

Rosa Sancho*

Resumen: Se estudian los artículos aparecidos en la bibliografía referentes a indicadores bibliométricos empleados para evaluar el proceso científico. Se comentan con detalle: los indicadores de la calidad científica (opiniones de expertos); los de la actividad científica (n° y distribución de publicaciones, de productividad de autores, de colaboración en las publicaciones); conexiones entre trabajos y autores científicos (n° de referencias de las publicaciones); impacto de los trabajos (n° de citas recibidas); impacto de las fuentes (factor de impacto de las revistas, índice de inmediatez, influencia de las revistas); asociaciones temáticas (análisis de citas comunes, análisis de referencias comunes, análisis de palabras comunes). Se hace después un análisis crítico de las limitaciones de los anteriores indicadores bibliométricos y se llega a la conclusión de que su uso hay que limitarlo a colectivos homogéneos y emplearlos con mucha cautela.

Palabras clave: Indicadores bibliométricos, Evaluación de la ciencia, Evaluación de los científicos, Revisión bibliográfica.

Abstracts: The papers about bibliometric indicators used for evaluating the scientific process are analysed. The most commonly used are explained in detail: qualitative indicators (peer review); scientific activity indicators (publication counting, authors productivity, collaborations); relations between authors (reference coupling); works impact (citation analysis); source impact (impact factor, immediacy index, journals influence); subject relationship (co-references, co-citations and co-word analysis). A critical analysis about the shortcomings of bibliometric indicators is made concluding that their use should be limited to homogeneous groups and applied with caution.

Keywords: Bibliometric indicators, Science evaluation, Scientists' evaluation, Review.

1. Introducción

La Ciencia y la Tecnología están adquiriendo una enorme importancia en la sociedad de nuestro siglo, debido, en parte, a la gran influencia que ejercen en el desarrollo económico, político y cultural de los países. Esto hace que las expectativas de bienestar social estén fijadas en ellas, hasta el punto de que se produce una fuerte competencia entre los países por la carrera del desarrollo científico y tecnológico, considerándolo como una de las mayores aspiraciones de la humanidad.

Paralelamente ha surgido la necesidad de evaluar el rendimiento de la actividad científica y su impacto en la sociedad con el fin primordial de adecuar convenientemente la asignación de los recursos destinados a investigación y desarrollo, punto indispensable en la gestión y planificación científica de cualquier institución o país para conseguir una rentabilidad máxima en las inversiones en este campo.

Desde principios de siglo, para medir la actividad científica se vienen empleando indicadores bibliométricos, basados en el análisis estadístico de los datos cuantitativos proporcionados por la literatura científica y técnica. Se emplean, de una parte, para analizar el tamaño, crecimiento y distribución de

* Instituto de Información y Documentación en Ciencia y Tecnología (ICYT). Madrid. C.S.I.C.

Recibido 3-7-90

la bibliografía científica (libros, revistas, patentes, etc.), a fin de mejorar las actividades de información, documentación y comunicación científica, y de otra parte, para analizar los procesos de generación, propagación y uso de la literatura científica y llegar a conocer los mecanismos de la investigación científica considerada como actividad social, así como de la estructura y dinámica de los colectivos de investigadores que producen y utilizan dicha literatura.

Se pueden definir como "indicadores" los parámetros que se utilizan en el proceso evaluativo de cualquier actividad. Normalmente, se emplea un conjunto de ellos, cada uno de los cuales pone de relieve una faceta del objeto de la evaluación. Esto se hace evidente en el caso de la ciencia, que al ser multidimensional, no podrá valorarse con un indicador simple. Por otra parte, cuanto más pequeña sea la unidad a evaluar, más difícil será este proceso; es el caso, por ejemplo, de la valoración individual de los científicos.

Con los indicadores bibliométricos se podrán determinar, entre otros aspectos: a) el crecimiento de cualquier campo de la ciencia, según la variación cronológica del número de trabajos publicados en él; b) el envejecimiento de los campos científicos, según la "vida media" de las referencias de sus publicaciones; c) la evolución cronológica de la producción científica, según el año de publicación de los documentos; d) la productividad de los autores o instituciones, medida por el número de sus trabajos; e) la colaboración entre los científicos o instituciones, medida por el número de autores por trabajo o centros de investigación que colaboran; f) el impacto o visibilidad de las publicaciones dentro de la comunidad científica internacional, medido por el número de citas que reciben éstas por parte de trabajos posteriores; g) el análisis y evaluación de las fuentes difusoras de los trabajos, por medio de indicadores de impacto de las fuentes; h) la dispersión de las publicaciones científicas entre las diversas fuentes, etc. El desarrollo de indicadores cada vez más fiables es uno de los principales objetivos de la bibliometría.

2. Proceso Científico. Información Científica.

El proceso científico se puede considerar análogo a los modelos económicos coste-beneficio o inversión-resultado ("input-output"), susceptible, por tanto, de ser cuantificado.

En principio, las inversiones en ciencia (input) se pueden medir fácilmente al ser tangibles; son los recursos materiales y humanos con que se cuenta: presupuesto asignado para inversiones, número de investigadores y personal auxiliar empleados en investigación y soporte técnico, cantidad y clase de edificios construidos para llevar a cabo dichas tareas, equipos, materiales y productos utilizados, etc.

La OCDE publica cada dos años repertorios de indicadores de inversiones en ciencia (1) para sus estados miembros; en ellos resalta: gastos en investigación y desarrollo, porcentaje financiado por los gobiernos y por la industria; personal dedicado a investigación y desarrollo y su crecimiento anual; gasto en educación superior; número de patentes nacionales y extranjeras en cada país, número de las patentadas fuera del país, etc.

A menudo se asume que los resultados de cualquier investigación deben estar estrechamente relacionados con las inversiones realizadas, por lo que los

indicadores de costes se han utilizado implícitamente, a veces, para medir los resultados de la investigación. Sin embargo este procedimiento no es apropiado. La evaluación de los resultados científicos (output) no se ha resuelto todavía de forma definitiva, ya que supone medir el conocimiento generado en las tareas de investigación, así como su impacto o influencia en otros investigadores; y tanto el proceso científico como el de adquisición de conocimientos son muy complejos, por su carácter acumulativo y colectivo.

El desarrollo de la ciencia como sistema es gobernado por la producción y flujo de información hasta que ésta se transforma en conocimiento.

Por tanto, una de las funciones del sistema científico es diseminar el conocimiento a través de las publicaciones científicas, dado que los resultados de cualquier investigación deben hacerse fácilmente disponibles para la comunidad científica, que es la receptora y a su vez creadora de información. El conocimiento contenido en dichas publicaciones constituye la llamada información científica.

En 1965, Price (2) relacionó el crecimiento del conocimiento científico con el aumento de los documentos generados, y formuló la ley del crecimiento exponencial de la ciencia, mantenido durante tres siglos. Este ritmo de crecimiento es mucho más rápido que el observado en la mayoría de los fenómenos sociales o biológicos.

De manera general se puede considerar que el crecimiento científico se manifiesta en dos aspectos: por un lado, en el incremento del número de científicos, que se duplica cada quince años, lo que da lugar a la contemporaneidad de la ciencia, y por otro lado, en el aumento de los conocimientos científicos, que se refleja en el gigantesco desarrollo adquirido por la documentación científica. Actualmente se estima la producción anual de artículos científicos en más de un millón, y esto considerando sólo los publicados en las revistas científicas más prestigiosas.

Un problema inseparable del crecimiento de la ciencia es el rápido envejecimiento de la información científica producida; es decir, los científicos utilizan con mayor frecuencia la literatura reciente, por lo que aumenta la tendencia a dejar de consultar las publicaciones científicas al poco tiempo de su aparición (obsolescencia). Se puede afirmar, por tanto, que la mayor parte de la producción bibliográfica en uso es muy actual.

3. Bibliometría aplicada a la Evaluación de la Ciencia y de los Científicos

Pritchard (3) definió el término "bibliometría" como la ciencia que estudia la naturaleza y curso de una disciplina (en tanto en cuanto dé lugar a publicaciones) por medio del cómputo y análisis de las varias facetas de la comunicación escrita.

De modo análogo, Nalimov y Mulchsenko (4) definieron el término "cienciometría" o "cienciometría" como la aplicación de métodos cuantitativos a la investigación sobre el desarrollo de la ciencia considerada como proceso informativo.

La utilización del análisis estadístico para el estudio y valoración de la producción científica constituye una disciplina relativamente joven en el mundo. Algunos de los primeros trabajos en bibliometría fueron resultado de una curiosidad innata por entender el desarrollo científico. Así, el primer trabajo sobre recuentos, de Cole y Eales (5), analiza los trabajos de anatomía,

aparecidos desde 1543 a 1860, contando el número de publicaciones por países. Los datos bibliométricos básicos, como son el cómputo y categorización de publicaciones por países y campos, tienen interés aún vigente.

Conviene destacar también los trabajos de Gross y Gross (6) en 1927 que contabilizaron las referencias aparecidas en los artículos publicados en el *J. Am. Chem. Soc.*, como medio para identificar las revistas clave en un tema. Fussler (7,8), realizó una amplia puesta al día de esta técnica aplicada a la física y a la química en EEUU. Estos trabajos fueron continuados por Allen (9), Gross y Woodford (10), Hooker (11) y Henkle (12), entre otros. Podríamos citar a Bernal (13) como uno de los primeros que estudió la función social de la ciencia, en sus aspectos de política y administración científica a través del estudio cuantitativo de la literatura y personal científico, y a Hulme (14), que utilizó el número de trabajos publicados para comparar la productividad científica entre diversos países. Muy interesado en la relación existente entre publicaciones científicas y actividad económica, habló por primera vez de "bibliografía estadística", concepto predecesor del actual "bibliometría".

Pero no fue hasta la década de los sesenta, en la que Price (2) acuñó el concepto de *Ciencia de la Ciencia*, y fue entonces cuando se empezaron a aplicar los recursos y métodos científicos al análisis de la ciencia misma.

Sin embargo, dicha metodología no atrajo mucha atención hasta que Lotka (15), Bradford (16), y Zipf (17) propusieron sus respectivos modelos teóricos de productividad de los autores científicos, dispersión de las publicaciones y dispersión de palabras en lingüística. Fue a partir de estos trabajos y los estudios posteriores de Brookes (18,19), Kendall (20), Simon (21), y Bookstein (22), entre otros, cuando se demostró que la literatura científica tiene la propiedad de mostrar un comportamiento estadístico regular.

Se observa que las distintas fases de generación, diseminación y utilización de la información se ajustan a distribuciones estadísticas similares, no lineales, sino exponenciales o hiperbólicas, cuya ecuación general sería:

$$x^n y = k$$

donde x e y son variables interactivas. Los valores de n y k dependen de las variables que intervienen y de la naturaleza de las interrelaciones.

Price (23), demuestra que todas las distribuciones bibliométricas se ajustan a distribuciones hiperbólicas de "ventaja acumulativa" (Cumulative Advantage Distribution, CAD), según la cual el éxito genera éxito.

Esto quiere decir que cuantos más trabajos ha producido un autor más facilidad parece tener para producir otros, cuantas más citas recibe, más posibilidad tendrá de ser más citado, cuantos más artículos sobre un cierto tema se publican en una determinada revista, más probabilidad parece existir para que se sigan publicando más sobre dicho tema en la misma revista, etc.

También hacia los años 60 se produjo un gran auge en los estudios bibliométricos para medir los resultados de las investigaciones, lo que tuvo lugar por la conjunción de dos fenómenos importantes: la informatización de las bases de datos, lo que facilitó enormemente la búsqueda de información, y una demanda mayor por parte de las autoridades responsables de la planificación científica para evaluar la eficacia de sus políticas.

Puede citarse en primer lugar el llamado *Informe Frascati* (24) (La medición de las actividades científicas y técnicas. Propuesta de prácticas normalizadas para los estudios de investigación y desarrollo experimental), resultado de una reunión convocada por la Dirección de Asuntos Científicos de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), en Frascati (Roma), donde se trató el tema de la normalización de los indicadores sobre investigación y desarrollo. Su primera versión, de 1963, ha recibido actualizaciones quinquenales. En EEUU, a partir de 1972, la National Science Foundation publica cada dos años los *Science Indicators*. La recopilación del material de dichos informes dio lugar al libro editado por Elkana (25), con el título: *Hacia una métrica de la Ciencia. El advenimiento de los indicadores científicos*.

Posteriormente, los trabajos de Narin (26), Irvine y col. (27), Moravcsik (28,29), Moed (30) y Koenig (31), entre otros, se ocupan también de estudios de este tipo.

Los seminarios de la OCDE de 1980 y 1985, dedicados respectivamente a los recursos para valorar el progreso científico y al estudio de los indicadores que existen para valorar la ciencia y la tecnología, dieron lugar también a una amplia bibliografía de la que citaremos solamente los trabajos que consideramos más representativos: Martin e Irvine (32), Moravcsik (28) y Moed (33).

En este momento, la investigación bibliométrica ha desarrollado un cuerpo de conocimiento teórico y una serie de técnicas y aplicaciones basadas en la distribución de los datos bibliográficos. Un paso importante hacia la institucionalización de la Ciencimetría fue la fundación, en 1978, de la revista internacional *Scientometrics*.

Posteriormente, la Federación Internacional de Documentación (FID) creó, en 1980, el comité de Informetría (Informetrics) FID/IM, con sede en La India (34). Su objetivo es la aplicación de las matemáticas a las ciencias de la información y la creación de indicadores científicos.

La literatura publicada acerca de este tema es muy extensa. Hjerpe (35), en una revisión bibliográfica, no completa, sobre bibliometría e índices y análisis de citas, recoge 2034 trabajos hasta 1980. Narin (36), en otra revisión sobre las leyes y técnicas bibliométricas y sus aplicaciones, presenta un panorama sobre todo de los primeros estudiosos de esta disciplina, que, con sus trabajos originales, introdujeron las ideas básicas que han dado lugar a la bibliometría. Nigel (37), y King (38) ofrecen también sendas revisiones bibliográficas en las que pasan revista a los indicadores científicos más utilizados y ponen de manifiesto las limitaciones de éstos y la necesidad de desarrollar nuevos indicadores científicos más objetivos y fiables.

El empleo de los métodos bibliométricos para la valoración de la ciencia supone asumir algunas premisas básicas que enumeramos a continuación.

1. Los resultados de la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo por los científicos y técnicos se transmiten a través de un proceso de comunicación escrita, en forma de publicaciones científicas y técnicas (artículos de revista, libros, actas de congresos, patentes, etc., que constituyen las fuentes primarias). Por tanto, los trabajos publicados componen uno de los productos finales de toda actividad científica y representan un indicador del volumen de investigación producido.

2. Los trabajos publicados en las fuentes primarias son recopilados en forma abreviada en las bases de datos. La consulta a las bases de datos apropiadas es el método adecuado para obtener información sobre las publicaciones de cualquier campo científico.
3. El número de citas que recibe un trabajo por parte del resto de la comunidad científica cuantifica el impacto logrado por dicho trabajo.
4. El prestigio de las fuentes bibliográficas donde se publican los resultados de las investigaciones representa una medida de la influencia que pueden ejercer los trabajos publicados en ellas.
5. Las referencias bibliográficas que incluyen los trabajos se han tomado, a menudo, como indicación de su valor científico, y se han usado a veces como criterio para el análisis del consumo de información.

4. Indicadores Científicos

De acuerdo con Moravcsik (28), la ciencia se puede estudiar bajo tres aspectos: actividad, productividad y progreso científico; similar tricotomía cabe hacerse con los aspectos de calidad, importancia e impacto científico.

Como hemos visto hasta ahora, los indicadores empleados para valorar la ciencia se pueden considerar de inversiones en investigación (input), y de resultados de la investigación (output); dentro de éstos, podríamos resaltar los que evalúan la calidad científica de los trabajos, y los que miden la productividad o cantidad de publicaciones científicas que crean un cuerpo de resultados científicos. Se deben considerar también los indicadores de impacto o influencia de la investigación, que, a su vez, se pueden subdividir en impacto o visibilidad del trabajo que se publica o de la fuente donde se publica.

4.1. Indicadores de la Calidad Científica. Opiniones de Expertos

El concepto más difícil de determinar es el de calidad científica, que puede ser: calidad cognitiva, relacionada con la importancia del contenido específico de las ideas científicas; calidad metodológica, según sea la exactitud del método y técnicas empleados, sin olvidar la calidad estética, más subjetiva, según el grado de atracción de los modelos, formulaciones matemáticas empleadas, etc.

Los indicadores a través de los cuales se obtiene información sobre los aspectos de calidad, sólo pueden ser: indicadores basados en percepciones (opiniones de expertos), que juzgan las publicaciones por su contenido científico, y se basan en las estimaciones que se forman los colegas observadores a través del estudio de los trabajos publicados, cuestionarios, cartas, entrevistas, etc. acerca de la investigación llevada a cabo y los científicos que la realizan. Aplicados a ciertos autores, se pueden medir por las invitaciones a congresos y conferencias, premios recibidos, honores, nombramientos de sociedades profesionales, etc., recibidos por éstos.

La formalización de este proceso surgió con el crecimiento de las sociedades científicas, y la necesidad de regular las controversias y conflictos que surgían en sus publicaciones científicas y congresos. Fue acelerado con la profesionalización de la investigación en universidades y laboratorios industriales en el comienzo del siglo XX y la burocratización de sus estructuras de soporte, que

requerían un juicio de la labor de sus investigadores. Actualmente existen comités asesores para juzgar los trabajos científicos.

Todos los demás indicadores que comentaremos a continuación miden exclusivamente aspectos cuantitativos.

4.2. Indicadores de la Actividad Científica

4.2.1. Número y distribución de Publicaciones

Este es el indicador bibliométrico básico y más sencillo. El cómputo del número de publicaciones de determinados grupos, instituciones o países y su distribución. Tal como indican Frame y col. (39), es también el elemento fundamental en casi todos los sistemas de indicadores cuantitativos.

Se consideran publicaciones aquellos documentos propagados a través de canales formales y públicos. Es necesario, por tanto, la determinación y estudio de cada uno de los diversos tipos de documentos elegidos para publicar los trabajos (artículos de revista, informes técnicos, patentes, libros, etc.).

El caso de las revistas es particularmente interesante, al ser éste el medio más comúnmente elegido para difundir los conocimientos científicos. De su análisis se deduce la distribución y dispersión de los trabajos en las diferentes revistas, el impacto o difusión de los mismos, etc.

Las patentes se emplean también con frecuencia como indicadores de la actividad científica. Las innovaciones que se realizan con éxito dan lugar a patentes. Este tipo de documentos se asocia con investigación tecnológica de alta calidad, y se han propuesto para medir el conocimiento producido por científicos dedicados a ciencias aplicadas y por centros de investigación no académicos, así como para cuantificar los resultados tecnológicos y analizar las tendencias de producción y uso de la tecnología.

Se puede hacer un balance entre las innovaciones extranjeras que se patentan en un determinado país, y las que patenta éste en el extranjero. Tal balance sería un indicador útil del "éxito" relativo de los países productores de invenciones que adquieren protección internacional. Así, EEUU, Gran Bretaña, Francia, Alemania y Japón son los países que cuentan con más alto volumen de patentes extranjeras, lo que significa que disponen de mayores mercados de tecnología que pueden atraer importantes invenciones de todo el mundo (40).

Los congresos científicos internacionales representan asimismo importantes canales de comunicación de los resultados científicos. Por tanto, los datos estadísticos procedentes de las reuniones científicas, en general, constituyen un indicador valioso para evaluar la actividad científica de países o instituciones. La localización del congreso, la participación activa o pasiva de los científicos, la naturaleza abierta o cerrada de las comunidades científicas nacionales, así como la atracción o repulsión entre ciertos países, dependiendo del idioma, situación geográfica o política, distancia, etc., pueden ser revelados con este método, y empleados para caracterizar la vida científica del país o institución.

Schubert (41), en un estudio basado en el *Index of Scientific and Technical Proceedings (ISTP)* (42), indica que el 90% aproximadamente de los resultados que se publican en revistas han sido diseminados previamente por otros canales de comunicación informal (conferencias, congresos, etc.). En

este estudio, el autor analiza las causas por las cuales hay países que cuentan con una alta participación en conferencias internacionales (Francia, Alemania, Japón, Italia, Suiza), y otros en cambio cuentan con baja participación relativa (Unión Soviética, Australia, India, África, América Latina, España y Portugal). Por otra parte, Francia, India, Austria, Italia son, en general, países huéspedes; Unión Soviética, Australia, África, tienden a viajar a otros países para asistir a congresos.

4.2.2. Productividad de los Autores

La productividad de los autores es función de una serie de variables que se pueden agrupar en dos categorías: 1) características personales (inteligencia, perseverancia, capacidad, etc.) y 2) medio ambiente o situación del autor (influencia de colegas prestigiosos, facilidad para obtener información, disciplina en la que está integrado, prestigio de la institución a la que pertenece, dotación económica de la misma, etc.).

De una manera general, y salvando notables excepciones, se puede afirmar que existe una fuerte correlación entre la eminencia de un científico y su productividad (43).

Las primeras investigaciones en este campo fueron realizadas por Lotka (15), y continuadas después por otros autores entre los que cabe citar a Simon (44), Price (2), Naranan (45) y Murphy (46). Todos coinciden en que la correlación arriba indicada ha existido a través de la historia de la ciencia, y no parece depender del tipo de ciencia o de la fecha elegida. La única condición es que la bibliografía estudiada sea lo más completa posible y cubra un periodo de tiempo suficientemente amplio.

Lotka demostró que el número de autores que producen trabajos en un campo dado cumplen la siguiente ley cuadrática inversa de la productividad:

$$p(n)=k/n^2$$

Donde p es el número de autores que producen n trabajos, y k es una constante característica de cada materia.

Si consideramos que esta ley se cumple en la mayoría de los casos, podremos afirmar que el número de publicaciones no es una medida aditiva lineal de la productividad, tal como requeriría una distribución del tipo Gauss, Poisson o cualquier otra de tipo lineal normal de los acontecimientos ocurridos por azar, sino que los trabajos científicos no se distribuyen aleatoriamente. Por el contrario, en general, cuantos más trabajos tiene un autor, más facilidad parece tener para producir otros. Esto significa que la productividad no se corresponde con el número de trabajos publicados por un autor, sino con su logaritmo. El índice de productividad de un autor lo podemos definir, por tanto, como el logaritmo del número de sus trabajos publicados.

A partir de la segunda guerra mundial se produce un enorme cambio en el proceso de creación científica, al implicarse directamente en él las instituciones públicas y privadas. Surgen gran cantidad de centros de investigación, se dedican importantes sumas a contratos, ayudas, planes y proyectos de investigación, etc., lo que da lugar a un aumento en la eficacia de la

investigación científica, y un cambio en el sistema de valores, según el cual el prestigio científico se asocia con una alta productividad (47).

Es curioso señalar que, a pesar de estos cambios, el modelo de la productividad científica de Lotka se mantiene estable con el tiempo.

Brookstein (48) propone un modelo matemático de la productividad científica que explica el proceso por el cual la investigación se produce de forma que sigue los efectos del cambio social, y al mismo tiempo es consistente con la ley de Lotka, interpretando que ésta es invariante en una gran variedad de condiciones. Así, los cambios sociales pueden afectar a los niveles de producción, pero no cambian el modelo de productividad individual.

Nicholls (49) describe recientemente una metodología para aplicar y comprobar dicha ley, aplicándola a 70 distintas distribuciones de autores, y demuestra que resulta adecuada en un 90% de los casos. Estos resultados proporcionan un soporte para la validez empírica de la ley de Lotka.

No obstante, conviene destacar que han surgido varios trabajos en los que se pone de manifiesto que los datos de productividad científica se ajustan mejor a otro tipo de distribuciones. Así, por ejemplo, Rao (50), estudiando en la literatura la probabilidad de que un autor publique artículos en un tiempo t , encuentra que la distribución binomial negativa se ajusta a los datos de producción mejor que cualquier otra.

4.2.3. Colaboración en las Publicaciones. Índice firmas/trabajo

Este índice es utilizado para determinar la actividad y cooperación científica habida entre instituciones o grupos de científicos, ya que el número de artículos producidos por dichos colectivos es proporcional a su actividad investigadora, y por tanto, se puede considerar como un índice de ésta.

Además, la frecuencia relativa del número de trabajos escritos en colaboración entre grupos es proporcional al grado de cooperación científica del grupo, y proporciona un índice de dicho grado de cooperación.

Desde una perspectiva histórica y sociológica, la participación de varios autores en la elaboración de un trabajo es consecuencia de la profesionalización de la comunidad científica. Desde el siglo XVII, en que comenzaron a surgir las primeras sociedades científicas francesas, hasta nuestros días, se observa un gran incremento en el número de autores que colaboran en la realización de los trabajos, según demuestran Beaver y Rosen (51,52,53), en una serie de tres artículos donde estudian los orígenes e historia de la colaboración entre autores.

Hoy día, la mayoría de las publicaciones representan un esfuerzo colaborativo entre varios autores. Price (2), basándose en una muestra recogida en *Chemical Abstracts* (1910-1960), observó que, desde comienzos del siglo XX, la proporción de artículos con más de un autor crecía enormemente. Actualmente la media de firmas por trabajo varía según la materia, pero se puede considerar para ciencias entre 2,5 y 3,5.

Heffner (54) investigó la relación entre colaboración y soporte financiero, observando que la proporción de artículos firmados por varios autores aumenta cuando se trata de trabajos que reciben ayuda económica, teniendo más impacto en química y biología que en otras ciencias.

Subramanyam (55) indica que en el fenómeno de la colaboración hay que tener en cuenta la naturaleza compleja de la interacción humana que tiene lugar entre los colaboradores durante el periodo de tiempo que dura el trabajo conjunto. Esto hace imprecisa la determinación de la naturaleza y magnitud de la contribución de cada autor, que puede variar durante el curso del proyecto de investigación, por lo que el ajuste cualitativo de la contribución de cada uno es extremadamente compleja.

A la vista de estas dificultades, un indicador de la contribución de los colaboradores es el número de coautores que firman un trabajo. Este número varía mucho en la práctica, dependiendo de las actitudes individuales y de la política y tradiciones de la institución en que se lleva a cabo la investigación. En algunos casos se incluyen como autores a los ayudantes de laboratorio o a los estadísticos, matemáticos o informáticos que han ayudado técnicamente. En otros trabajos basados en ensayos extensos de laboratorio o trabajos de campo pueden aparecer 10 o más coautores. A veces sólo se nombran como coautores al investigador principal y a aquellos que proporcionan una colaboración sustancial.

La cuestión del orden de firma de los autores es también compleja. Mientras que lo más usual es que firme en primer lugar el investigador principal, el orden de los siguientes no refleja necesariamente el grado de colaboración. Un hábito muy extendido es que los coautores figuren en orden alfabético; una variante de este procedimiento consiste en que el investigador principal figure al principio o al final de este orden alfabético (56).

Actualmente, debido al empleo masivo del análisis de citas como indicador científico (basado en el *Science Citation Index*), ha cobrado enorme importancia el figurar como primer autor, ya que dicho repertorio sólo tiene en cuenta al primer firmante del trabajo, como comentaremos en el capítulo correspondiente.

Se pueden adoptar, por tanto, varios criterios desde el punto de vista del cómputo de autores: a) la publicación es atribuible sólo al primer autor; b) se puede atribuir a cada coautor; c) a cada coautor se le puede atribuir una fracción proporcional de la publicación. Lo más usual es adoptar el segundo criterio.

Frame y Carpenter (57) demuestran que los niveles de participación firmas/trabajo, en colaboraciones internacionales, son más altos en las disciplinas básicas que en las aplicadas, y que los factores extracientíficos, como geografía, política, idioma, etc., influyen fuertemente en la colaboración internacional, la cual es inversamente proporcional al tamaño o categoría científica del país.

4.3. Conexiones entre Trabajos y Autores Científicos

Para estudiar agrupaciones de trabajos relacionados entre sí caben dos enfoques recíprocos, como veremos a continuación: el estudio de las referencias que un trabajo hace a otro anterior, y el estudio de las citas que éste recibe de aquél.

4.3.1. Número y distribución de las Referencias de las Publicaciones Científicas. (Notas a pie de página o bibliografía que se adjunta al final del trabajo relativas a otros publicados anteriormente.)

La tradición científica requiere que cuando un investigador publica un trabajo se refiera a trabajos anteriores relacionados con el tema. Estas referencias conducen a las fuentes de las ideas contenidas en el trabajo, es decir, sirven para identificar aquellos estudios previos cuyas teorías, conceptos, métodos, aparatos, etc., son usados o inspiran al autor para desarrollar su nueva investigación. El análisis de dichas referencias efectuadas a trabajos anteriores, según campo temático, fuente, antigüedad, etc., refleja los rasgos característicos del interés científico de la comunidad.

Se estima que, de todas las referencias bibliográficas aparecidas en los trabajos científicos, el 50% aproximadamente se distribuye de forma no sistemática entre la totalidad de la literatura anterior; otro 50% se concentra en un número muy reducido de trabajos anteriores correspondientes a la producción de los grupos dirigentes de esa disciplina. Según Price, este porcentaje de referencias constituye el "frente de investigación" de la disciplina, y sus autores forman parte de los llamados "colegios invisibles".

Los parámetros básicos que se pueden estudiar usando este tipo de indicador son: a) número de referencias por artículo; b) años de publicación de los trabajos referenciados; c) distribución de las referencias según revistas o áreas científicas.

El análisis de los años de publicación de los trabajos referenciados permitirá averiguar el semiperiodo o envejecimiento de la literatura utilizada en cualquier campo (vida media). Como dijimos, las publicaciones científicas caen en desuso rápidamente (obsolescencia).

Burton y Kebler (58), tomando la definición de semiperiodo de desintegración (half-life) de la física nuclear (tiempo requerido para que se produzca la desintegración de la mitad de los átomos de una sustancia radiactiva), aplican este concepto a la literatura científica como "el tiempo requerido para la obsolescencia de la mitad de la literatura circulante sobre un tema determinado". Este concepto en literatura científica no se puede medir con precisión, ya que la literatura se va utilizando cada vez menos frecuentemente hasta que se convierte en "no utilizada", es decir, envejece, pero, al menos en teoría, es concebible que pueda ser usada alguna vez en el futuro (nunca llega a ser "no utilizable").

Por tanto, la obsolescencia se puede definir como la disminución con el tiempo de la utilización de la información, lo que puede ocurrir por alguna de las siguientes causas: a) la información es válida, pero ha sido reemplazada por otra más moderna. b) la información es válida pero en un campo científico de interés decreciente. c) la información no se considera ya válida.

Si no aumenta el número medio de referencias por artículo, el semiperiodo o vida media será tanto más corto cuanto más rápido sea el crecimiento de la ciencia en ese campo, ya que, si todos los artículos tienen igual probabilidad de ser referenciados, aparecerá mayor número de referencias a los trabajos más recientes, simplemente porque son más numerosos. Tenemos así dos tipos de literatura científica: la del frente de investigación o efímera y la de archivo o clásica. Entre las distintas disciplinas científicas existen diferencias destacadas respecto a su semiperiodo. Disciplinas cuya literatura

científica es de corta vida (biología, física.), otras de larga vida (matemáticas, botánica, geología.), y algunas de carácter intermedio (fisiología, química, etc.). Las publicaciones científicas, por tanto, viven y mueren en contextos colectivos concretos (no se pueden comparar en abstracto varias disciplinas).

Este indicador nos informará también del comportamiento y hábitos de los científicos respecto a sus lecturas, según hagan referencia a trabajos de colegas muy próximos, de autores extranjeros o nacionales, a trabajos propios (autocitas), si hacen referencia, en su mayoría, a trabajos experimentales o teóricos, etc.

4.4. Indicador del impacto de los Trabajos. Número de Citas recibidas (procedentes de otras publicaciones posteriores)

Este indicador se ha convertido en la parte esencial de la evaluación de las actividades científicas. Es el más profusamente utilizado y también el más controvertido, conviene detenerse especialmente en él.

Las referencias que contienen las publicaciones científicas a trabajos previos son al propio tiempo "citas" desde el punto de vista de éstos. El sistema de citas es el medio que permite al autor escribir artículos concisos y sin repeticiones, ya que, en esencia, las citas que recibe la literatura primaria implican una conexión entre los documentos, uno que cita y otro que es citado, con lo que se reconoce que algunos trabajos previos son adecuados para ser citados por sus méritos propios al ser su temática pertinente con el tema del trabajo citante (59).

Weinstock (60) expone varias razones para citar una publicación anterior; estas son: a) como homenaje a los pioneros en un campo temático; b) para acreditar o confirmar trabajos relacionados; c) para desarrollar ideas, conceptos, métodos iniciados en trabajos previos; d) como soporte, el artículo citado proporciona evidencia adicional a las conclusiones; e) para identificar métodos, equipos, ecuaciones, etc.; f) para comparar un método relativo a un fenómeno diferente que se juzga análogo; g) para demostrar que se han leído y se conocen las teorías anteriores; h) para corregir o criticar trabajos previos propios o ajenos; i) para corroborar datos, constantes físicas, etc.

En realidad en el proceso de citación se ponen de manifiesto dos tendencias; por un lado, el autor del trabajo trata de persuadir al lector de sus conocimientos, y, por otro, ofrece un reconocimiento a los colegas citados, a través del cual se manifiesta el crédito por sus descubrimientos e ideas. A este segundo aspecto se le asocia la teoría de ventaja acumulativa (cuanto más citas recibe un autor, más probabilidad tendrá de ser citado en el futuro).

La tabulación sistemática de las citas y el análisis de su frecuencia nos dará una medida de la actividad investigadora, de la comunicación entre autores, o del impacto de los trabajos de investigación, pero el número de citas que recibe un trabajo no es, en principio, una medida de su calidad científica, como se viene argumentando en múltiples trabajos. El análisis de citas no puede nunca sustituir al juicio humano, único válido para decidir la calidad de un trabajo de investigación, interpretada ésta como la suma de: nuevas aportaciones técnicas o metodológicas, novedad, interés, exactitud, claridad de exposición, etc.

Con todas estas consideraciones es difícil predecir en la citación qué proporción se debe a la calidad intrínseca del trabajo citado y cuánto a otros

factores, como prestigio de la revista citada, prestigio de la institución a la que pertenece el autor, etc. (61), ya que hay que considerar que el fenómeno de la citación está sujeto a modas, fobias, y otras tendencias. Por ejemplo, lo publicado en revistas de países poco desarrollados tiene siempre un impacto muy limitado o nulo, aunque sea de alta calidad, porque no es citado.

Porter y col. (62) compararon sus mejores artículos con los más citados, y comprobaron que sólo coincidían en una tercera parte. Además demuestran que el 45% de los artículos que los químicos consideran mejores son teóricos; sin embargo son los menos citados (sólo un 35% de los más citados se refieren a estudios de este tipo). Por el contrario, los artículos sobre métodos y aplicaciones son los que atraen más cantidad de citas (48%) (63,64,65). El artículo más citado desde el año 1952 hasta 1975, "Protein measurement with the folin phenol reagent", de Lowry y col., escrito en 1951, ha obtenido 50.000 citas, se refiere a metodología e instrumentación, y su propio autor considera que no es precisamente el mejor que ha escrito.

Según Cronin (66), a medida que se investiga más en el fenómeno de la citación, menos se entiende: ¿por qué los autores citan un determinado trabajo y no otro? Falta una teoría que lo explique. Collins (67) confirma lo anterior cuando indica que, aunque las citas se puedan contar muy fácilmente, no sabemos muy bien qué es lo que se está midiendo. En otras palabras, nunca se ha explicado satisfactoriamente el uso de la citación en el proceso de comunicación científica, el impacto que ejerce, o el comportamiento del citante en cuanto a la elección de sus citas. Según un estudio empírico acerca del comportamiento de las citas efectuado por Prabha (68), se pone de manifiesto que menos de una tercera parte de las fuentes citadas son consideradas esenciales para los que las citan.

Los primeros estudios de análisis de citas se basaron en las correlaciones entre citas recibidas y la producción científica (69). Como hemos dicho, el número de citas que recibe un trabajo no es una medida de su calidad científica, más bien indica su visibilidad, uso, difusión o impacto. Sin embargo, según varios autores (70,71,72,73), existe una correlación positiva entre la clasificación de trabajos según citas recibidas y según juicio de los expertos u otros indicadores de la calidad de la investigación (premios, honores, nombramientos, etc.). Así, Sher y Garfield (74) indican que, en general, los premios Nobel son citados 30 veces más frecuentemente que los otros investigadores de su campo (considerando sólo las citas recibidas antes de ganar el premio).

Más modernamente se han realizado estudios acerca del comportamiento del citante y los motivos que le inducen a citar. Brookes (75) hace una revisión de la literatura sobre el comportamiento de las citas en cuanto a la localización de éstas en las diferentes secciones de un artículo, en relación con su valor. Cano (76) trata de sistematizar el valor de las citas de acuerdo con su posición en el texto, deduciendo que las citas están más concentradas en la primera parte de los artículos (secciones de introducción), pero que éstas son las menos importantes.

Shearer y Moravcsik (77) proponen una clasificación previa de las citas, distinguiendo, p.e., entre citas conceptuales e instrumentales, esenciales y marginales, aprobatorias y denegatorias, etc.

La práctica del análisis de citas recibió un estímulo considerable con la aparición en 1963 de la publicación anual *Science Citation Index (SCI)*, del

Institute for Scientific Information de Filadelfia (ISI), que recoge la totalidad de las referencias que figuran en cada una de los artículos publicados en unas 3200 revistas científicas seleccionadas (revistas fuente), las cuales, según Garfield (78,79), cubren virtualmente toda la literatura científica mundial relevante.

El SCI es la fuente de la mayor parte de los indicadores científicos que han sido desarrollados con la aparición subsiguiente de la base de datos CHI (Computer Horizons Inc.), creada a partir de las cintas del SCI, por la empresa Cherry Hill, de New Jersey. Normalmente analiza el estado de la ciencia en Estados Unidos a petición de la National Science Foundation. Recientemente muchos otros países europeos inician análisis similares por sus propios medios o con asistencia de compañías, tales como la mencionada CHI, y el Centre for Research Planning. Se ha producido así un gran número de trabajos sobre diversos aspectos de la ciencia en el mundo (80,81,82).

Platz (83) demuestra que la distribución citas/autor sigue la ley de Lotka. De esta forma, el logaritmo de las citas provocadas por un autor en un contexto dado puede tomarse como índice de visibilidad de su obra. Demuestra también que no existe correlación entre los autores más productivos y los más citados.

4.5. Indicadores de Impacto de las Fuentes

4.5.1. Factor de Impacto de las Revistas

Introducido por Garfield (84), es considerado otro importante indicador bibliométrico. Supone la relación entre las citas recibidas en un determinado año, por los trabajos publicados en una revista durante los dos años anteriores, y el total de artículos publicados en ella durante esos dos años anteriores. Así, para calcular el factor de impacto de una revista en 1985, se suman todas las citas recibidas en ese año, correspondientes a los trabajos publicados en 1983 y 1984, y se dividen por el número total de artículos publicados por dicha revista en esos dos años.

El factor de impacto, por tanto, es una medida de la frecuencia con la cual un "artículo promedio" de una revista ha sido citado en un determinado año.

El *Journal Citation Reports (JCR)* (85), publicado igualmente por ISI, proporciona anualmente las listas de revistas ordenadas por su correspondiente factor de impacto, número de citas recibidas, índice de inmediatez, etc., en función de las citas que han recibido estas publicaciones procedentes de las revistas fuente del SCI.

Hay que tener en cuenta que la clasificación por factor de impacto favorece a las revistas que publican comparativamente pocos artículos de gran extensión, y de hecho, los primeros puestos de la clasificación están ocupados por revistas del tipo "Review, Progress, Advances", etc., mientras que las revistas consideradas tradicionalmente más importantes y prestigiosas ocupan posiciones más altas en la clasificación por número de citas.

El factor de impacto indica la categoría científica de la revista fuente difusora de los trabajos.

Sen y col. (86) proponen una aplicación para el cálculo del factor de impacto en revistas no contempladas por el SCI.

4.5.2. Índice de Inmediatez

Es otro indicador de citas específico para cada revista, publicado regularmente por JCR. De menor importancia que el factor de impacto, representa la medida de la "rapidez" con que se citan los artículos de una revista determinada. El índice de inmediatez de la revista considera citas hechas durante el año en el cual fueron publicados los artículos citados. Hay causas que influyen en el valor de este índice (retraso en la publicación, frecuencia de la publicación, etc.).

4.5.3. Influencia de las Revistas

En base a que cada revista proporciona referencias y recibe citas, se tendrá un balance de citas positivo, si recibe más citas que referencias da. Basado en este razonamiento, Computer Horizons Inc. ha desarrollado una metodología para averiguar un indicador que muestre la "influencia" de las revistas. Así, la "influencia total" sería el producto de la "influencia ponderada" (el número ponderado de citas que recibe la revista de otras revistas normalizado por el número de referencias que esta revista hace de otras) por la "influencia por publicación" (el número ponderado de citas que cada artículo, nota o revisión publicados en la revista, recibe de otras) (87).

Las medidas de influencia evalúan en realidad la repercusión que ejercen las citas que recibe una revista. Dependen del mérito científico de la misma, de su amplia o restringida circulación, de su disponibilidad, su grado de especialización, país de origen, idioma, etc.

4.6. Asociaciones Temáticas

En los estudios de trabajos relacionados entre sí es posible de nuevo hacer dos enfoques recíprocos para agruparlos. El de los que incluyen referencias bibliográficas comunes (enlace bibliográfico) y el de aquellos que son citados simultáneamente por un mismo trabajo (cocitaciones).

4.6.1. Análisis de Citas Comunes

Consiste en el cómputo y análisis de los artículos que son citados simultáneamente por otro trabajo, y de la relación que existe entre ellos.

La frecuencia de cocitación mide el grado de asociación entre dos documentos y permite la identificación de especialidades científicas por medio de la determinación de grupos de artículos que son co-citados frecuentemente en publicaciones subsiguientes. Los documentos asociados por cocitación se agrupan normalmente en racimos o "clusters". Estos representan las especialidades o campos, mientras que sus uniones revelan relaciones interdisciplinarias. Este indicador se basa en dos principios: 1) cuando dos artículos se citan juntos por un tercero, existe una relación entre ellos, y 2) la fuerza de esta relación es proporcional a la frecuencia de cocitación (número de documentos que citan conjuntamente a dos mismos trabajos). Los racimos de cocitas revelan una relación de inmediatez, representan grupos de investigadores que persiguen problemas fuertemente relacionados.

Para su cálculo se examinan los trabajos publicados en un año, para encontrar parejas de trabajos publicados en años anteriores, que aparecen en la misma lista de referencias. Utilizado por primera vez por Small (88,89,90) para construir mapas acerca de la estructura jerárquica de campos científicos extensos (bioquímica, p.e.).

El análisis de cocitas se puede usar también para averiguar la estructura de los campos de investigación o especialidades, así como los autores que trabajan en esos temas, la comunicación entre ellos, y la identificación de los frentes de investigación activos (focos de actividad intelectual importantes) o el desarrollo histórico de un área particular del conocimiento (91). Muy importante también es la determinación de los autores que trabajan en la misma especialidad y que forman los llamados colegios invisibles, casi siempre grupos a la cabeza de una determinada investigación. La estructura y dinámica de estos colectivos ha sido estudiada por Crane (92,93).

Tanto el análisis de citas como el análisis de cocitas se pueden aplicar sólo en el caso de científicos académicos orientados hacia la publicación en revistas científicas internacionales.

4.6.2. Análisis de Referencias Comunes

Si dos publicaciones poseen una o más referencias comunes, se puede decir que están bibliográficamente relacionadas (*bibliographic coupling*) y, por tanto, pertenecen al mismo campo del conocimiento. Cuantas más referencias comunes aparecen en los trabajos, más cercana será la temática de los mismos. Si existe relación entre las publicaciones, igualmente se pueden relacionar los autores o grupos científicos. Kessler (94), con este procedimiento, consiguió seleccionar grupos de artículos de temática coherente con una eficacia superior a la obtenida con las indizaciones por materias de los repertorios bibliográficos tradicionales.

4.6.3. Análisis de Palabras Comunes.

Basado en el análisis de la co-ocurrencia de las palabras clave usadas en la indización de documentos. Consiste en detectar las palabras clave que describen el contenido de los trabajos de un determinado tema, y de relacionar éstos según el grado de co-ocurrencia de aquéllas, para producir gráficos o mapas que describan las asociaciones más significativas de las palabras clave en un conjunto dado de documentos de esa especialidad. Este indicador ofrece nuevas oportunidades para la validación de estudios cuantitativos sobre la estructura y desarrollo de la ciencia (95).

Courtial (96), basándose en temas sobre polímeros, calcula el coeficiente de proximidad e entre palabras clave. El valor de e será 1, cuando coincidan dos palabras, y 0, si no coinciden nunca o coinciden por debajo de un umbral dado. Si I es la frecuencia de la primera palabra clave, J , la frecuencia de la segunda, y K , la co-ocurrencia, $e=(K/I \times K/J)$. Así será posible calcular una red general de palabras asociadas, el estudio de redes para predecir tendencias de cambio científico en organismos o investigadores, el ciclo de vida de los temas, etc.

Este indicador ha sido desarrollado en el Centre de Sociologie de l'Innovation (CSI), en colaboración con el Centre de Documentation Scientifique et

Tecniqe (CDST) del CNRS de Francia. Tiene la ventaja, frente a otros indicadores, de que no se limita a los artículos de revista, sino que se puede aplicar a cualquier forma de literatura escrita.

5. Limitaciones de los Indicadores Bibliométricos

En el informe de expertos del Comité de Naciones Unidas del año 1984 (97) se manifiesta que se observa una falta de base teórica para el desarrollo y análisis de indicadores, se pone en duda la total validez y veracidad de los actuales indicadores, se llama la atención acerca del problema que supone el completar la colección de todos los datos necesarios, y se resalta además el alto costo que esto lleva consigo.

King (98) y Nigel (99), entre otros, apuntan también algunas limitaciones que presentan los indicadores científicos. Las trataremos brevemente.

En cuanto a la revisión por expertos, las limitaciones encontradas en el uso de este tipo de indicadores son: por una parte, parcialidad de los científicos que realizan las estimaciones, y por otra, lealtad de éstos a los campos antiguos o decadentes, y por consiguiente, mejor reconocimiento a las disciplinas antiguas que a las nuevas.

Se requiere mejorar este sistema con medidas que pueden ser entre otras: 1) el derecho a la réplica de los investigadores revisados; 2) apoyo de expertos de campos vecinos y de otros países; 3) guías claras para todos los expertos sobre el criterio empleado en la evaluación.

Para medir el crecimiento del conocimiento, el indicador más simple que se puede emplear es, como hemos dicho, el número de trabajos de investigación publicados; para ello hay que asumir: 1) que todo el conocimiento obtenido por los científicos se encuentra en esos trabajos, y 2) que cada uno de los trabajos contiene igual proporción de conocimiento. Ninguno de los dos puntos es cierto.

Téngase en cuenta también que los científicos que podríamos llamar de academia están fuertemente motivados a publicar para conseguir éxito en su carrera. El lema "publica o perece" es su regla de oro. No ocurre así con los científicos industriales. De manera que la utilización de las publicaciones nos llevará a considerar sólo aquellos individuos que trabajan en instituciones donde la autoría es vista como una virtud. No es el caso de ciertas industrias comerciales, de defensa o militares, p.e., sobre las que se ejercen influencias políticas de secreto o confidencialidad para que no se publiquen los resultados de las investigaciones.

Además, el cómputo de las publicaciones: 1) no proporciona idea de la calidad de éstas; 2) ignora otros métodos no formales de comunicación en ciencia (informes de circulación restringida, entrevistas personales, reuniones que no dan lugar a publicaciones, etc.); 3) no tiene en cuenta que las prácticas de publicación varían con el tiempo; 4) existen presiones sociales y políticas que obligan a publicar para ganar curriculum, lo que beneficia la fragmentación de datos para publicar varios trabajos en vez de uno, y la publicación de un mismo trabajo, con ligeras variaciones, en varias revistas distintas.

A esto habría que añadir los defectos de forma de las bases de datos bibliográficas que se utilizan para recabar estos datos, y que comportan numerosos errores que deberían ser eliminados antes de poder construir

indicadores fiables. Habría que normalizar los contenidos de algunos campos documentales (nombre de las instituciones, de las revistas, de los países, etc.) que habitualmente no se encuentran normalizados en las principales bases de datos utilizadas como fuente para elaborar indicadores científicos (100).

En relación con el análisis de citas, debemos mencionar que, aunque para la mayoría de los autores no tiene duda la utilidad de este indicador como instrumento de investigación, tanto esta filosofía como su aplicación práctica no están libres de deficiencias.

Como hemos dicho, proporciona una medida de la actividad científica, pero no dice nada acerca de la naturaleza del trabajo ni de la razón de su utilidad o impacto. Mientras que el impacto de un trabajo demuestra su eficacia y quizá su valor, la falta de impacto no indica necesariamente la inutilidad del mismo, sobre todo porque para ser citado necesita como condición indispensable que esté "disponible" y "visible", es decir, que haya sido difundido suficientemente, lo que no presenta clara correlación con la calidad del mismo. Al investigar el impacto de un trabajo hay que tomar en consideración que éste depende también de la revista donde ha sido publicado. Según Gaillard (101), los investigadores muestran cierto pudor a citar trabajos aparecidos en revistas de países no desarrollados, que hayan llegado a sus manos de casualidad, aunque el trabajo les parezca de calidad.

Tengamos en cuenta que, según Garfield (102), con datos obtenidos del SCI, aproximadamente el 25% de los artículos publicados no son citados nunca; el 55% se cita sólo una vez, y sólo el 1% recibe 50 o más citas. Además, del 10% al 20% aproximadamente de todas las citas son autocitas.

Por otra parte la relación entre citas fundamentales para el trabajo y superficiales es de 3:2 (103). Del 20% al 40% de las citas lo son a artículos que no tienen nada que ver con el que cita. En cambio otros artículos muy relevantes al tema no se citan nunca. Esto forma parte del fenómeno de obliteración, según el cual, cuando un trabajo científico se hace tan genérico e integrado en un campo que forma parte del cuerpo de conocimiento, no se cita explícitamente. Sucede con los trabajos de alta calidad.

Además los hábitos de citación varían mucho según los campos, así, los trabajos publicados en campos jóvenes y que crecen mucho obtienen más citas que los trabajos correspondientes a campos estáticos y reducidos.

McRoberts (104) examina las citas proporcionadas por artículos publicados en varias disciplinas y las compara con los trabajos verdaderamente influyentes en esos campos y que serían necesarios para cubrir la información en los artículos examinados, llegando a la conclusión de que más del 60% de dichos trabajos influyentes no son citados nunca. Aunque el autor apunta que sería necesario hacer estudios en otras disciplinas, para poder generalizar, el dato que aporta es muy significativo.

Este indicador no se puede usar para comparar científicos de diferentes áreas, pues mientras en bioquímica se producen unas 30 referencias por artículo, por término medio, en ingeniería o matemáticas sólo se generan 10 referencias, por lo que la probabilidad de ser citado en literatura bioquímica es 3 veces mayor que en matemáticas.

Algunas citas son negativas para criticar o corregir trabajos anteriores, aunque, según Garfield (102), esto es sólo aparente, porque los científicos no se molestan en citar los trabajos de baja calidad, simplemente los ignoran. Hay que destacar también que se produce una considerable cantidad de

desviación en las citas que resulta de los fallos de memoria, plagios de citas aparecidas en otros artículos, sin haberlos leído, la costumbre de no citar fuentes "obvias", etc. Todo esto como consecuencia del hecho de que el autor puede seleccionar las citas con un criterio personal o político, pero no para describir sus ancestros intelectuales.

Garfield (102) también reconoce y previene de las ambigüedades asociadas con el cómputo de citas. En realidad, reconoce que en la literatura científica abundan las siguientes razones para citar: sentido de lealtad a colegas próximos, facilidad de acceso a literatura local, presiones políticas y culturales hacia determinados trabajos o países, idiomas más accesibles, etc.

Algo muy importante también a tener en cuenta en el análisis de citas y que se ha cuestionado a menudo es la alta selectividad del SCI en la elección de las revistas fuente que cubre, unas 3200, cuando el número de las más regulares, serias y de categoría científica en el mundo se estima entre 10.000 y 15.000 (hay quien eleva esta cifra hasta 60.000).

Además se producen continuos cambios en sus revistas fuente, por lo que nunca se puede considerar como un repertorio con un conjunto homogéneo de revistas. A modo de ejemplo, diremos que en el año 1988 sólo recogió 6 revistas españolas, por lo que la utilización del análisis de citas para realizar comparaciones internacionales obligaría a hacer correcciones que tengan en cuenta la diferente cobertura de la literatura de cada país. Además, entre las revistas fuente que analiza hay una alta proporción del área anglosajona, sobre todo norteamericanas, que están muy representadas, mientras que las revistas de pequeños países, en particular los menos desarrollados, y los no occidentales, así como las revistas no escritas en inglés (sobre todo en caracteres no románicos, cirílicos, japoneses, etc.) están muy poco representadas. Por tanto, los artículos publicados en idiomas distintos al inglés obtienen menos citas. Esto puede dar lugar a que sean los científicos norteamericanos los que controlen los canales de comunicación científica, imponiendo su dominio en los hábitos y patrones de conducta y en las prácticas de comunicación entre investigadores.

Conviene señalar, por otra parte, que el citado repertorio presenta una clara inclinación hacia las publicaciones biomédicas (más de un 60%), por lo que los trabajos sobre estas disciplinas resultan más citados. Incluyen como revistas fuente muy pocas de investigación tecnológica. Esto trae como consecuencia que los campos de tecnología, ingeniería, informática, etc. se vean abandonados en los cómputos realizados con el SCI. Con el modelo teórico introducido por el SCI, sólo los científicos académicos pueden ser valorados, creándose así un modelo de sistema social de la ciencia donde los ingenieros, arquitectos, informáticos, técnicos, etc., y, en general, los científicos de ciencias aplicadas, y los trabajos que ellos desarrollan, quedan excluidos de la "corriente principal" de la ciencia, y por consiguiente parece que no aportan ninguna contribución al desarrollo del conocimiento científico. A este respecto, el recuento de citas puede contribuir a crear un modelo elitista de la ciencia.

Narin (105), en un estudio basado en *Computer Horizons*, analiza el modelo de citación entre los seis países más desarrollados en ciencia (EEUU, URSS, Gran Bretaña, Japón, Alemania y Francia), y encuentra que EEUU es, con mucho, el país más citado, seguido de Gran Bretaña. Las publicaciones francesas y soviéticas fueron las menos citadas, lo que está de acuerdo con

la cobertura lingüística y por países de las revistas fuente del SCI. Inhaber y Albo (106) encontraron también que la literatura de EEUU atrae el mayor número de citas fuera y dentro del país. Las revistas norteamericanas son citadas 7 veces más que las inglesas, mientras que estas últimas dividen su atención por igual entre literatura norteamericana y británica.

El SCI, por otra parte, sólo incluye el primer firmante del trabajo citado, por lo que nunca encontraremos citado a un autor si éste no ha firmado en primer lugar, aun en el caso de que dicho trabajo haya sido citado. Gran cantidad de citas se pierden en el SCI debido al problema de los sinónimos (J. Smith y JH Smith, que se refieren a la misma persona, pero entrarían en diferentes partes del SCI) y de los homónimos (autores con el mismo nombre cuyos individuos deben ser diferenciados, pues, si no, las citas se les pueden atribuir incorrectamente; sin embargo esto es difícil, ya que muchos autores han cambiado de campo o trabajan en varios campos diferentes, así que el título de un trabajo, a menudo no es una guía de la autoría. JH Smith puede haber trabajado tanto en botánica como en física.

El SCI comete muchos errores con los apellidos, sobre todo con los compuestos, y, en general, con los no anglosajones. A veces, los nombres propios los convierte en apellidos y viceversa. Por ejemplo; D.J. de Solla Price puede aparecer como Desolla D.J.; Desolla, P.; Desollaprice, D.; Price, D.; Price, J.D.S., entre otros.

En un trabajo de McRoberts (104), en el que hace una revisión crítica a los problemas del análisis de citas, indica, con cierta ironía, que dentro de las revistas fuente que cubre el SCI y el SSCI (*Social Sciences Citation Index*), se encuentran títulos tan curiosos como: *Mosquito News*, *Transmanian Journal of Agriculture*, y sin embargo no están representadas *Radical America*, *Socialist Revolution*, *Insurgent Sociology*, etc. Parece claro el carácter comercial y político del SCI.

En conclusión, el uso no crítico de los datos derivados del análisis de citas como único criterio o incluso como el más importante, para valorar la literatura científica puede llevar a errores gravísimos, ya que no proporciona un panorama real, y esto porque la mayoría de los estudios que tratan de establecer correlaciones entre citas y otros indicadores de la calidad científica se han generalizado desde ejemplos de científicos eminentes hasta la totalidad de la población de científicos (107).

En definitiva, hay una variación considerable entre disciplinas, subdisciplinas y países en cuanto a los modelos de citación, por lo que siempre hay que contar con un elemento de incertidumbre.

6. Conclusiones

De lo visto anteriormente se deduce que la técnica más objetiva de valoración, el simple recuento de publicaciones, es la menos relevante para medir el verdadero avance científico, mientras que la más relevante, el juicio de eminentes científicos en cada materia, es la menos objetiva.

Entre estos dos extremos figura un gran número de técnicas bibliométricas que, como hemos visto, deberían ser capaces de analizar la ciencia con una objetividad satisfactoria. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los actuales indicadores se deben emplear con mucha cautela, y sólo para comparar grupos homogéneos de científicos que trabajen en una misma especialidad.

Además, sólo saldrán a la luz aquellos trabajos que hayan sido publicados por los canales normales, principalmente revistas científicas, que a su vez hayan sido recogidas y difundidas en las bases de datos correspondientes.

Bibliografía

1. OCDE: Main Science and Technology Indicators, 1982-1988, v.1-2; OCDE, Paris 1988, ISSN 1011-792x.
2. PRICE, D. J. S. Little Science, Big Science. New York. Columbia University Press. New York 1963; Hacia una ciencia en ciencia. Barcelona Ariel, pp 182, 1972.
3. PRITCHARD, A. Statistical bibliography on bibliometrics; Journal of Documentation 25 (4), 348-349, 1969.
4. NALIMOV, V.V.; MULCHENKO, Z.M. Naukometriia. Izuchenie razvitiia nauki kak informatsionnogo protsesssa. (Measurement of Science. Study of the development of science as an information process) Moscow, USSR, pp-196. 1969.
5. COLE, F.J.; EALES, N. B. The history of comparative Anatomy. Science Progress, 11, 578-596, 1917.
6. GROSS, P.L.K.; GROSS, E.M. College Libraries and Chemical Education. Science. Oct. 28, 66, 1229-1234, 1927.
7. FUSSLER, H.H. Characteristics of the Research Literature used by Chemists and Physicists in the United States. Part I. Library Quarterly 19 (1), 19-35, 1949.
8. FUSSLER, H.H. Characteristics of the Research Literature used by Chemists and Physicists in the United States. Part II. Library Quarterly, 19 (2), 119-143, 1949.
9. ALLEN, E.S. Periodicals for Mathematicians. Science 70 (1825) 592-594, 1929.
10. GROSS, P.L.K.; WOODFORD, A.O. Serial literature used by American Ecologists. Science 73 (1903), 660-664, 1931.
11. HOOKER, R.H. A study of Scientific Periodicals. Review Scientific Instrumentation, 6, 333-338, 1935.
12. HENKLE, H.H. The periodical literature of Biochemistry. Bulletin of the Medical Libraries Association, 27, 139-149, 1938.
13. BERNAL, J.D. The Social Function of Science. London, Routhedge, 1939.
14. HULME, E.W. Statistical bibliography in relation to the growth of modern civilization. London. England; Grafton; 1923.
15. LOTKA, A.J. The frequency distribution of scientific productivity. Journal of the Washington Academy of Sciences, 16 (12), 317-323, 1926.
16. BRADFORD, S.C. Documentation. Crosby Lockwood and Son, Ltd. London. England, 1948.
17. ZIPF, G.K. Human behavior and the principle of least effort. Addison-Wesley. Cambridge Mass, 1949.
18. BROOKES, B.C. The derivation and application of the Bradford-Zipf Distribution. Journal of Documentation, 24 (4), 247-265, 1968.
19. BROOKES, B.C. Numerical methods of bibliographic analysis. Library Trends, 22 (1), 18-43, 1973.
20. KENDALL, M.G. The bibliography of operational research. Operational Research Quarterly, 11 (1/2), 31-36, 1960.
21. SIMON HERBERT, A. On a class of skew distribution functions. Biometrika, 42; 425-440, 1955.
22. BOOKSTEIN, A. The bibliometric distributions. Library Quarterly, 46 (4), 416-423, 1976.
23. PRICE D.J.S. A general theory of bibliometric and other cumulative advantage process. Journal of the American Society for Information Science, 27 (5), 292-306, 1976.
24. MANUAL DE FRASCATI. La mesure des activités scientifiques et techniques, méthode type proposée pour les euguetes sur le recherche et de développement experimental "Manuel de Frascati" OCDE Paris, 1976.
25. ELKANA, Y; LEDERBERG, J; MERTON, R.K; THACKERY, A; ZUCKERMAN, H. (Eds). Toward a metric of science. The advent os science indicators Conference on Science Indicators held at the Center for Advanced Study in the Behavioral Sciences. (Calif. June 13-15, 1974). John Wiley Sons, New York 354 pp, 1978.
26. NARIN, F. Evaluative Bibliometrics. The use of publication and citation analysis in the evaluation of Scientific Activity. National Science Foundation Report PB-252, 339, Washington contract NSFC-627, D.C. 1976.
27. IRVINE, J.; MARTIN, B.R; PEACOCK T.; TURNER R. Charting the decline in British Science. Nature, 316, 587-590, 1985.
28. MORAVCSIK, M.J. The assesment of scientific output. Workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector. Paris 10-13. Junio 1985. OECD-DSTI/SPR/85, 24/07.
29. MORAVCSIK, M.J. Evaluating Science. Dimensions, Reasons and Ways. Proceedings of the International Conference on the Evaluation in Science and Technology. Theory and Practice Dubrovnik. Scientia Yugoslavica, 6, 5, 1980.
30. MOED, H.F; BURGUER W. J. M.; FRANKFORT, J.G.; VAN RAAN, A.F.J. On the measurement of research performance. The use of bibliometric indicators. Research Policy Unit. Diensten OWZ/PISA. State University of Leiden. Leiden. the Netherlands. 1983.
31. KOENIG, E.D. Bibliometric indicators vesus expert opinion in assessing research performance. Journal of the American Society for Information Science, 34 (2), 136-145, 1983.
32. MARTIN, B.R; IRVINE, J. Output indicators for basic research. Some policy tools for assessing scientific progress. OECD Conference on Science and Technology Indicators. Sep. Paris STIC/80.37. 1980.
33. MOED, H.F., BURGER, W.J.M; FRANKFORT, J.G; VAN RAAN, A.F.J. The use of bibliometric data as tools for University research policy. OECD workshop on Science and Technology Indicators in the Higher Education Sector. June 10-13, Paris DSTI/SPR/85.-24/15. 1985.
34. RAJAN, TN. FID Informetrics Committee (FID/IM). International Forum on Information and Documentation. 11 (3), 50, 1986.
35. HJERPPE, R. A bibliography of bibliometrics and citation indexing and analysis. Stockholm papers in Library and Information Science. The Royal Institut of Technology. Library. Report TRITA-LIB-2013 p163, 1980.
36. NARIN, F.; MOLL, J.K. Bibliometrics. Annual Review Information Science and Technology. v. 12, 35-58, 1977.
37. NIGEL GILBERT, G.; Measuring the growth of Science, A review of indicators of scientific growth. Scientometrics, 1 (1), 9-36, 1978.
38. KING, J.; A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. Journal of Information Science. Principles and Practice, 13 (5), 261-276, 1987.
39. FRAME, J.D.; NARIN, F.; CARPENTER, M.P.; The distribution of world Science. Social Studies of Science, 7 (4), 501-516, 1977.
40. SOETE, L.G.; WYATT, S.M.E. The use of foreign patenting as an internationally comparable Science and Technology output indicator. Scientometrics, 5 (1), 31-54, 1983.
41. SCHUBERT, A.; ZSINDELY, S.; BRAUN, T.; Scientometric analysis of attendance at international scientific meetings. Scientometrics, 5 (3), 177-187, 1983.
42. INDEX OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL PROCEEDINGS (ISTP). Institute for Scientific Information. Philadelphia. USA. Ed. Eugene garfield.
43. DENNIS, W.; Bibliography of eminent scientists. The Scientific Monthly. v.79, sep. 180-183, 1954.
44. SIMON, A.H.; Models of man, social and national. Ney York, John Wiley and Sons, p. 166, 1957.
45. NARANAN, S.; Power law relations in Science bibliography. A self consistente interpretation. Journal of Documentation. 27 (2), 83-97, 1971.
46. MURPHY, L.J.; Lotka's law in the humanities. Journal of the American Society for Information Science 24 (6), 461-462, 1973.
47. BEN DAVID, J. The scientists role in society. Englewood Cliffs; N.J. Prentice Hall, 1971.
48. BROOKSTEIN, A. Patterns of scientific productivity and social change. A discussion of Lotka's law and bibliometric symetry. Journal of the American Society for Information Science. 28 (4), 206-210, 1977.
49. NICHOLLS, P.T. Bibliometric modeling processes and the empirical validity of Lotka's law; Journal of the American Society for Information Science. 40 (6), 379-385, 1989.
50. RAO, I.K.R. The distribution of scientific productivity and social change. Journal of the American Society for Information Science, 31 (2), 111-122, 1980.
51. BEAVER, D.B.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration. Part I. The professional origins in scientific coauthorship. Scientometrics, 1 (1), 65-84, 1978.
52. BEAVER, D.B.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific coauthorship research productivity and visibility in the French scientific elite. Scientometrics, 1 (2), 133-149, 1979.
53. BEAVER, D.B.; ROSEN, R. Studies in scientific collaboration. Part III. Professionalization and natural history of modern scientific coauthorship. Scientometrics, 1 (3), 231-245, 1979.
54. HEFFNER, A.G. Founded research multiple authorship and subanthorship collaboration in four disciplines. Scientometrics, 3 (1), 5-12, 1981.

55. SUBRAMANYAM, K. Bibliometric studies of research collaboration. A review. Journal of Information Science Principles and Practice, 6 (1), 33-38, 1983.
56. ZUCKERMAN, H.A. Patterns of name ordering among authors of scientific papers. A study of social symbolism and its ambiguity. American Journal of Sociology, 74, 276-291, 1968.
57. FRAME, J.D.; CARPENTER, M.P. International research collaboration. Social Studies of Science, 9, 418-497, 1979.
58. BURTON, R.E.; KEBLER, R.W. The half life of some scientific and technical literatures. American Documentation, 11, 18-22, 1960.
59. MORAVCSIK, M.; MURUGESAN, P. Some results on the functions and quality of citations. Social Studies of Science, 5, 86-92, 1975.
60. WEINSTOCK, M. Citation Indexes. Encyclopaedia of Library and Information Science, 5, 16-40, 1971.
61. DIEKS, D.; CHANG, H. Differences in impact of scientific publications; some indices derived from a citation analysis. Social Studies of Science, 6, 247-267, 1976.
62. PORTER, A.; CHUBIN, D.E.; JIN, X. Citations and Scientific Progress. Comparing bibliometric measures with scientific judgments. Scientometrics 13 (3-4), 103-124, 1988.
63. GARFIELD, E. The 1000 articles most cited in 1961-1982. Current Contents, 16, 3-11, 1986.
64. PERITZ, B.C. Are methodological papers more cited than theoretical or empirical ones? the case of Sociology. Scientometrics 5 (4), 211-218, 1983.
65. MENDEZ, A.; GOMEZ, I. A comparison of citation classics in three fields of Science. Scientometrics 15 (5-6), 621-631, 1989.
66. CRONIN, B. The citation process. The role and significance of citation in scientific communication. Taylor Graham. London p. 103, 1984.
67. COLLINS, H.M. Tactic knowledge and scientific networks In: B. Barnes and D. Edge eds. Science in Context; Readings in the Sociology of knowledge. Cambridge MIT Press, 1982.
68. PRABHA, C.G. Some aspects of citation behaviour. A pilot study in bussiness administration. Journal of the American Society for Information Science. 34 (3), 202-206, 1983.
69. COLE, S.; COLE, J.R.; Scientific output and recognition. American Sociological Review. 32 (3), 377-390, 1967.
70. ZUCKERMAN, H.A. The Scientific Elite. New York Free Pres, 1977.
71. SMALL, M.G. Characteristics of frequently cited papers in chemistry. Final Report on contract number NSF-C795, 1974. Philadelphia, Institute Scientific Information, 1974.
72. VIRGO, J. A statistical procedure for evaluating the importance of scientific papers. Ph. D. Dissertation. Graduate Library School. University of Chicago, 1974.
73. MOED, H.F.; BURGER, W.J.M.; FRANKFORT, J.G.; VAN RAAN, F.J. The use of bibliometric data for measurement of university research performance. Research Policy, 14, 131, 1985.
74. SHER, I.M.; GARFIELD, E. New tools for improving and evaluating the effectiveness of research. Yovits, M.C. et al (Eds.) Research Program Effectiveness. Gordon and Breach, New York, 1966.
75. BROOKES, T.A. Private acts and public objects. An investigation of citer motivations. Journal of the American Society for Information Science 36 (4), 223-229, 1985.
76. CANO, V. Citation behavior: classification, utility and location. Journal of the American Society for Information Science 40 (4), 284-290, 1989.
77. SHEARER, E.; MORAVCSIK, M.J. Citation patterns in little science and big science. Scientometrics 1 (5-6), 463-474, 1979.
78. GARFIELD, E. Citation analysis as a tool in journal evaluation. Science 178 (4060), 471-479, 1972.
79. GARFIELD, E. Significant journals of Science. Nature 264, 5587, 609-615, 1976.
80. HEERINGEN, A.; NOMBERS, C.; VENETIE, R. Science and Technology Indicators. 1983. A comparison of the Netherlands with other countries on the basis of quantitative data. Advisory Council for Science Policy in the Netherlands. The Hague 1984.
81. RONYANE, J. Australian Science and Technology Indicators. Final report, 2 volum. Department of Science and Technology Camberra 1983.
82. BRAUN, T.; GLANZEL, W.; SCHUBERT, A. Scientometric Indicators A 32 country comparative evaluation of publishing performance and citation impact. World Scientific, Singapore, Philadelphia 422, 1985.
83. PLATZ, A. Psychology of the scientist 11. Lotka's law and research visibility. Psychological Reports 16, 566-568, 1965.
84. GARFIELD, E. Journal Citation Reports. A bibliometric analysis of references. Annual V.9. Institute for Scientific Information. Philadelphia 1976.

85. JOURNAL CITATION REPORTS. A bibliometric analysis of Science journals in the ISI data base. Institute for Scientific Information, Philadelphia Ed. E. garfield.
86. SEN, B.K.; KARANJAI, A.; MUNSHI, V.M. A method for determining the impact factor of a non-SCI journal. Journal of Documentation 45 (2) 139-141, 1989.
87. NORMA, E. Subject classification and influence weights for 3000 journals. Report prepared by Computer Horizons Inc. for the National Institute of Health USA, and the Advisory Board for Research Council UK. 1986.
88. SMALL, H. Cocitation in Scientific literature. A new measure of the relationship between two documents. Journal of the American Society for Information Science 24 (2), 265-269, 1973.
89. SMALL, H. The relationship of Information Science to the Social Science; a cocitation analysis. Information Processing and Management 17 (1) 39-50, 1981.
90. SMALL, H.; SWEENEY, E.; GREENLEE, E. Clustering the science citation. Index using co-citations. II Mapping Science. Scientometrics 8 (5-6), 321-340, 1985.
91. SULLIVAN, D.; WHITE, D.H.; BARBONI, E.J. Co-citation analysis of science. An evaluation. Social Studies of Science 7, 223-240, 1977.
92. CRANE, D. Social structure in a group of scientists: a test of the "invisible college" hypothesis. American Sociology Review 34, 335-352, 1969.
93. CRANE, D. Invisible colleges: diffusion of knowledge in scientific communities. Univ. of Chicago Press, Chicago Il, 1972.
94. KESSLER, M.M. Bibliographic coupling between scientific papers. American Documentation 14, 10-25, 1963.
95. CALLON, M.; LAW, J.; RIP, A. Mapping the Dynamics of Science and Technology. Macmillan, London, 1985.
96. COURTIAL, J.P. Qualitative models, quantitative tools and network analysis. Scientometrics 15 (5-6) 527-539, 1989.
97. Report of the panel of specialists of the United Nations advisory committee on science and technology for development, Granz. Austria 2-7 May, 1984. Indicators of measurement of impact of science and technology in socio economic development objectives. Scientometrics 6 (6), 449-463, 1984.
98. KING, J. A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. Journal of Information Science. Principles and Practices 13 (5), 261-276, 1987.
99. NIGEL GILBERT, G. Measuring the growth of science: A review of indicators of scientific growth. Scientometrics, 1 (1), 9-34, 1978.
100. GOMEZ, I.; GALBAN, C. Lack of standardisation in the corporate source field of different databases. 10th international Online Information Meeting. London 2-4 December 1986, 335-352.
101. GAILLARD, J. ¿Es visible la ciencia del Tercer Mundo? Mundo Científico. 9 (93) 764-768, 1989.
102. GARFIELD, E. Is citation analysis a legitimate evaluation tool? Scientometrics 1 (4) 359-375, 1979.
103. MORAVCSIK, M.; MURUGESAN, P. Some results on the functions and quality of citations. Social Studies of Science 5, 86-92, 1975.
104. MACROBERTS, M.H.; MACROBERTS, B.R. Problems of citation analysis. A critical review. Journal of the American Society for Information Science 40 (5) 342-349, 1989.
105. NARIN, F. Objectivity versus relevance in studies of scientific advance. Scientometrics 1 (1), 35-41, 1978.
106. INHABER, H.; ALVO, M. World science as an input-output system. Scientometrics 1 (1), 43-64, 1978.
107. BENSMAN, S.J.; Bibliometrics laws and library usage as a social phenomenon. Library Research 4, 279-312, 1982.