

ARTICULOS

LA EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA MEDIANTE INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS

*María Luisa Lascurain Sánchez**

La Ciencia como objeto de estudio ha sido abordada desde distintas perspectivas desde principios del siglo XX, cuando varios autores destacan que el pensamiento científico está en estrecha relación con la sociedad en que se desarrolla, no obstante es mediados del siglo pasado cuando la Sociología de la Ciencia concreta más dicha relación y perfila el comportamiento de la Ciencia como organización y como institución social. Mas concretamente, la obra de Bernal (1939) sobre la función social de la Ciencia, marca un importante punto de referencia al respecto al apostar por un estudio detallado de la interacción Ciencia-Sociedad.

La afirmación de Maltrás (1996) de que *“la Ciencia es el fenómeno cultural y social más importante de los últimos cuatro siglos”* deja constancia del papel que juega la actividad científica en el desarrollo social.

El aspecto social de la Ciencia como organización dentro de una red más vasta de estructura social y conocimiento público, es el punto de partida para abordar el tema de la evaluación de la actividad científica. Asimismo, entendemos que los aspectos más relevantes en el desarrollo de la Ciencia dependen directamente de la comunidad científica que los produce, los difunde y los "consume", por lo que se hace necesario saber cuales son los procesos que producen ese conocimiento, procesos susceptibles de ser analizados a partir de métodos cuantitativos complementarios de otros.

A partir de la premisa que sitúa la investigación científica como actividad social, su evaluación va tomando cada día más importancia ya que

* Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad Carlos III de Madrid. España.

se hace necesario conocer los recursos que la sociedad destina a este sector y su rendimiento, al tiempo que sirve a los científicos como retroalimentación de la tarea realizada. Para Spinak (2001) la evaluación es un componente de la política científica y en ella, además de la recopilación y tratamiento de datos cualitativos y cuantitativos forman parte de la evaluación " *se trata de responder por qué las cosas ocurren como ocurren*". Para el autor el objetivo de los procedimientos de evaluación es la obtención de medidas con respecto al logro de objetivos establecidos por la política científica de un país, sobre los factores que afectan a la promoción de dicho logro y sobre los cambios necesarios para mejorar los futuros.

La evaluación de las actividades científicas y tecnológicas tiende a ser una práctica habitual en la mayoría de los países destacados en Ciencia y Tecnología, que se plantean como reto evaluar y rendir cuentas de los programas de gasto público en investigación en forma "*habitual, sistematizada y comparable*" (Camí, 2001). Así en EE UU la ley del Congreso "Government performance and results act" de 1993 obliga a todas las instituciones y agencias federales de financiación y promoción de investigación a evaluar el rendimiento de sus infraestructuras, procesos y resultados, además de exigir información. La entrada en vigor de esta disposición supuso una importante reflexión sobre los procesos de evaluación.

Sin embargo la evaluación, cobra un especial interés en los países en desarrollo al contribuir a la valoración de la efectividad de sus políticas científicas en el desarrollo nacional, al tiempo que permite identificar los puntos débiles y fuertes de los actores implicados en dicha actividad y sirve como instrumento en el establecimiento de prioridades en la asignación de recursos para conseguir una rentabilidad máxima. (Bellavista y otros, 1997).

La evaluación del rendimiento de la actividad científica abarca tres procesos, según establecen Bellavista y otros (1997): La evaluación "ex ante" (*appraisal*), la evaluación del proceso y la evaluación "ex post". La primera permite una aproximación a los aspectos económicos, sociales, científicos y tecnológicos de programas e instituciones, así como de centros de investigación o universidades. Requiere el análisis de resultados anteriores, juzgando las cualidades intrínsecas de un proyecto con anticipación de un grupo o de una persona, basándose en resultados anteriores. La evaluación "ex post" (*evaluation*) es la relativa a los procesos de investigación ya finalizados, y permite la discusión de los resultados científicos y tecnológicos, además de los económicos y sociales relacionados con éstos. La evaluación de proceso (*monitoring*) es importante "*dada su capacidad de informar durante el desarrollo e implementación de un programa. De esta manera,*

permite efectuar cambios o tomar medidas correctoras en función de los resultados de la evaluación continua".

Cada una de estas formas de evaluación tiene aplicación sobre distintos tipos de objetivos (instituciones o investigadores) y con diferentes niveles de agregación: "micro", "meso" y "macro". Vinkler (1988) establece que en el nivel "micro" los datos sobre publicaciones y citas investigados están referidos a un artículo, proyecto o grupo; en el nivel "meso" a un grupo de publicaciones, subdisciplina o institución y en el nivel "macro" se refieren a todas las publicaciones seleccionadas según puntos de vista dados, una disciplina en su conjunto o un grupo de países.

A continuación, pasamos a comentar las distintas herramientas que pueden ser empleadas en la evaluación, dependiendo de los aspectos que se esté interesado en conocer. Así, cuando se quiera estudiar aspectos de tipo cualitativo, habrá que recurrir a las opiniones de expertos (*peer review*), mientras que para determinar aquellos aspectos de tipo cuantitativo o si se pretende estudiar y comparar el comportamiento tanto de investigadores, como de instituciones o países, se hace necesario el uso de indicadores bibliométricos.

La opinión de expertos (*peer review*) es uno de los sistemas de evaluación de la actividad científica con mayor tradición y se basa en la opinión de especialistas sobre una materia concreta teniendo en cuenta una serie de criterios, como son la producción bibliográfica, los premios recibidos, la capacidad docente, los méritos de investigación reconocidos, los proyectos de investigación obtenidos, etc. El objeto de la evaluación puede ser una institución, un grupo de investigación o bien científicos individuales y su finalidad puede ser la valoración de proyectos o programas científicos o bien la selección de trabajos científicos para su publicación.

La evaluación por pares presenta algunas limitaciones metodológicas que hay que tener en cuenta en su aplicación, y que han sido advertidos por distintos autores en la literatura científica al respecto. Así, Merton (1968) enunció el denominado "*efecto Mateo*" que determina la influencia de las investigaciones en función del prestigio previo de los autores o las instituciones que las llevan a cabo, de manera que, científicos con igual cantidad de trabajos publicados, serán más reconocidos o más rápidamente según la institución para la que trabajen.

King (1987) advierte sobre los sesgos que introduce en el proceso de evaluación la parcialidad y la subjetividad de los expertos implicados en el mismo. También apunta el llamado "efecto halo", por el que los científicos

más conocidos tienen más posibilidades de ser evaluados más positivamente. Este efecto también puede darse a favor de instituciones prestigiosas dentro de un sistema científico.

Tanto este último autor como Luukonen (1990) inciden en un tipo de sesgo de la evaluación que puede afectar a la renovación de la investigación científica, ya que consideran que una falta de subjetividad de los expertos se manifiesta en su lealtad hacia científicos conocidos, protegiendo así viejas áreas de trabajo en detrimento de aquellas emergentes. Esta subjetividad puede hacer que los expertos tomen decisiones influenciadas por sus escuelas de pensamiento y por que se detecte el origen de las propuestas (Travis y Collins, 1991).

Bordons y Zulueta (1999) incluyen entre las limitaciones propias de este procedimiento de evaluación su elevado coste y su aplicación limitada a pequeñas unidades.

No obstante, y a pesar de estas y otras limitaciones metodológicas, la evaluación por pares, como afirma Van Raan (1996) *“es uno de los mecanismos que mantiene la Ciencia en condiciones saludables”*. Además, este autor confirma la correlación significativa entre las opiniones de expertos y los indicadores

Evaluación mediante indicadores

Además de las opiniones de expertos, los indicadores bibliométricos constituyen una herramienta fundamental en la evaluación científica, especialmente cuando se trata de conocer los aspectos cuantitativos de la investigación.

A partir del empleo de métodos directos e indirectos de evaluación, es posible obtener una serie de indicadores bibliométricos que den cuenta de determinada actividad científica, así como de los hábitos, necesidades y uso que hacen de la información los distintos colectivos de investigadores. Esta doble faceta de los indicadores, tanto desde el punto de vista de la producción como del consumo de información científica, es la apuntada por Sanz Casado y Martín Moreno (1997) que los definen como *“Los datos numéricos extraídos de los documentos que publican los científicos o que utilizan los usuarios, y que permiten el análisis de las diferentes características de su actividad científica, vinculadas, tanto a su producción como a su consumo de información”*.

Las características que presentan los indicadores bibliométricos han sido planteadas por varios autores. En el trabajo de Martin e Irvine (1983) y en otro posterior de Martin (1996) se destacan tres que los identifican: La parcialidad, la convergencia y la relatividad. La primera está referida a que cada uno de los indicadores muestra un aspecto de la evaluación que está siendo realizada. Por otra parte, todos los indicadores convergen para proporcionar un buen conocimiento de la actividad. Esta es una de las razones por la que los autores recomiendan utilizar un alto número de indicadores, puesto que si no se hace, se corre el peligro de obtener un conocimiento muy sesgado, ya que la actividad científica es multidimensional y, por tanto, no puede caracterizarse a partir de un indicador aislado. Por último, la información que suministran los indicadores es relativa a la disciplina estudiada, por lo que no puede ser extrapolada a otras disciplinas, ya que los hábitos de investigación que muestran los científicos son distintos.

Para Martínez y Albornoz (1998) los indicadores representan las características de generalidad, correlación entre variables distintas o de distintos contextos, cuantificabilidad, temporalidad, y posibilidad de constituirse en componentes básicos de desarrollos teóricos.

El empleo de los indicadores bibliométricos presenta una serie de ventajas frente a otros métodos utilizados en la evaluación científica, al tratarse de un método objetivo y verificable, cuyos resultados son reproducibles. Además, es susceptible de ser aplicado a un gran volumen de datos, lo que posibilita la obtención de resultados significativos en los estudios estadísticos (Bellavista y otros, 1997).

Sin embargo, a pesar de estas ventajas, los indicadores bibliométricos presentan una serie de limitaciones en su uso que es conveniente tener en cuenta en su aplicación y la interpretación de los resultados obtenidos tras su aplicación. Así, para Sancho (1990) las limitaciones de los indicadores derivan, fundamentalmente, del hecho de estar basados en la investigación publicada, ignorando otras formas de comunicación. Además, no se contempla el hecho de que las pautas de publicación son diferentes según las áreas ni las prácticas perversas debidas a la presión social en torno a la publicación. Por otra parte, la autora recoge las restricciones procedentes de las fuentes de datos utilizadas, como son los sesgos de cobertura y la falta de normalización de determinados campos de interés bibliométrico. Por su parte López Piñero y Terrada (1992a) advierten del uso acrítico de algunos indicadores tras su proliferación *"es obligado lamentar la frecuencia de recuentos mecánicos, privados de los contextos necesarios y de la valoración crítica de las cifras como indicadores. Sin un conocimiento de la estructura y dinámica de la comunidad científica, de los procesos de comunicación e*

información que se desarrollan en su seno y de la integración de la actividad científica en resto de la realidad social, económica, política y cultural, el empleo de los datos bibliométricos es semejante al uso del cómputo de células sanguíneas o de cifras de carácter bioquímico o inmunológico en el organismo, sin ideas precisas acerca de la estructura y el funcionamiento de este último en estado de salud y enfermedad".

A esto habría que añadir una serie de limitaciones añadidas cuando se analizan disciplinad de Ciencias Sociales y Humanidades recogidas por García Zorita (2000) y referidas a la tipología documental que recogen las bases de datos fuente, al idioma de publicación y a los niveles de agregación necesarios para que los resultados sean fiables, así como a la cobertura temporal que debe ser suficientemente amplia.

En relación con la clasificación de indicadores, Sanz Casado (2000) propone una terminología de indicadores basada en las técnicas estadísticas utilizadas en cada caso: el término de indicadores unidimensionales está referido a aquellos que manejan técnicas de la estadística univariable, pues están fundados en datos que reflejan el tratamiento de una característica de las publicaciones científicas o de los investigadores que están siendo analizados, mientras que los indicadores multidimensionales se basan en técnicas de estadística multivariante

Los primeros son los que tienen una mayor tradición, pues fueron los primeros en desarrollarse y aplicarse a la evaluación de la actividad científica. López Piñero y Terrada (1992b) proponen una tipología de indicadores que pueden incluirse dentro de los unidimensionales, pues representan una única característica. Los autores agrupan en cuatro epígrafes los indicadores referidos a producción, circulación y dispersión, consumo y repercusión de las publicaciones y de la información que contienen. La clasificación propuesta por Vinkler (1988) también se refiere a indicadores unidimensionales que agrupa en dos tipos: Los indicadores cuantitativos de actividad científica, donde se incluye el número de publicaciones y los indicadores de impacto, basados en el número de citas que obtienen los trabajos publicados.

Los indicadores multidimensionales estudian simultáneamente varias características de los documentos analizados pudiéndose establecer las múltiples interrelaciones que pueden ser observadas en los documentos o en los hábitos de investigación de los científicos. Las estructuras de relaciones entre los elementos de los sistemas sobre los que se aplican se representan gráficamente mediante "mapas bibliométricos" (Tijssen y van Raan, 1994)

que ofrecen datos reveladores sobre las relaciones cognitivas (palabras clave, clasificaciones...) y sociales (autores, instituciones y países).

Aspectos de la actividad investigadora determinada a partir de indicadores

Entre los indicadores unidimensionales destacan los indicadores de producción científica que aportan información sobre uno de los aspectos más importantes de la actividad científica, como es el crecimiento de una disciplina, de un país, una institución o grupo de investigación. En relación con la producción científica, Price (1961) desarrolla el concepto de desarrollo acelerado y establece la denominada ley de crecimiento exponencial de la Ciencia. El autor constata que la información científica crece a un ritmo muy superior al de otros procesos o fenómenos sociales, si bien el crecimiento exponencial alcanza un límite, ante el cual el proceso tiene que decaer y detenerse. La propuesta de Price de que la forma real de crecimiento de la Ciencia se corresponde con una curva logística, ha llevado a la realización de numerosos trabajos posteriores, con el fin de conocer si se repite del mismo modo el proceso.

Otro aspecto de interés en relación con la producción científica es el referido al envejecimiento u obsolescencia de la literatura científica, que puede ser medida a partir de dos indicadores: La Vida Media y el Índice de Price. El primero de estos indicadores fue establecido por Burton y Kebler (1960) y definido como *"el tiempo durante el cual fue publicada la mitad de la literatura activa circulante sobre un tema determinado"*. Para estos autores, la vida media o semiperíodo es variable en función de que la literatura científica de las distintas ramas es más estable o más efímera. El indicador denominado Índice de Price mide el porcentaje de documentos referenciados en una bibliografía que tienen cinco años o menos de antigüedad. Ambos indicadores son complementarios en el estudio de la obsolescencia, y entre sus aplicaciones, además de las relacionadas con la evaluación de la actividad científica, figuran las relacionadas con la gestión bibliotecaria. Sanz Casado y Martín Moreno (1998) señalan el valor que representa para un centro de información conocer el período durante el cual los documentos van a ser utilizados y por tanto van a tener posibilidades de ser convertidos en nuevos conocimientos.

El indicador de dispersión es otro de los utilizados en los estudios bibliométricos. Se calcula a partir de la ley enunciada por Bradford (1948) sobre la distribución de la literatura científica. Sus observaciones le llevaron a constatar que si se consulta la literatura especializada sobre un tema

determinado, éste será publicado en gran parte en un pequeño número de revistas. La formulación verbal de la ley establece que *"si las revistas científicas se disponen en orden decreciente de productividad de artículos en una determinada materia, entonces se puede dividir en un núcleo de revistas específicamente relacionadas con la materia y distintos grupos o zonas que contienen el mismo número de artículos que el núcleo, siendo el número de revistas en el núcleo y en las sucesivas zonas como 1:n:n2 ..."* Esta formulación verbal se apoya en la formulación gráfica, que describe una curva ascendente que, a partir de un punto que establece el núcleo, se convierte en una línea recta.

Otros aspectos importantes en el análisis de la actividad científica son los relacionados con la colaboración entre autores e instituciones. El indicador más utilizado para valorar el primer aspecto es el Índice de Coautoría, que es un promedio del número de autores que firman los documentos y que permite determinar el tamaño de los grupos de investigación. Para Sanz Casado (2000) *"la colaboración entre investigadores tiene un efecto positivo sobre la producción científica, tanto cuantitativa como cualitativamente, en especial cuando ésta se lleva a cabo por investigadores y grupos del más alto nivel, tanto españoles como extranjeros"*

Otro indicador en relación con la colaboración entre autores es la tasa de documentos coautorados, que es la proporción de documentos firmados por más de un autor.

En cuanto a la colaboración entre instituciones, resulta de interés determinar no sólo el grado de colaboración, sino también el tipo de colaboración que se establece, establecida a partir de los indicadores de tasa de colaboración nacional y tasa de colaboración internacional, también conocida como índice de internalización.

Los indicadores unidimensionales relacionados con la temática documental son un tipo de indicador de actividad que permiten determinar no sólo las áreas que conforman una disciplina y su evolución temporal, sino también aquellas otras relacionadas con éstas, lo que permiten conocer el grado de interdisciplinariedad existente en la investigación.

El indicador que permite conocer las posibles barreras lingüísticas de los científicos ante la información es el denominado como capacidad idiomática. Se calcula a partir de las frecuencias con que los distintos idiomas aparecen en las referencias bibliográficas o a partir del análisis de las demandas de documentos.

La tipología documental es el indicador utilizado para conocer el tipo de documentos que utilizan los científicos para dar a conocer los resultados de sus investigaciones. Los estudios acerca de este indicador se han aplicado tanto al conocimiento de las diferencias entre los distintos colectivos de investigadores, como a la estimación del grado de especialización en las líneas de trabajo.

Otra de las características de las publicaciones que resulta de interés en el proceso de evaluación de la actividad científica es la referida a las fuentes utilizadas. El estudio de las referencias que dan los documentos y de las citas que reciben revela conexiones entre autores, grupos de investigación, temas de estudio, países, etc. Además, la eminencia o el impacto que tienen los autores, trabajos y revistas puede medirse a través de este instrumento. Para López Piñero y Terrada (1992b), desde el estudio de las referencias y las citas *"se lleva a cabo uno de los capítulos más desarrollados y complejos de la bibliometría que se utiliza, entre otros objetivos, para estudiar el consumo de la información científica en un país o por parte de un autor, grupo, institución, revista, etc., así como para conocer la repercusión o impacto que su producción ha tenido en comunidades científicas determinadas"*.

El indicador que se utiliza para medir la visibilidad y la utilidad de las fuentes es el conocido y polémico Factor de Impacto (FI). El factor de impacto de una revista se define como la ratio del número de citas recibidas por [sus] trabajos en un año determinado en relación con el número total de los trabajos publicados [en ella] durante un período fijo de tiempo correspondiente a los dos años anteriores al analizado.

A la hora de interpretar este indicador es preciso tener en cuenta una serie de limitaciones. Camí (1997) habla de la "impactolatría" para referirse a la excesiva valoración del FI, que puede llevar a una práctica simplista de la evaluación científica.

El Índice de Inmediatez es otro indicador obtenido a partir de las citaciones, y permite conocer el tiempo transcurrido desde la publicación de un trabajo en una revista científica hasta que es utilizado por otro. Cuanto menor sea el tiempo transcurrido entre la publicación de un documento y su citación, mayor será el valor del mismo, en el sentido de que la comunidad científica lo habrá incorporado rápidamente en sus líneas de investigación para transformarlo en nuevo conocimiento. Como en el caso del Factor de Impacto, los valores anuales de estos índices son publicados anualmente por el Journal Citation Reports del Institute for Scientific Information (ISI).

Los indicadores multidimensionales o relacionales son menos conocidos y mas complejos de aplicar, si bien cada vez es mayor el interés que suscitan por parte de los investigadores en estudios métricos de la información y en general de la comunidad científica implicada en la evaluación ya que permiten un análisis mas preciso y rico de un fenómeno complejo y múltiple como es la Ciencia. Este tipo de indicadores se basa en cómputo de matrices de datos, donde cada uno de los componentes representa la co-ocurrencia en las variables o variables comunes que se miden entre dos objetos. Los objetos pueden representar autores, instituciones, temas o revistas, y las variables pueden ser la firma conjunta de trabajos, la citación conjunta o la aparición conjunta de descriptores.

Spinak (1996) denomina a los indicadores multidimensionales técnicas de mapeo en alusión a los gráficos que general y que comúnmente se han llamado "mapas" (de Ciencia, cognitivos y conceptuales).

El análisis estadístico que subyace en la elaboración de estos mapas se basa en el análisis de matrices de datos multivariados. En el caso de que dicha matriz sea una tabla de contingencia, se llevará a cabo un análisis de correspondencias que permite descubrir afinidades entre dos conjuntos de variables.

Cuando el punto de partida es una matriz de similaridad entre objetos se emplea el escalamiento multidimensional que permite la elaboración de mapas que reflejen como los objetos están relacionados. Por último, cuando se parte de una matriz de datos binaria se utiliza el análisis de redes sociales que se ocupa de las relaciones entre elementos definidos (investigadores, publicaciones, instituciones...) y no en sus atributos.

A modo de conclusión en este breve recorrido por las diferentes herramientas para la evaluación de la actividad científica, es necesario volver a insistir en la necesidad de la aplicación crítica de las mismas, con la utilización de las mas idóneas en cada caso y con la posterior interpretación de los resultados obtenidos en relación con las características específicas de las disciplinas, instituciones o países evaluados. Solo así, esta actividad puede redundar en la mejora de una parte fundamental del entramado social como es la actividad científica, colaborando a la adecuada distribución de los recursos, siempre limitados, que la sociedad dedica a la misma.

Bibliografía

- Bernal, J. D. (1939). *The Social Function of Science*. Londres: Routledge.
- Bellavista, J.; Guardiola, E.; Méndez, A. y Bordons, M. (1997). Evaluación de la investigación. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas. (Cuadernos metodológicos, nº. 23).
- Bordons, M. y Zulueta, M. A. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, vol. 52, p. 790-800
- Bradford, S. C. (1934). Sources of information on specific subjects. *Engineering*, vol. 26, p. 85-86
- Burton, R. E. y Kebler, R. W. (1960). The half-life of some scientific and technical literatures. *American Documentation*, vol. 11, nº. 1, p. 18-22.
- García Zorita, J. C. (2000). La actividad científica de los economistas españoles en función del ámbito nacional o internacional de sus publicaciones: estudio comparativo basado en un análisis bibliométrico durante el periodo 1986-1995 [Tesis Doctoral]. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.
- López Pinero, J. M. y TERRADA, M. L. (1992a). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (I) Usos y abusos de la bibliometría. *Medicina Clínica*, vol. 98, nº. 2, p. 64-68.
- López Pinero, J. M. y Terrada A., M. L. (1992b). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. (III) Los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de la información y repercusión. *Medicina Clínica*, vol. 98, nº. 4, p. 142-48
- Luukkonen, T. (1990). Citation in the rhetorical reward and communication systems of sciences. *Acta Universitatis Tamperensis, Ser A*, vol. 285, p. 297-319.
- Maltrás, B. (1996). Los indicadores bibliométricos en el estudio de la ciencia. Fundamentos conceptuales y aplicación en política científica [Tesis Doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca. Buscar libro
- Martín, B. R. (1996). The use of multiple indicators in the assesment of basic research. *Scientometrics*, vol. 36, nº. 3, p. 343-62.
- Martín, B. R. y Irvine, J. (1983). Assessing basis research: some partial indicators of scientific progress in radio astronomy. *Research Policy*, vol. 12, nº. 2, p. 61-90.
- Martínez, E. y Albornoz, M. (1998). Indicadores de ciencia y tecnología: balance y perspectivas. En E. MARTINEZ y M. ALBORNOZ (Ed.): *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*. Caracas: Nueva Sociedad, p. 9-21
- Merton, R. K. (1968). The Matthew effect in science. *Science*, vol. 159, nº. 3810, p. 56-63.
- Price, D. J. de Solla (1961). *Science since Babylon*. New Haven: Yale University Press
- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 13, nº. 3-4, p. 842-65
- Sanz Casado, E. (2000). Proyecto docente para la provisión de una plaza de Catedrático de Universidad sobre Bibliometría. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.

- Sanz Casado, E. (2000). Proyecto docente para la provisión de una plaza de Catedrático de Universidad sobre Bibliometría. Getafe: Universidad Carlos III de Madrid.
- Sanz Casado, E. y Martín Moreno, C. (1997). Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*, vol. 7, n.º. 2, p. 41-68
- Sinak, E. (1996). Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría. Caracas (Venezuela): Unesco-CII/II.
- Spinak, E. (2001). Indicadores cientométricos. *Acimed*, vol. 9, n.º. Supl., p. 42-49.
- Tijssen, R. J. y Van Raan, A. F. J. (1994). Mapping changes in Science and Technology. Bibliometric co-occurrence analysis of the R&D literature. *Evaluation Review*, vol. 18, n.º. 1, p. 98-115.
- Travis, G. y Collins, H. M. (1991). New Light on old boys: Cognitive and institutional particularism in the peer review system. *Science, Technology & Human Values*, vol. 16, n.º. 3, p. 322-41.
- Van Raan, A. F. J. (1996). Advanced bibliometric method as quantitative core or peer review based evaluation and foresight exercises. *Scientometrics*, vol. 36, n.º. 3, p. 397-420.
- Vinkler, P. (1988). An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientometric purposes. *Scientometrics*, vol. 13, n.º. 5-6, p. 239-59.
- Ziman, J. M. (1972). *El conocimiento público: Un ensayo sobre la dimensión social de la ciencia*. México: Fondo de Cultura Económica.