estudiar las *“las relaciones y frecuencias de las parejas de documentos que son citados conjuntamente por otros documentos”* (Spinak, 1996, p.13), a través del cual se representan y visualizan las similitudes temáticas y los frentes de investigación de un área de conocimiento o dominio científico (Miguel et al., 2007; White & Griffith, 1981).

Asimismo, De Solla es el primero en introducir el concepto *Colegios invisibles*, para referirse a las comunidades o grupos de personas que trabajan colaborativamente en temas, actividades y prácticas de investigación, pero empleando estrategias de comunicación y divulgación informales, a la ya tradicional publicación en revistas científicas (Crane, 1972; De Solla, 1963; Paredes & Escalante, 2010). Por el contrario, Eugene Garfield se enfocó en el desarrollo de *Colegios visibles*, creando para ello métodos y herramientas para la clasificación, organización, indexación y análisis de las revistas especializadas. Es así como en 1951 se suma al proyecto de indexación de la biblioteca de Medicina Welch en la Universidad Johns Hopkins, y realiza una investigación sobre la estructura lingüística de los documentos disponibles en esta biblioteca, para luego generar un reporte de las publicaciones más relevantes según el número de citas. A partir de allí, construye un sistema relacional para organizar e indexar de forma semiautomática las ideas de los artículos

y las referencias bibliográficas, todo esto apoyándose en el uso de tarjetas perforadas y la IBM 101 Electronic Statistical Machine (Larkey, 1953; Garfield, 1955; Barsky, 2014).

Su espíritu emprendedor lo llevó a fundar DocuMation Inc. en 1954, una empresa comercializadora de productos documentales y bibliográficos, con la cual alcanzó a desarrollar y mejorar unos algoritmos y procedimientos para la traducción de fórmulas químicas que dio origen en 1959 al Index Chemicus, base de datos de indexación de compuestos químicos y fórmulas moleculares. Posteriormente, su empresa pasa a llamarse Eugene Garfield Associates y luego es rebautiza como el Institute for Scientific Information (ISI) en 1960. Un año después, crea Genetic Citation Index, una publicación que referencia los artículos más citados en el campo de la genética. Seguidamente, amplía su cobertura a otros campos de conocimiento, desarrollando uno de los más importantes sistemas de indización bibliográfica basado en citación, el Science Citation Index (SCI) en 1963; luego, crea el Social Sciences Citation Index (SSCI) en 1965; el Current Contents en 1971 y el Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) en 1975, la mayoría de ellos integrandos actualmente en la plataforma de referenciación conocida como la Web of Science (WoS) creada en 1997.

ISI posteriormente crea el Journal Citation Reports (JCR) en 1975, una publicación que evolucionó a un sistema de reportes que clasifica, evalúa y compara las revistas científicas más influyentes de SCI según su *Factor de Impacto*. Este último, acuñado principalmente por Garfield para referirse a la medida de frecuencia que evalúa el prestigio o reconocimiento de una revista científica a partir del número de citas recibidas en un periodo de tiempo, teniendo como base la relación de dividir el número de veces que fueron citados los artículos

publicados por dicha revista en los dos años anteriores al año de evaluación, sobre el número total de artículos publicados en dichos años (Garfield, 2003; 2006).

Garfield también observó una relación entre la calidad e impacto de las revistas científicas, al comprobar que, cuando más es citada una revista, mayor será su grado de influencia o prestigio en un campo de conocimiento o comunidad científica. Como producto de estas y otras investigaciones, posteriormente se plantea la conocida Ley de Garfield, un postulado que afirma que en un pequeño grupo de revistas de alto impacto es realmente donde se concentra el núcleo central de investigación de cualquier campo de la ciencia (Culebras & Franco-López, 2017; Gracia, 2005). Finalmente, ISI es vendida a la compañía JPT Publishing Group en 1998, una empresa proveedora y comercializadora de servicios científicos especializados para editores y editoriales. Luego, en 1992, es adquirida por la filial estadounidense Thomson Scientific, quién mejora sus productos y servicios documentales, a su vez, estos fueron adquiridos en parte por la empresa asiática Clarivate Analytics en 2016.

Se puede decir entonces, que ambos autores han aportado en la fundamentación de la sociología de la ciencia, desde la perspectiva de la *Cienciometría funcionalista*, una corriente de pensamiento que ve a la ciencia como una institución social organizada, estratificada y jerárquica, que se configura bajo una estructura que opera con funciones específicas y sobre normas y principios internos que regulan y definen las prácticas, roles, estatus y comportamientos de los investigadores dentro de una comunidad (Orozco & Chavarro 2010; Vélez, 2013).

6.2 El enfoque teórico del método

Desde la corriente constructivista, a finales de la década de 1960, la Escuela de Minas de París (Francia) crea el Centro de Sociología de la Innovación (CSI), uno de los principales laboratorios de investigación sobre ciencia, tecnología y sociedad, donde sus investigadores desarrollaron unos planteamientos radicalmente opuestos a la visión de la ciencia como institución estratificada descrita por De Solla y Garfield. Ciertamente, los investigadores del CSI propusieron un nuevo constructo teórico que da origen a la Sociología de la Traducción y la Teoría Actor-Red (TAR), dos perspectivas teóricas y metodológicas de los estudios sociales que ve a la ciencia como una red socio-técnica cuyo pilares básico es *“la existencia de un conjunto de actores, la asociación de estos actores en un entramado o red, y la continua transformación de los actores y de la red: proceso denominado traducción-traslación”* (Bailón-Moreno, 2003, p.138) y que a su vez han contribuido a la fundamentación de la denominada *Cienciometría de la traducción*, un enfoque a través del cual *“el individuo desaparece para dar paso a la estructura de relaciones que se configuran alrededor del conocimiento tecno-científico”* (Vélez, 2013, p. 22).

Precisamente, estos principios son descritos a través de obras tan importantes como las de Bruno Latour y Michel Callon, considerados los pioneros de esta teoría en Francia, y por John Law, Arie Rip, Susan Leigh Star y Geoffrey Bowker como exponentes principales en Europa y los Estados Unidos. En el caso de Michel Callon, ingeniero, sociólogo y director de CSI en 1982 a 1994, contribuyó con estudios sobre la interacción entre la ciencia, tecnología y sociedad, y los juegos de poder que se configuran alrededor de sus estructuras, dinámicas y contextos (Callon, 1986). Sus postulados teóricos intentan describir los actores, ideas e interacciones que se tejen entre

redes socio-técnicas con el propósito de explicar una visión diferente de la sociología de la ciencia. Para ello, analizan distintos casos de estudios sobre el desarrollo de proyectos tecno-científicos a partir de las relaciones, intereses, necesidades, efectos y transformaciones que se configuran entre los distintos elementos que lo conforman (organizaciones, laboratorios, investigadores, ingenieros, artefactos, empresarios, fabricantes, consumidores, entre otros), y cómo los científicos en el laboratorios son capaces de construir redes y de generar nuevo conocimiento que resista la controversia de una sociedad dispuesta a utilizarlo ante una necesidad de desarrollo social o económico (Callon, 1989).

De manera generalizada, el desarrollo de estas redes puede analizarse

(...) como una concatenación de traducciones —esfuerzos de los actores en la red por desplazar a otros actores a nuevas posiciones, confiriéndoles de esa forma también un nuevo significado—. El poder de los actores (sean individuos, instituciones o artefactos), su capacidad para la acción, no es una peculiaridad intrínseca de ellos, sino que tiene su origen en las redes que pueden controlar y en las que están emplazados (Aibar, 1996, p. 165).

Callon y Latour por su parte, publicaron en 1981 un ensayo "*Unscrewing the big Leviathan: how actors macro-structure reality and how sociologists help them to do so*" a través del cual explican los fundamentos que dieron origen a la sociología de la traducción o teoría del actor-red (2007, García). En el caso de Latour, un filósofo, sociólogo y antropólogo francés, vinculado como investigador del CSI entre 1982 a 2006, desarrolló estudios etnográficos sobre la cultura y práctica de los investigadores e ingenieros en los laboratorios, con

el fin de reflexionar y describir los procesos de producción de conocimiento y construcción social e histórica de los fenómenos y hechos tecno-científicos, a través del análisis, interpretación y representación de ideas, creencias, reglas, hábitos, dispositivos, experiencias y acciones cotidianas que se establecen como resultado de la interacción y relación entre actores heterogéneos que intervienen en estos procesos.

Latour (2005) publica el libro *“Reassembling the Social”*, una introducción de la TAR que expone los principios de dicho enfoque. Para este autor, la TAR es una propuesta metodológica a través de la cual es posible estudiar la ciencia y la tecnología como una red de relaciones socio-técnica. Sus argumentos se centran en el hecho de que el mundo natural y social pueden analizarse a través de la observación y descripción dinámica del modo en que se crean, evolucionan y terminan las asociaciones de redes de relaciones, cuyos nodos son actores humanos y no humanos con poder de enrollar o dejarse enrollar por los intereses de otros actores individuales o colectivos que inscriben a otras entidades, las cuales, pueden rastrearse por sus trazos, conexiones y movimientos que realizan durante el proceso de formación de nuevos grupos según su capacidad relacionamiento con otros. (Echeverría & González, 2009; Prestel, 2006).

El concepto de actor-red se introduce para describir asociaciones, siendo un actor simultáneamente una red, es decir, *“un actor cuya actividad es crear redes de elementos heterogéneos y una red que es capaz de redefinir y transformar aquello de lo que está conformada”* (Callon, 1987, p. 93). Asimismo, puede ser un *actor-mundo* que representa el *“cúmulo de intereses traducidos por el poder de atracción de un actor-red”* (Vélez, 2013, p. 17). De este modo, a través de este enfoque es posible identificar cómo los científicos crean y construyen su visión del mundo

en los laboratorios, y cómo la problematización se convierte en la estrategia de persuasión utilizada por los actores para atraer el interés de otros actores, quienes deben seguir unos pasos obligatorios sobre un itinerario que se reconfiguran hacia la solución de un problema específico (Callon, Law & Rip, 1986; Vélez, 2013).

De otro lado, Callon et al. (1986) editan el libro *"Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world"*, una obra clásica en el campo de cienciometría moderna que incluye las bases teórica, conceptual y metodológica que fundamentan el método de palabras asociadas desde el enfoque de la TAR. En este manuscrito, Michael Callon explica las características de la sociología del Actor-Red a través de un estudio de caso relacionado con el fracaso de la fabricación del vehículo eléctrico en Francia y cómo este hecho científico provocó controversias y negociaciones ante intereses políticos, económicos, culturales y ambientales que se entretajeron alrededor del papel y poder que podía ejercer esta invención en la sociedad. Además, a través de estas ideas e interacciones de los actores humanos y no humanos fue posible rastrear y reconstruir fenómenos de la realidad social; tal como lo afirma Aibar (1996) cuando señala que *"tanto los desarrollos científicos como los tecnológicos pueden ser analizados en términos de luchas entre diferentes actores por imponer su definición del problema a resolver"* (p. 142).

También el sociólogo y jefe del Departamento de la Universidad de Keele en Inglaterra, John Law, participó de este libro con el capítulo *"The Heterogeneity of Texts"*, en el cual explica cómo un artículo científico puede presentarse como un operador de traducción desde la perspectiva de la TAR. Para Law (1986), un artículo científico enviado desde el laboratorio o desde los centros de investigación tienen la capacidad de negociar o

persuadir a distancia a las revistas o editores con la intención de influir o actuar sobre los intereses de una audiencia tan amplia como sea posible; a través de una estrategia que se configura en la construcción de textos, bajo una estructura que actúa como un embudo de intereses, donde la intención es enrolar a un lector atrayendo a un segundo lector y a través de éste a un tercero como formal elemental de traducción, en ese mundo particular de los autores. En palabras de Law un artículo científico puede representarse como un actor-mundo,

(...) an actor-world which operates upon the reader to translate him/her to a particular place in that world. It seeks, in other words, to enroll the reader by means of an appropriate array of borrowed forces. On the other hand the paper never operates in a vacuum. Texts arriving from distant parts are received as a function of the structure of forces obtaining locally. To put this in another way, a text is only strong if (a) its components have force at the point where the text is received and (b) they are recognized as having been properly borrowed and juxtaposed. In other words, the scientist or technologist who wishes to influence a reader has two linked problems. First, a reader must be identified. And second, the appropriate array of forces has to be found that will translate or enroll that reader (Law, 1986, p. 68).

De manera complementaria, Michael Callon, John Law y Arie Rip desarrollan el capítulo "*Qualitative Scientometrics*", que describe conceptual y metodológicamente el método de palabras asociadas, partiendo del hecho de que es un instrumento válido para el análisis y representación de la estructura y dinámica de la ciencia y la tecnología desde la perspectiva de la TAR. En su presentación, muestran los resultados de la aplicación del método por medio de Leximappe, un sistema de conocimiento adaptado al enfoque de la sociología de la

traducción, el cual fue utilizado en su momento para mapear el dominio de investigación asociado con la palabra clave sobre “fibra dietética” y que derivó en un análisis de contenido de un conjunto de artículos disponibles en la base de datos Pascal del Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) francés y publicados durante el periodo de 1973 a 1976 (Callon, Law & Rip, 1986).

Por otra parte, el profesor de filosofía de la Ciencia y la tecnología de la Universidad de Amsterdam, Arie Rip también contribuye con “*Mobilising Resources Through Texts*”, un planteamiento que reafirma los postulados de Law cuando explica sus argumentos sobre el papel y poder del texto como agente de la ciencia o emisario de las personas que los envía desde los laboratorios o centros de investigación. Rip (1986), toma el caso de las solicitudes de patentes para explicar la dinámica de la ciencia en los laboratorios y cómo el texto es capaz de movilizar ciertos recursos financieros a distancia según su contenido. Desde el punto de la TAR, explica las diferencias estructurales entre un artículo científico y una patente, cómo estos agentes de la ciencia y la tecnología, son capaces de movilizar audiencias diferentes (lectores, competidores o agentes de propiedad intelectual), con interés y propósitos diferentes.

Asimismo, Callon (desarrolla el capítulo “*Pinpointing Industrial Invention: An Exploration of Quantitative Methods for the Analysis of Patents*”, que describe a nivel práctico la validez y funcionalidad del método de palabras asociadas para mostrar los mecanismos de innovación y desarrollo de las patentes y la evaluación de sus contenidos con el fin de mejorar la dinámica de las actividades de investigación en el campo tecnológico y de innovación. Para ello Callon (1986) utilizó los resúmenes de 268 patentes en biotecnología registradas en

la base de datos de la oficina de patentes de Europa durante el periodo de 1979 a 1981. A partir de esta información creó y comparó los mapas de conocimiento dentro de un periodo tiempo con otro, e identificó las características, enfoques y transformaciones del contenido en un área, así como las palabras clave, documentos y actores estratégicos para fortalecer este campo de investigación.

Callon había descrito y aplicado este método para identificar el impacto de los esfuerzos del Estado francés por desarrollar un campo de investigación en química macromolecular. Para ello, creó una base de datos con más de 4000 artículos, a los cuales les indexó sus palabras clave; con el supuesto de que las palabras clave describen a los artículos y los artículos son una representación de las ideas del autor, por tanto, a través de ellas también se pueden establecer un vínculo con los campos de investigación (Kostoff, 1993). En esta línea analítica, el método de co-palabras puede aplicarse para representar la estructura intelectual de un conjunto de documentos, y para describir la organización intelectual de un conjunto de investigadores asociados (Kostoff, 1993; Leydesdorff, 1989).

Años más tarde, Law, Whittaker, Courtial y Bauin mejoran las funcionalidades de Leximappe para cartografiar la estructura y dinámica de una red socio-cognitiva facilitando generar de manera natural y directa los pares de palabras que co-ocurren en un conjunto de textos o documentos (Bauin, 1986; He, 1999; Law et al., 1988). Recordemos que Leximappe, fue el software creado para *“identificar aquellas sub-redes definidas por un grupo de descriptores homogéneos y que representa a los actores que generan a dicha red. En este caso los actores son aquellos conceptos o temas de investigación más importantes del cuerpo de la ciencia en estudio”* (Ruiz, 1996, p. 792).

Jean-Pierre Courtial fue quien creó el modelo matemático y los programas que dieron origen a este software. Courtial siendo un ingeniero y estadístico vinculado al CSI, contribuyó en dicha publicación con las descripciones técnicas y metodológicas que determinan la funcionalidad del método de palabras asociadas como indicador de análisis relacional. Para Courtial (1986) utilizó los datos de la investigación sobre fibra dietética y los simplificó en un matriz de ocurrencia, es decir, en una tabla compuesta de i filas por j columnas, donde las columnas tienen asignadas las palabras extraídas de los artículos, y en las filas aparecen relacionados los artículos científicos seleccionados. Para su análisis, aplicó inicialmente la técnica de correspondencia propuesta por Benzécri (1973), diseñada principalmente para el análisis gráfico de las distancias entre variables en función de las similitudes o asociaciones dentro de un espacio multidimensional. Sin embargo, Courtial encontró serias limitaciones en la visualización de resultados por lo que optó por complementarla con otras técnicas e índices.

Whittaker (1989), después examinó y comparó los títulos y palabras claves de un conjunto de documentos que abordaban el tema “acidificación”, a través del cual logró hacer una adecuación del método de co-palabra para mapear la estructura de la investigación científica relacionadas con esta temática. Años más tarde, Law publica un informe sobre acidificación del medio ambiente realizado en conjunto con Whittaker a través del cual prueba la confiabilidad del método de palabras asociadas como instrumento cuantitativo aplicado en la descripción de la relación entre conceptos, temas y problemas científicos, así como la representación de la distribución y evolución de los temas de investigación en un periodo de tiempo (Law & Whittaker, 1992).

En un estudio realizado sobre el impacto de la financiación en el campo de polímeros, Callon, Courtial & Laville (1991) demostraron la funcionalidad del análisis de co-palabras aplicado para identificar los actores, dinámica y relaciones entre distintos tipos de investigaciones dentro un campo determinado a lo largo de un periodo. En este caso, compararon y describieron las interacciones existentes entre investigaciones internacionales dentro del campo de la ciencia de polímeros (básicas, aplicadas y técnicas), con un subconjunto de investigaciones pertenecientes a este mismo campo, pero de tipo académicas. Para ello, utilizaron 15475 artículos académico y 55963 artículos generales dentro del área publicados en el periodo de 1973 a 1986, y demostraron cómo a través de esta técnica se pueden describir los contenidos y las áreas temáticas de una investigación en curso, asimismo, clasificaron los temas y su evolución dentro de un campo específico utilizando otras técnicas de análisis y visualización como son los diagramas estratégicos y el análisis de redes sociales. (Kostoff, 1993).

Ciertamente, estas investigaciones son referentes conceptuales y metodológicos para observar los fenómenos naturales y sociales, las cuales se articulan a través de redes socio-técnica o red de conocimiento, a través de la cual, sus actores-red se relacionan entre sí, evolucionan y se transforman con el paso del tiempo alrededor del poder o la influencia que otros o sus actores ejercen sobre ella o sobre las otras redes. Precisamente, esta noción parte de la sociología de la traducción, una de las principales corrientes de pensamiento que fundamenta conceptual y teóricamente el método de palabras asociadas como instrumento de análisis de las estructuras y contenidos de las redes socio-cognitivas, basada en el estudio de las asociaciones de palabras que se generan de un conjunto de textos. En este orden de ideas, el análisis de co-palabras es

“una representación semántica de las estructuras cognoscitivas” (Spinak, 1996, p.153) de un campo o dominio científico.

Desde el punto de vista, Ruiz-Baños & Bailón-Moreno (1998) considera que el método de palabras asociadas puede considerarse como un indicador cienciométrico relacional de segunda generación, capaz de descubrir y visualizar la estructura, dinámica, evolución o ciclos de vida de un campo de investigación en un periodo de tiempo, basado en el análisis de los descriptores o palabras claves que co-ocurren simultáneamente en el contenido de dos o más documentos científicos o académicos.

6.3 Aplicación del método en distintos campos científicos

Los estudios realizados por los investigadores del Centro de Sociología de la Innovación-CSI, son uno de los principales referentes históricos que han contribuido al desarrollo conceptual, teórico y metodológico del método de palabras asociadas, sin embargo, existen otros centros de investigación que también han contribuido en el desarrollo y mejoramiento del método desde distintas campos científicos y enfoques de investigación. En particular, la Oficina de Investigación Naval de los Estados Unidos contribuye con los estudios realizados por Kostoff (1993), un investigador que describió los orígenes del método en el campo de la lingüística computacional, su desarrollo y aplicación en la evaluación del impacto de las investigaciones científicas y en la toma de decisiones para la formación de políticas de investigación.

Su publicación hace referencia a estudios que realizaron una evaluación de la investigación pero desde distintos campos, entre ellos, se destaca la evaluación del impacto de la inter-

vención y financiación del Gobierno francés en el desarrollo de los campos de acuicultura, química macromolecular y polímeros realizados respectivamente por Bauin en 1986 y por Callon en 1979 y 1991, así como, la investigación realizada por Callon en 1986 sobre la evaluación de la dinámica del desarrollo tecnológico en el campo de biotecnología a partir del análisis de los contenidos de 268 patentes publicadas a lo largo de los años 1979-1981. A estos hay que incluir la investigación realizada por Rip en 1984 sobre el seguimiento del estatus de la biotecnología. Asimismo, la publicación de Turner de 1988, en donde examina el contenido de los títulos y resúmenes de 16.000 patentes analizadas y procesadas con el sistema LEXINET desarrollado para determinar las áreas estratégicas de investigación de cerámica industrial para Irlanda a partir de mapas de densidad y centralidad. También Kostoff (1993) resaltó al Centro de Estudios de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Leiden con los proyectos y publicaciones realizadas por Van Raan, y otros en 1991, con los cuales, se determina la evolución del campo de las redes neuronales a través de la representación y análisis de mapas bibliométricos.

Otro de los aspectos importantes de la publicación de Kostoff (1993) corresponde a los resultados de su propia investigación, un análisis de texto completo de los proyectos de investigación y desarrollo de la industria naval publicados en distintos campos, donde extrae temas concretos de investigación e identifica las instituciones y áreas estrategias que han impulsado el desarrollo técnico en este campo, así mismo, muestra las relaciones y dinámicas entre distintos campos. Todo esto implementando un nuevo enfoque, con procedimientos y herramientas diferentes a las que tradicionalmente se aplicaban en su época. Asimismo, demostró cómo el uso del método de palabras asociadas y los mapas de investigación es posible

evaluar el impacto de las investigaciones porque permite identificar las instituciones, aplicaciones, tendencias tecnológicas y áreas estratégicas necesarias para el desarrollo de distintos campos, por tanto, se apoya en ella para la toma de decisiones y para la formulación de políticas de investigación e inversión focalizadas en campos específicos y estratégicos.

En el campo de la informática, Coulter et al. (1998), demostraron la viabilidad del análisis de contenido para mapear las estructuras intelectuales de la ingeniería de software. En este caso, se basaron en el método de análisis de co-palabras y el análisis de redes sociales como indicadores bibliométricos. Utilizando como fuente de información los descriptores del Sistema de Clasificación Computacional (CCS) de la *Association for Computing Machinery's* (ACM) y los títulos de los artículos publicados (1982 a 1994) en revistas de ingeniería de software accesibles desde la *Guide to Computing Literature* de la ACM, una base de datos bibliográfica que indexa y categoriza exclusivamente los documentos del campo de la informática. Luego, pre-procesaron los datos y los manipularon a través del Content Analysis and Information Retrieval (CAIR), una serie de programas informáticos desarrollados por investigadores del Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie Mellon, que automatizan el proceso de identificación y asociación de palabras que co-ocurren entre los documentos y a su vez utilizados para representar el posicionamiento de los términos sobre una red conceptual. Finalmente, los resultados les ayudaron a identificar unos centros de interés y tendencias de investigación base para reorientar los currículos de los programas académicos y de investigación del área de ingeniería de software.

Posteriormente, en la década del 2000-2010, Ding et al. (2000), desarrollaron una investigación sobre la validez y aplicación

del método de palabras asociadas para el mejoramiento en la variedad de búsqueda y recuperación de información dentro de un dominio de investigación. En este estudio, seleccionaron como muestra 2012 artículos disponibles en las bases de datos de la *Science Citation Index* y *Social Sciences Citation Index* correspondiente al periodo de 1987 a 1997, a los cuales se les aplicó el método de palabras asociadas con el propósito de extraer las palabras claves de forma automática y manual de sus títulos y resúmenes. Luego, compararon estos resultados con el bloque de palabras disponibles en tres tesauros tradicionales, hasta evidenciar diferencias significativas en ambos grupos. Basados en estos resultados, lograron demostrar la consistencia y validez del método para el mejoramiento en la búsqueda de información especializada, asimismo, para identificar y representar la estructura, evolución y dinámica de un dominio temático cuando se comparan dos períodos (1987-1991 y 1992-1997), también para identificar las diferencias significativas entre los clústeres de palabras derivados de este análisis.

Por su parte, Quin (2000), detecta con el análisis de co-palabras el dominio temático relacionado con la resistencia de antibióticos a partir de la comparación de similitudes semánticas entre el descriptor *KeyWords Plus* (KW+) y la base de datos de vocabulario médico *Medical Subject Headings* (MeSH). Del mismo modo, Cantos-Mateos et al. (2013) realizaron un estudio similar para identificar las principales líneas o áreas de investigación sobre células madres descritas en las publicaciones disponibles simultáneamente en las bases de datos bibliográficas *Science Citation Index Expanded* (SCI-E) y *Medline*, entre 1997 a 2010. Visualizando de esta manera las relaciones que se establecen entre las palabras claves más frecuentes que co-ocurren entre los documentos

y los descriptores indizados en Keywords de Autor (KWA), KeyWords Plus (KW+) y Medical Subject Headings (MeSH) utilizados por SCI-E y Medline respectivamente. En este caso, se apoyaron del software Pajek (Batagelj & Mrvar, 2001) para representar a través de las redes sociales la estructura relacional que resulta del análisis de co-words y el uso de VOSviewer, un software empleado para identificar, clasificar y agrupar los enfoques temáticos por medio de mapas de densidad diferenciados con distintos colores (Van Eck & Waltman, 2010).

Desde el punto de vista de la vigilancia tecnológica, Noll et al. (2002) realizaron un estudio bibliométrico para mapear y clasificar de manera automática las herramientas y software de gestión de conocimiento, tomando como fuente de información los resúmenes y textos completos de 293 artículos indexados de las bases de datos SOFT (Softbase: Reviews, Companies & Products) y CMPT (Computer Database). Este proceso se basó en el uso de BibTechMon, un software creado por el Departamento de Gestión Tecnológica de Austrian Research Center Seibersdorf (ARS) para reducir los esfuerzos en la estructuración, clasificación y análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de diferentes fuentes de información. Además de incorporar las funcionalidades del análisis de co-ocurrencia de palabras para la identificación y visualización de los subtemas y dominios temáticos emergentes de las asociaciones y relaciones que se establecen entre las palabras claves y los documentos seleccionados. BibTechMon se convierte entonces en uno de los referentes de uso de indicadores relacionales para el apoyo en la gestión de conocimiento y en la toma de decisiones estratégicas dentro del sector de vigilancia tecnológica.

6.4 El análisis de redes sociales: una técnica complementaria al análisis de co-words

Los resultados de la aplicación del método de palabras asociadas pueden ser combinados con distintos métodos y técnicas de visualización con el propósito de mejorar la representación de las estructuras para una mejor comprensión de los patrones de conocimiento que subyacen ocultos en grandes volúmenes de información de naturaleza textual. Por su simplicidad y usabilidad, se ha escogido el análisis de redes sociales y los diagramas estratégicos como herramientas para visualizar y explicar la dinámica y evolución que sufren las redes de palabras al ser analizadas con este método, sin embargo, existen otras técnicas de visualización que pueden utilizarse para este fin como son: diagramas estructurales, diagramas cronológicos, ciclos de vida, infometría, diagrama factoriales, etc.

El Análisis de Redes Sociales (ARS), es un método estructural que combina un conjunto de teorías, modelos, técnicas y sistemas computacionales para representar ciertos fenómenos complejos en forma de red o grafos, los cuales son ordenados, modelados y transformados en datos relacionales para conocer la estructura, dinámica, evolución, características y organización de un conjunto de actores y de un conjunto de relaciones entre los actores (Lozares, 1996; Polanco, 2006).

De acuerdo con Scott (1991), Lozares (1996), Garrido (2001) y Cárdenas (2014), el ARS tiene sus raíces en diversas perspectivas teóricas y metodológicas. Según estos autores, desde la psicología social, se sustenta en los principios de la Teoría de la sociometría (Moreno, 1934), en la Teoría de los campos y en la Teoría de la dinámica de grupos. Asimismo, describen sus orígenes alrededor de la antropología social británica, es

decir, de los trabajos desarrollados por los profesores de la Universidad de Manchester, quienes, influenciados por las corrientes estructuralistas, desarrollaron nuevos métodos y modelos matemáticos aplicados al análisis de las estructuras sociales y de los vínculos a través de los cuales se relacionan entre sí los individuos. Al respecto sobresalen los trabajos de Gluckman, Barnes, Bott, Mitchelet, entre otros.

También se destacan, desde el campo de las matemáticas, la Teoría de grafos como una de las principales corrientes que sustentan el ARS, todo esto desde el punto de vista del desarrollo y aplicación de modelos y fórmulas matemáticas para explicar y representar cómo las estructuras sociales determinan las acciones y comportamientos de los individuos a través de los grafos, es decir, a través de un conjunto de nodos (actores) y lazos que representan las relaciones o vínculos entre los nodos. Se distinguen en esta línea los trabajos de Catwright, Zander y Festinger; Harary y Norman, entre otros. Por otra parte, desde la antropología social norteamericana, resaltan los estudios estructuralistas de la Universidad de Harvard, que incorporan modelos algebraicos, principios de las teorías de grafos y técnicas de análisis multidimensional en el procesamiento de los datos. En este caso se destacan los trabajos de Granovetter, White, Boorman, Breiger, Wellman y Berkowitz.

Es así como este tipo de técnica se convierte en un complemento metodológico del análisis de co-palabras para la visualización de las estructuras y dinámicas de la producción científica dentro de un campo de conocimiento, tal como se evidencia en estudios realizados por Jang & Barnett (1994), cuando aplican el análisis de redes para determinar el impacto de la cultura nacional en la cultura organizacional a partir del análisis de la comunicación escrita de 35 empresas (18 estadounidenses y 17 japoneses) que se escalafonaron

en el listado Fortune 500 de 1992. Para ello, seleccionaron las cartas escritas por los presidentes de las compañías que fueron divulgadas al público general en los informes anuales, luego una matriz de adyacencia con las palabras frecuentes en dichos mensajes, relacionando las palabras claves y las empresas. Posteriormente aplicaron el método de escalamiento multidimensional para obtener una matriz transformada que determinaba las correlaciones entre ambas variables y finalmente visualizaron los datos en forma de mapas bidimensionales aplicando técnicas análisis de correspondencia, análisis discriminante y análisis de clúster

Danowski (1988), por su parte, representó de manera automática la comunicación textual de varios documentos combinando los consabidos métodos, Su & Lee (2010), propusieron un nuevo enfoque para visualizar la dinámica y estructura del conocimiento combinando ARS, mapas de conocimiento y el método de co-palabras para comparar los descriptores de 181 artículos científicos sobre prospectiva tecnológica. Asimismo, Cobo et al (2011), propone un enfoque general para analizar y visualizar la evolución y estructura temática de investigaciones sobre el campo de la Teoría de Conjuntos Difusos, publicadas en las revistas *Fuzzy Sets and Systems* e *IEEE Transactions on Fuzzy* entre 1978 y 2009. En ella, muestra la combinación de distintas técnicas de análisis bibliométrico para detectar los temas desarrollados dentro un campo de científico a lo largo de un periodo, entre ellas, los diagramas estrategias para la visualización de los datos.

También Troyano et al. (2005), desarrollan brevemente un marco conceptual, teórico y metodológico para explicar cómo se puede representar la estructura, dinámica y organización de una red o comunidad científica a través de dos técnicas de visualización de datos, las cuales son complementarias con el

análisis de palabras asociadas y análisis de redes sociales, en este caso, describe los diagramas estratégicos como:

Un instrumento útil para representar de forma simplificada la organización de los agregados o comunidades de una red social, permitiendo clasificar la estructura organizativa de una red social en una serie de patrones. Los diagramas estructurales grado-autoridad y redundancia intermediación añaden una nueva dimensión a la información proporcionada por los diagramas estratégicos. La asignación de patrones a los actores de una red, permiten diferenciar la posición estratégica que ocupa cada individuo tanto a nivel global (la red) como a nivel local (el agregado). Así mismo la combinación de estos patrones con técnicas de visualización potencian el análisis y la exploración visual de las estructuras de una red (Troyano et al., 2005, p. 29).

Desde el punto de vista metodológico, Lee & Jeong (2008) muestran los procedimientos implementados para determinar la evolución y desarrollo del dominio “tecnologías de robots” tomando referencia los metadatos de 101 proyectos de I + D reportados por Corea del Sur en 2001. Como técnica de análisis y visualización de las estructuras de conocimiento que emergen del dominio científico seleccionado, estos investigadores se apoyaron en el análisis de palabras asociadas y los diagramas estratégicos. Su estudio se orientó principalmente en develar los patrones de conocimientos relacionados con las estructuras y agrupamientos temáticos que surgen de las asociaciones entre los proyectos de I+D reportados por el programa nacional de I + D de Corea sur. Todo esto con el fin de disponer una base de conocimiento que contribuya al mejoramiento de la gestión y planificación de las estrategias de la selección y evaluación de los proyectos de investigación y desarrollo para este dominio de conocimiento hacia el direccionamiento de futuras investigaciones.

Estos investigadores se basaron en seis pasos para realizar el análisis infométrico, primero, seleccionaron los datos de una base de datos; después seleccionaron las palabras claves o descriptores; luego crearon la matriz de co-ocurrencia de palabras para determinar las asociaciones entre palabras; seguidamente aplicaron el método para determinar los clústeres o grupos necesarios para el análisis; posteriormente visualizan los resultados a través de redes sociales y diagramas estratégicos; hasta finalmente interpretar y verificar los resultados con la ayuda de expertos en el campo.

Otros estudios muestran el valor práctico del método de palabras asociadas, en el procesamiento, análisis y visualización de grandes volúmenes de información. Tal es el caso, del estudio realizado por Zhang et al. (2012), quienes ante la necesidad de indagar acerca de la dinámica y evolución de la “adherencia” del paciente como dominio científico del campo de la salud, deciden utilizar el método de palabras asociadas y la técnica de ARS con el fin examinar y visualizar la estructura y evolución de la temática en un periodo determinado. En este caso, utilizaron el software Biblexcel para aplicar de manera automática el método de palabras asociadas a fin de extraer las palabras claves y la matriz de co-ocurrencia que deriva del procesamiento del conjunto de datos. Luego, con el software UCINET y el módulo NetDraw, aplicaron el análisis de redes sociales para graficar la red de conocimiento derivadas del procesamiento de la matriz de co-ocurrencia, cuyos nodos corresponden en este caso, a las palabras claves del dominio científico y sus relaciones a la co-ocurrencia entre dichas palabras. Finalmente, con estos procedimientos, obtuvieron la estructura del dominio científico y establecieron las temáticas más importantes; la pertenencia entre un tema con otro; las similitudes entre

los documentos, y las necesidades o interés por desarrollar futuras investigaciones asociadas con este enfoque temático.

De igual manera, Liberatore & Chaves (2012), desarrollaron una investigación que describe cómo se estructura el frente de investigación del campo de la gestión de información y el conocimiento, mediante el análisis del contenido de la producción científica publicada en periodo de 2000 a 2009, a través de la aplicación de las técnicas de co-palabras, co-citaciones y el análisis de redes sociales utilizando los software Bibexcel y Pajek.

En el campo de la comercialización, Murgado-Armenteros et al. (2015), realizaron un análisis de la estructura y evolución conceptual de la investigación cualitativa en el campo del marketing entre 1956 a 2011. En este estudio, aplicaron la metodología propuesta por Cobo et al. (2012), con el propósito de detectar, cuantificar y visualizar la evolución de un campo científico a través de cuatro fases. Una primera fase que inicia con la detección de los temas o centros de interés de un campo científico por medio de la construcción y particionamiento de la red bibliométrica que resulta del análisis co-word y del análisis de clúster. La segunda fase, continúa con la visualización de los temas de investigación por medio de diagramas estratégicos y redes temáticas. La tercera, se desarrolla con la identificación de las principales áreas temáticas a partir del análisis y descripción de la evolución de los temas de investigación dividiéndolos y superponiéndolos entre los periodos de tiempo. Finalmente, la cuarta fase, corresponde a la medición del rendimiento de la producción científica generada alrededor de los temas y áreas de investigación identificados en los distintos periodos. Para ello, utiliza el *Science Mapping Analysis Software Tool* (SciMAT), una herramienta creada por Cobo et al. (2012), para simplificar e integrar todos los pasos

descritos anteriormente. En este caso, esta metodología y herramienta se utilizan para crear y visualizar las estructuras y evolución conceptual de la investigación cualitativa del marketing y a su vez para facilitar el procesamiento, análisis e interpretación de grandes volúmenes de información que ayude a comprender la evolución conceptual o temática de este campo de investigación.

En el campo de las Ciencias Sociales, se sitúa la investigación realizada por Ravikumar et al (2015), un estudio que utiliza el análisis de co-palabras claves y la minería de texto para mapear la estructura intelectual del campo de la cienciometría. Todo esto basado en la relación y asociación de las palabras claves contenidas en los títulos y resúmenes de 959 artículos en texto completo publicados en la revista *Scientometrics* durante el periodo 2005-2010, con el propósito de identificar las tendencias y evolución temática dentro del campo. En este caso, utilizó un diccionario bibliométrico para estandarizar las palabras extraídas y el software de código abierto R, con el cual pudo construir la matriz simétrica empleada para visualizar la estructura del campo científico a través de redes sociales.

6.5 El enfoque metodológico

El análisis de palabras asociadas (Co-words analysis) consiste en calcular y analizar las relaciones que se producen entre grupos de descriptores o grupos de palabras clave a partir de su aparición simultánea en un conjunto de documentos (Cambrosio et al., 1993; Calvo et al., 2013; Cantos-Mateos et al., 2014; Ding et al., 2001; Ronda et al., 2013; Zulueta et al., 2011). Para ayudar a la interpretación y el análisis usualmente se utilizan herramientas como el *Mapa Estratégico* y el *Diagrama de Red*.

El mapa estratégico es un diagrama de dos ejes en donde se ubican los grupos formados por los descriptores, el eje vertical representa la densidad de los grupos, es decir, la intensidad de las asociaciones internas y el eje horizontal representa la centralidad de los mismos o relación de un grupo con los otros (Figura 1) (Courtial, 1990; Calderín, 2015; Miguel et al., 2008; Rodríguez & Pardo, 2007; Velasco et al., 2011). Cada grupo de palabras clave se presenta como un punto en el mapa estratégico, el nombre del punto puede ser dado tomando en cuenta la palabra cuya asociación interna sea la más alta o con el nombre de la temática en el grupo. De esta manera, el análisis se realiza dependiendo de la ubicación de la temática en el diagrama. Por ejemplo, para un grupo de palabras clave ubicadas en la parte inferior derecha del mapa estratégico, decimos que la temática es especializada y de un alto interés.

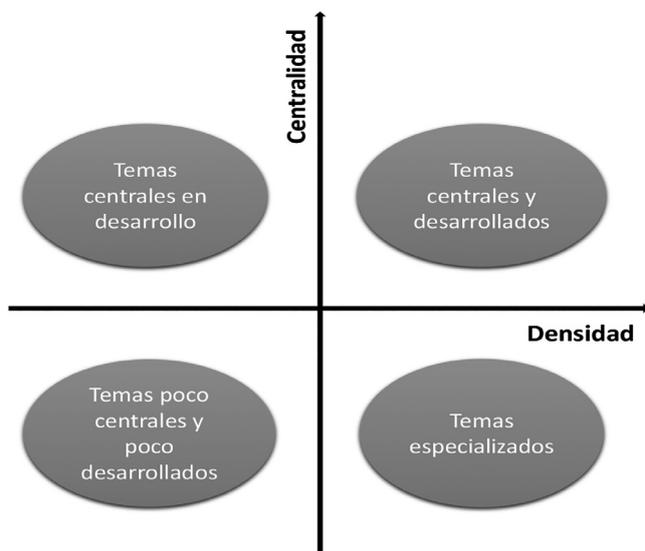


Figura 1. *Mapa Estratégico* (Elaborado a partir de Rodríguez & Pardo, 2007).

Por su parte, el diagrama de red es un grafo que muestra las relaciones entre las palabras de cada grupo, revelando el nivel de asociación entre las palabras clave que pertenecen a cada uno de ellos (García et al., 2010; Liberatore & Herrero-Solana, 2013; Serrano-Bedia, 2013). Por ejemplo, la Figura 2 muestra el diagrama de red para la temática de “Método de mínimos cuadrados” obtenida de la implementación del *Co-words analysis* para un caso específico. El diagrama muestra mediante líneas la intensidad en la relación entre las palabras claves para la temática analizada. Al tratarse de una metodología cuantitativa, el *Co-words analysis* nos permite dibujar redes de palabras a partir de su aparición en los documentos originales.

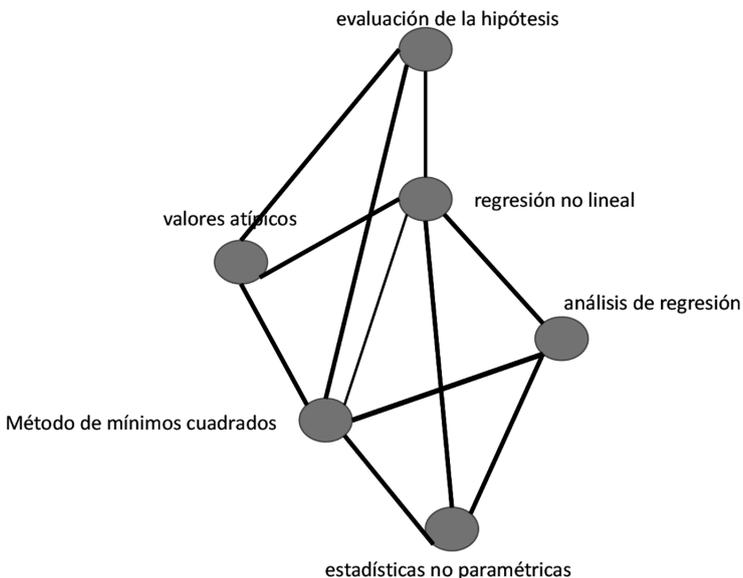


Figura 2. Red de la clase Método de mínimos cuadrados. Elaboración propia.

6.5.1 Descripción del método Co-word

La metodología *Co-words analysis* se desarrolla al crear una matriz YY de $m \times nm \times n$ con mm tipos de descriptores y nn documentos. Esta matriz es también conocida como tabla léxica. Los valores de entrada de la tabla serán 1 (uno) si el documento contiene una palabra clave o 0 (cero) si no la contiene. Posteriormente, se construye lo que se conoce como la matriz de co-ocurrencias de las palabras $C = Y'YC = Y'Y$. Esta matriz muestra el número de veces que aparecen dos palabras juntas en todos los documentos.

Una vez se obtienen las matrices, YY y CC , se calcula el índice de asociación e_{ij} para cada par de palabras. Este índice se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$e_{ij} = \frac{c_{ij}^2}{c_i c_j}$$

Donde c_{ij}^2 es el cuadrado de la co-ocurrencia entre la palabra ii y la palabra jj , mientras que c_i y c_j representan las frecuencias absolutas de cada una de las palabras en la matriz YY . Como puede deducirse c_{ij}^2 varía entre cero y uno, convirtiéndose en un índice de similitud entre las palabras clave el cual puede utilizarse para la aplicación de métodos de clasificación. Este índice de asociación confirma que dos palabras clave se encuentran cercanas en la medida en que aparezcan simultáneamente en un gran número de documentos (Lebart et al., 1995; Rodríguez & Pardo, 2007; Ronda et al., 2012).

Como hemos mencionado, la información de los índices de asociación (e_{ij}) puede ser representada mediante un diagrama de red, en el cual los nodos representan las palabras clave o descriptores y sus enlaces representarán las asociaciones

entre estas (ver Figura 2). Cada grupo de descriptores se forma teniendo en cuenta un número predeterminado de palabras clave que se espera pertenezcan al grupo. Así, se conformarán clusters de descriptores con alto grado de asociación entre sí, representado las áreas de conocimiento que se encuentran contenidas en los documentos.

En algunos casos, en la implementación del *Co-words analysis* se obtienen grupos de palabras muy heterogéneos, lo cual no es necesariamente malo, ya que el objetivo es enlazar segmentos de palabras de una forma natural. Esto permite analizar la relación entre las palabras que se encuentran más cercanas entre sí, dando mayor importancia aquellos descriptores utilizados simultáneamente con más frecuencia por autores que escriben sobre temáticas relacionadas.

6.5.1.1 *Densidad y Centralidad*

Los parámetros más importantes para este análisis son conocidos como Densidad y Centralidad. La Densidad no es más que una medida de la fuerza de las asociaciones internas de un grupo. Se puede obtener calculando el valor medio o promedio de los coeficientes de asociación entre las palabras clave en el grupo, como se muestra a continuación:

$$D_s = \frac{1}{n} \sum_{i \in S} \sum_{j \in S} e_{ij}$$

Donde D_s es el valor promedio obtenido para la densidad para el grupo S y n es el número de coeficientes de asociación en el grupo. Entre mayor sea el valor de D_s significará que el grupo está representando a una temática especializada o una temática desarrollada. La importancia del cálculo de la densidad es que nos permite saber en qué medida la temática que representa al grupo ha sido trabajada.

Por otro lado, la Centralidad representa el nivel de relación que posee un determinado grupo con los restantes. La Centralidad se puede obtener calculando el valor medio o promedio de los coeficientes de asociación entre las palabras clave en el grupo con las palabras clave que pertenecen al resto de grupos existentes, así:

$$C_s = \frac{1}{n''} \sum_{i \in S} \sum_{j \notin S} e_{ij}$$

Donde C_s es el valor promedio obtenido de la centralidad para el grupo S y n'' es el número de coeficientes de asociación externos. El valor C_s de muestra la relevancia de la temática de forma general. Lo que significa que un valor alto de C_s confirmará el alto impacto de la temática del grupo sobre las temáticas de los grupos restante.

6.5.2 Procedimiento de Clasificación

Hay que tener en cuenta que para la clasificación de los grupos de palabras clave se utiliza un procedimiento que considera algunos parámetros inducidos. Estos parámetros buscan que los grupos sean clasificados e interpretados adecuadamente. La Tabla 5.1 presenta los parámetros y sus significados.

Tabla 5.1. *Parámetros inducidos en el procedimiento de clasificación de grupos.*

Parámetro	Significado
P_{max}	Número de palabras máximo por cluster
P_{min}	Número mínimo de palabras por cluster
f_{min}	Frecuencia mínima de una palabra clave en el conjunto de documentos
C_{min}	Número mínimo de las co-ocurrencias entre dos palabras

Fuente. Elaborado a partir de Rodríguez & Pardo, 2007.

Los parámetros inducidos en el procedimiento de clasificación de grupos son de gran importancia y dependerán de la experiencia de quien ejecuta el proceso de clasificación. El procedimiento comúnmente usado en el "Cowords analysis" consta de 9 pasos, a saber:

- **Paso 1.** Construir la tabla de documentos por palabras clave Y .
- **Paso 2.** Eliminar las palabras clave dentro del conjunto de documentos que tengan una frecuencia menor a f_{min} .
- **Paso 3.** Construir la matriz de co-ocurrencias C , a partir del conjunto de documentos.
- **Paso 4.** Eliminar las co-ocurrencias menores a c_{min} dentro de C .
- **Paso 5.** Calcular los índices de asociación (e_{ij}) y construir la matriz de asociaciones, a partir de la matriz C .
- **Paso 6.** Organizar de forma decreciente los $m(m - 1)/2$ coeficientes de asociación diferentes.
- **Paso 7.** Agrupar cada pareja de palabras clave en una clase. La primera pareja en ser agrupada es la que tiene mayor coeficiente de asociación, las restantes parejas se van agrupando en las clases siguiendo el orden de las asociaciones hecho en el Paso 6.
- **Paso 8.** Impedir la entrada de una nueva palabra clave al grupo, si el número de palabras clave en un grupo es igual a P_{max} .
- **Paso 9.** Finalizar procedimiento si se han evaluado todas las asociaciones no nulas del orden creado en el paso 6.

Una observación hecha a este procediendo es que como el número de palabras clave en cada grupo es limitado a P_{max} , se podría obtener palabras huérfanas (no clasificadas), cuya relación está ligada a una o varias palabras ya clasificadas en un clúster. Esto ocasionará que la estructura de la red se vea influenciada por el número de palabras huérfanas resultantes del proceso de clasificación.

6.6 Conclusión

La técnica de palabras asociadas se ha desarrollado en el campo de la Cienciometría desde la década de 1970 como un indicador aplicado en estudios tan amplios y diversos como la identificación y comparación de propiedades física y química de un campo de conocimiento como lo es la química macromolecular (Callon et al., 1979); el análisis de patentes (Callon et al., 1989); la toma de decisiones para la formulación de inversión en investigación (Kostoff, 1993); el análisis de redes semánticas (Jang & Barnett, 1994); la recuperación de información (Ding, 2000); identificación de similitudes semánticas (Quin, 2000); vigilancia tecnológica (Noll et al., 2002); gestión y planificación de política científica dentro de un campo científico (Lee & Jeong, 2008); la identificación de tendencias de investigación (Cobo et al., 2011); la descripción de estructuras, dinámicas y evolución de área o campo de investigación (Zhang et al., 2012); la identificación y comparación de líneas o áreas de investigación (Cantos-Mateos, 2013), entre otros estudios.

En efecto, el análisis de palabras asociada o co-word, es una de las tantas técnicas aplicadas al análisis de contenido que ayuda a la representación de las estructuras y relaciones de un dominio, campo o frente de estudio o investigación, por medio del análisis del número de veces que co-ocurre simultáneamente dos o más unidades léxicas (descriptores, palabras

claves o términos) en una o más base de datos o documentos de naturaleza textual, con el fin de develar las ideas, conceptos o enfoques temáticos que un autor o comunidad expresan a través de sus manuscritos, y que además puede visualizar la red de relaciones que se tejen entre sus distintos actores (palabras, documentos, autores, revistas, laboratorios, instituciones, tecnologías, objetos, compuestos orgánicos, etc.). En síntesis, es un instrumento bibliométrico aplicado para descubrir las estructuras y bases de conocimiento de una ciencia.

Es un instrumento de evaluación de la producción científica que ayuda en el establecimiento de políticas y estrategias de fomento para el fortalecimiento de las capacidades de investigación en distintas áreas y campos de conocimiento. Que han estado acompañada con el desarrollo de herramientas informáticas que facilitan su uso y aplicación en distintos campos y que han contribuido a mejorar los procesamientos para el análisis, interpretación y representación de las estructuras, dinámica y evolución de las investigaciones; destacándose principalmente Leximappe, LEXINET y Tl.exe en sus inicios y CoPalRed, BibTechMon, BibExcel, Wordstat, T-LAB, SCIMAT, el software R, entre otras.

Referencias

- Aibar, E. (1996). La vida social de las máquinas: orígenes, desarrollo y perspectivas actuales en la sociología de la Tecnología. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 76, 141-170. <https://doi.org/10.2307/40183990>.
- Bailón-Moreno, R. (2003). *Ingeniería del conocimiento y vigilancia tecnológica aplicada a la investigación en el campo de los tensioactivos. Desarrollo de un modelo cuantitativo unificado*. (Tesis de Doctorado). España: Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/24728>.

- Barsky, O. (2014). La evaluación de la ciencia, la crisis del sistema internacional de revistas científicas y propuestas de políticas. *Debate Universitario*, 3(5), 109-124.
- Batagelj, V., & Mrvar, A. (2004). Pajek—analysis and visualization of large networks. En *Graph drawing software* (pp. 77-103). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bauin, S. (1986). Aquaculture: A field by bureaucratic fiat. In M. Callon, J. Law, & A. Rip (Eds.), *Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world* (124-141). Londres: The Macmillan Press Ltd. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_8.
- Velasco, C.A., Guzmán, V.F., y Quintana, C.G (2011). Evolución de la literatura sobre empresa familiar como disciplina científica. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 14, 78-90. <https://doi.org/10.1016/j.cede.2011.02.004>.
- Benzécri, J. (1973). *L'Analyse des Données. Tomo II: L'Analyse des Correspondances*. París: Dunod.
- Callon, M., Courtial, J. P., & Turner, W. (1979). *Les actions concertées chimie macromoléculaire. Socio-logique d'une agence de traduction*, Ecole Nationale Supérieure des Mines. Paris.
- Callon, M., Courtial, J.P., Turner, W. A., y Bauin, S. (1983). *From translations to problematic networks: An introduction to co-word analysis. Information (International Social Science Council)*, 22(2), 191-235. <https://doi.org/10.1177/053901883022002003>.
- Callon, M. (1986). *The sociology of an actornetwork: The case of the electric vehicle*. Londres: Macmillan Press.
- Callon, M. (1987). Society in the making: The study of technology as a tool for sociological analysis. En: T. Huges, & T. Pinch (Eds.), *The social construction of technological*

- systems: *New directions in the sociology and history of technology* (pp. 83-103). London: MIT Press.
- Callon, M., Law, J., y Rip, A. (1986). *Mapping the dynamics of science and technology: Sociology of science in the real world*. Londres: The Macmillan Press Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2>.
- Callon, M., Law, J., & Rip, A. (1986). *Qualitative scientometrics*. En Callon M., Law J., Rip A. *Mapping the Dynamics of Science and Technology* (pp. 103-123). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_5.
- Callon, M. (1986). Pinpointing Industrial Invention: An Exploration of Quantitative Methods for the Analysis of Patents. En Callon M., Law J., Rip A. *Mapping the Dynamics of Science and Technology* (pp. 163-188). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_5.
- Callon, M. (1989). *La science et ses réseaux*. Éditions La Découverte.
- Callon, M., Courtial, J. P., y Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research—the case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22, 155–205. <https://doi.org/10.1007/BF02019280>.
- Calvo Fuente, V., Cantos Mateo, G., y Zulueta García, M. A. (2013). Delimitación temática de la investigación española en fisioterapia a través del análisis de co-palabras. *Scire*, 19(2), 98-101.
- Cambrosio, A., Limoges, C., Courtial, J.P., & Laville, F. (1993). Historical scientometrics? Mapping over 70 years of biological safety research with co-word analysis. *Scientometrics*, 27(2), 119-143. <https://doi.org/10.1007/BF02016546>.

- Cantos-Mateos, G., Zulueta, M-A., Vargas-Quesada, B., & Chinchilla-Rodríguez, Z. (2013). Estudio comparativo sobre la visualización de redes de co-words a través de los descriptores del Science Citation Index y de Medline. Recuperado de <https://goo.gl/23NrDa>
- Cantos-Mateos, G., Zulueta, M-A., Vargas-Quesada, B., & Chinchilla-Rodríguez, Z. (2014). Estudio evolutivo de la investigación española con células madre. Visualización e identificación de las principales líneas de investigación. *El profesional de la información*, 23 (3), 259-271. <https://doi.org/10.3145/epi.2014.may.06>.
- Cárdenas, J. (2014). El poder económico mundial: Análisis de redes de "interlocking directorates" y variedades de capitalismo (Vol. 280). España: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. *Journal of Infometrics*, 5(1), 146-166. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). Scimat: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609-1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>.
- Courtial, J. (1990). Introduction à la scientométrie, Anthropos-Económica, París.
- Courtial, J. (1986). Technical Issues and Developments in Methodology. En Callon M., Law J., Rip A. Mapping the Dynamics of Science and Technology (pp. 67-83). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_5.

- Coulter, N., Monarch, I., y Konda, S. (1998). Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(13), 1206–1223. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(1998\)49:13<1206::AID-ASIT>3.3.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(1998)49:13<1206::AID-ASIT>3.3.CO;2-6).
- Crane, D. (1972). *Invisible colleges. Diffusion of knowledge in scientific communities*. The University of Chicago Press: Chicago y Londres.
- Crawford, S. (1984). Derek John De Solla Price (1922-1983): El hombre y la contribución. *Boletín de la Asociación de Bibliotecas Médicas*, 72 (2). 238 – 239.
- Culebras & Franco-López. (2017). In Memoriam Eugene Garfield (1925-2017). *Journal of Negative and No Positive Results*, 2(4), 165-167 DOI: 10.19230/jonnpr.1405.
- Danowski, J. A. (1988). Organizational Infographics and Automated Auditing: Using Computers to Unobstrusively Gather as Well as Analyze Communication. En Goldhaber, G. M., y Barnett, G. A. *Handbook of Organizational Communication*. Norwood, New Jersey: Ablex.
- Danowski, J. A. (1993). Network Analysis of Message Content. *Progress in Communication Sciences*, 12, 198-221.
- De Solla P, D. J. (1963). *Little science, big science*. New York: Columbia University Press.
- De Solla P, D. J. (1965). *Networks of scientific papers*. *Science*, 149, 510-515. <https://doi.org/10.1126/science.149.3683.510>.
- Díaz, M. (2012). Aportes desde el análisis de palabras clave a las ponencias presentadas en el XIV Congreso Internacional de Informática en Educación “InforEdu2011”. *Bibliotecas anales de investigación*, 8(8), 239-244.
- Ding, G., y Foo, S. (2001). Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis. *Information Processing & Management*, 37(6), 67-78.

- Ding, Y., Gobinda, G., & Foo, S. (2000). Incorporating the results of co-word analyses to increase search variety for information retrieval. *Journal of Information Science*, 26(6), 429-451. <https://doi.org/10.1177/016555150002600606>.
- Echeverría, J & González, M.I. (2009). La teoría del actor-red y la tesis de la tecnociencia, *Arbor*, 185(738), 705-720. doi: 10.3989/arbor.2009.738n1047
- Fernández-Valmayor, A.C., Fernández-Pampillón, A, C., y Merino, G.J. (2005). *Cómo integrar investigación y docencia en el CV-UCM*. Madrid: editorial complutense.
- García Ríos, M.C., Moreno Lorenzo, C., Ruiz Baños, R., y Bailón Moreno, R. (2010). Análisis temático de la disciplina Fisioterapia en la Web of Science. *Fisioterapia*, 32(4), 159-164. <https://doi.org/10.1016/j.ft.2009.09.004>.
- García, P.D. (2007). Bruno Latour y los límites de la descripción en el estudio de la ciencia. (Tesis de Doctorado). España: Universidad de Granada.
- Garfield, E. (1955). CitationIndexforScience: a new dimension in Documentation through association of Ideas. *Science*, 122(3159),108-111. <https://doi.org/10.1126/science.122.3159.108>.
- Garfield, E. (1963). Citation indexes in sociological and historical research. *American Documentation*, 14(4), 289-291. <https://doi.org/10.1002/asi.5090140405>.
- Garfield, E. (2003). The meaning of the Impact Factor. *Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud*, 3(2), 363-369. Recuperado de <https://goo.gl/GE7MXy>.
- Garfield, E. (2006). The History and Meaning of the Journal Impact Factor. *JAMA*, 295(1), 90-93. <https://doi.org/10.1001/jama.295.1.90>.
- Garrido, F. J. (2001). *El análisis de redes en el desarrollo local*. Facultad de Ciencias Política y Sociología. Universidad Complutense de Madrid.

- Gracia, G.D. (2005). *De los colegios invisibles al campus virtual. Trabajo presentado en II Jornada Campus Virtual UCM: cómo integrar investigación y docencia en el CV-UCM*. Madrid: Editorial complutense. Recuperado de <https://goo.gl/rjqFm4>.
- Gutiérrez, X.S. (2014). *Evaluación de la investigación sobre la educación especial en España mediante el análisis cuantitativo de sus tesis doctorales (1978-2013)*. (Tesis de maestría), Universidad de Granada, España. Recuperado de: <https://goo.gl/f1k6FB>.
- He, Q. (1999). Knowledge Discovery Through Co-Word Analysis. *Library trends*, 48(1),133-159.
- Rodríguez, H.D., & Pardo, E.C. (2007). Programación en R del método de las palabras asociadas. Trabajos de grado. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- Jang, H.Y., & Barnett, G. (1994). Cultural Differences in Organizational Communication: a Semantic Network Analysis 1. *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 44(1), 31-59. <https://doi.org/10.1177/075910639404400104>.
- Kostoff, R. N. (1993). Co-word analysis. En Bozeman, B. & Melkers, J. (Eds.). *Evaluating R&D impacts: Methods and practice*. Springer Science & Business Media. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-5182-6_4.
- Kostoff, R. N., Eberhart, H. J., & Toothman, D. R. (1998). Database tomography for technical intelligence: A roadmap of the near-earth space science and technology literature. *Information Processing & Management*, 34(1), pp. 69-85. [https://doi.org/10.1016/S0306-4573\(97\)00066-6](https://doi.org/10.1016/S0306-4573(97)00066-6).
- Larkey SV. (1953). The Welch Medical Library Indexing Project. *Bulletin of the Medical Library Association*, 41(1), 32-40.
- Latour, B. (2005). *Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory*. New York: Oxford University Press.

- Law J. (1986). The heterogeneity of texts. En Callon M., Law J., Rip A. *Mapping the Dynamics of Science and Technology* (pp. 67-83). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_5.
- Law, J., Bauin, S., Courtial, J. P., & Whittaker, J. (1988). Policy and the mapping of scientific change: a co-word analysis of research into environmental acidification. *Scientometrics*, 14(3-4), 251- 264.
- Law, J., & Whittaker, J. (1992). Mapping acidification research: A test of the co-word method. *Scientometrics*, 23(3), 417-461. <https://doi.org/10.1007/BF02029807>.
- Lebart, L., Morineau, A., & Piron, M. (1995). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Paris: Dunod.
- Leydesdorff, L. (1989). The Science Citation Index and the measurement of national performance in terms of numbers of scientific publications. *Scientometrics*, 17(1-2), 111-120. <https://doi.org/10.1007/BF02017727>.
- Lee, B., & Jeong, Y. I. (2008). Mapping Korea's national R&D domain of robot technology by using the co-word analysis. *Scientometrics*, 77(1), 3-19. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-1819-4>.
- Liberatore, G., & Herrero-Solana, V. (2013). Caracterización temática de la investigación en Ciencia de la Información en Brasil en el período 2000-2009. *Transformação*, 25(3), 225-235. <https://doi.org/10.1590/S0103-37862013000300005>.
- Liberatore, G., & Chaves, J. A. (2012). El área de la gestión de información y del conocimiento como frente de investigación en la ciencia de la información brasileña: Análisis de la producción científica en el periodo 2000-2009. *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, 2(2), 134-142.

- Lozares, C. (1996). La teoría de redes sociales. *Papers*, 48, 103-146. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v48n0.1814>.
- Mackay, A. (1984). Derek John de Solla Preci: Un Aprecio. *Estudios Sociales de la Ciencia*, 14(2), 315-320. DOI:10.1177 / 030631284014002013.
- Martín, E.A., Acedo, F.J.G., & Martín, R.D. (2004). Los Frentes de investigación dominantes en marketing. *Revista Española de Investigación de Marketing ESIC*, 10, 93-110.
- Miguel, S., Moya-Anegón, F., & Herrero-Solana, V. (2007). El análisis de co-citas como método de investigación en Bibliotecología y Ciencia de la Información. *Investigación bibliotecológica*, 21(43), 139-155.
- Miguel, S.; Caprile, L. & Jorquera-Vidal, I. (2008). Análisis de co-términos y de redes sociales para la generación de mapas temáticos. *El profesional de la información*, 17(6), 637-646. <https://doi.org/10.3145/epi.2008.nov.06>.
- Moreno, J.L. (1934). Fondements de la Sociométrie. *Cahiers internationaux de sociologie*, 14(1953), 3-29.
- Murgado-Armenteros, E. M., Gutiérrez-Salcedo, M., Torres-Ruiz, F. J., & Cobo, M. J. (2015). Analysing the conceptual evolution of qualitative marketing research through science mapping analysis. *Scientometrics*, 102(1), 519-557. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1443-z>.
- Noll, M., Fröhlich, D., & Schiebel, E. (2002). Knowledge maps of knowledge management tools-information visualization with BibTechMon. En D, Karagiannis y U, Reimer (Eds.). *Practical Aspects of Knowledge Management (14-27)*, Austria:Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-36277-0_3.
- Orozco, L. A., & Chavarro, D. A. (2010). Robert K. Merton (1910-2003): Science as Institution. *Revista de Estudios Sociales*, 37, 143-162.

- Paredes, A., & Escalante, G.E (2010). La visualización de “colegios invisibles” en las publicaciones político-religiosas de editorial Tierra Nueva (década 1970) y su inserción en discursos de época. *Theoria*, 19(1), 61-82.
- Persson, O., Danell, R., & Wiborg-Schneider, J. (2009). How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. En F. Åström, R. Danell, B. Larsen, & J. Schneider (Eds). *Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60 th Birthday* (pp.9-24). Leuven, Bélgica: International Society for Scientometrics and Informetrics.
- Polanco, X. (2006). Análisis de redes: introducción. En Albornoz, M y Alfaraz, C, *Redes de conocimiento: Construcción, dinámica y gestión* (pp. 77-112), Buenos Aires: RICYT/ CYTED/UNESCO.
- Prestel, C. (2006). Reassembling the Social of Bruno Latour. *Política y Sociedad*, 43(3), 127-130.
- Quin, J. (2000). Semantic similarities between a keyword database and a controlled Vocabulary Database: an investigation in the antibiotic resistance Literature. *Journal of the American for Information Science (JASIS)*, 51(3), 166-180. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(2000\)51:2<166::AID-ASI8>3.3.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(2000)51:2<166::AID-ASI8>3.3.CO;2-Q).
- Ravikumar, S., Agrahari, A., & Singh, S. N. (2015). Mapping the intellectual structure of scientometrics: A co-word analysis of the journal *Scientometrics* (2005–2010). *Scientometrics*, 102(1), 929-955. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1402-8>.
- Rip, A. (1986). Mobilising resources through texts. En Callon M., Law J., Rip A. *Mapping the Dynamics of Science and Technology* (pp. 67-83). Londres: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-07408-2_5.

- Ronda Pupo, G.A.; Batista Matamoros, C.; Domínguez Taro, J. C.; Ronda Hernández, R. (2012). Cambios en la estructura intelectual de la investigación sobre temas de dirección en Cuba: un análisis de co-palabras de Folletos Gerenciales 1997-2009. *Bibliotecas anales de investigación*, 8(9), 110-120.
- Ruiz, R.B. (1996). Leximappe: una eficaz herramienta informática para describir la estructura de las redes del conocimiento científico. Trabajo presentado en V Jornadas españolas de documentación automatizada de la Federación Española de Sociedades de Archivística, Biblioteconomía y Documentación, España.
- Ruiz-Baños, R., & Bailón-Moreno, R. (1998). El método de las Palabras Asociadas (I). La estructura de las redes científicas. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*, 14(53), 43-60.
- Scott, J. (1991). *Social Network Analysis*. London: Sage.
- Serrano-Bedia, A. M.; López-Fernández, M. C., & Pérez-Pérez, M. (2013). Análisis de la relación entre flexibilidad en operaciones y performance empresarial mediante técnicas bibliométricas. *Revista española de documentación científica*, 36(4). <https://doi.org/10.3989/redc.2013.4.1007>.
- Spinak, E. (1996). *Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría*. Venezuela: UNESCO.
- Stevens, M.E., Giuliano, V.E. & Heilprin, L.B. (1965). *Statistical association methods for mechanized documentation: symposium proceedings Washington 1964*. National Bureau of Standards (U.S.): Washington.
- Su, H.N., & Lee, P.C. (2010). Mapping knowledge structure by keyword co-occurrence: a first look at journal papers in Technology Foresight. *Scientometrics*, 85(1), 65-79.

<https://doi.org/10.1007/s11192-010-0259-8>.

- Troyano, R., Martínez Gasca, R., González Abril, L., & Velasco Morente, F. (2005). Análisis de redes sociales mediante diagramas estratégicos y diagramas estructurales. *Redes: revista hispana para el análisis de redes sociales*, 8.
- Van Eck, N.J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOS-viewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-38. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>.
- Vélez, G. (2013) Sociología de la ciencia y cienciometría: una revisión de las teorías subyacentes. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 36(1), 11-24.
- White, H. D., & Griffith, B. C. (1981). Author cocitation: a literature measures of intellectual structure. *Journal of the American Society for Information Science*, 32(3), 163. <https://doi.org/10.1002/asi.4630320302>.
- Whittaker, J. (1989). Creativity and Conformity in Science: Titles, Keywords and Co-Word Analysis. *Social Studies of Science*, 19, 473-496. <https://doi.org/10.1177/030631289019003004>.
- Zhang, J., Xie, J., Hou, W., Tu, X., Xu, J., Song, F., Wang, Z., & Lu, Z. (2012) Mapping the Knowledge Structure of Research on Patient Adherence: Knowledge Domain Visualization Based Co-Word Analysis and Social Network Analysis. *PLoS ONE*, 7(4), e34497. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034497>.
- Zulueta, M. A., Cantos-Mateos, G., Vargas-Quesada, B., & Sánchez, C. (2011). Research involving women and health in the Medline database, 1965–2005: co-term analysis and visualization of main lines of research. *Scientometrics*, 88(3), 679. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0455-1>.