

CIENCIOMETRÍA

La medición de la actividad científica:
de la bibliometría a la vigilancia tecnológica

Michel Callon, Jean-Pierre Courtial y Hervé Penan

Ediciones Trea, S. L.

ÍNDICE

Introducción .....	.....
Primera parte: Los documentos tratados por la ciencia	.....
<i>Capítulo I – El lugar de los documentos escritos en la producción de los conocimientos científicos y técnicos</i> .....	.....
<i>Capítulo II – Los artículos y la producción de conocimientos certificados</i> .....	.....
I. Los artículos en el ciclo de producción de los conocimientos .....	.....
II. Radiografía de un artículo .....	.....
<i>Capítulo III – Las patentes y el proceso de innovación</i> .....	.....
I. Las patentes y su significación .....	.....
II. Radiografía de una patente .....	.....
<i>Capítulo IV – Las bases de datos</i> .....	.....
I. Las bases de publicaciones científicas y técnicas .....	.....
II. Las bases de patentes .....	.....
Segunda parte: Los métodos de la ciencia	.....
<i>Capítulo V – Los indicadores de actividad</i> .....	.....
I. Las publicaciones científicas .....	.....
II. Las patentes .....	.....
III. La constitución de ficheros .....	.....
<i>Capítulo VI – Los indicadores relacionales de primera generación</i> .....	.....
I. Las firmas conjuntas de artículos .....	.....
II. Las redes de citas .....	.....
III. Las citas de una revista en otra revista .....	.....
IV. El método de las citas conjuntas .....	.....
V. Las relaciones entre ciencias y técnicas .....	.....

© *La Scientométrie*. Collection «Que sais-je?» Presses Universitaires de France, 1993

© de esta edición: Ediciones TREA, S. L., 1995

Donoso Cortés, 7, bajo

33204 Gijón (Principado de Asturias)

Tel.: (98) 513 34 52

Fax: (98) 513 11 82

Cubiertas: Impreso Estudio (Oviedo)

Encuadernación: Cimadevilla (Gijón)

Filmación: Morilla (Gijón)

Fotocomposición: Editorial (Gijón)

Impresión: Artes Gráficas Noega (Gijón)

Traducción: Vicente Arenas

Depósito Legal: As.-628-95

I.S.B.N.: 84-87733-94-8

Impreso en España - Printed in Spain

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada en, o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o por cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de Ediciones Trea, S. L.

Capítulo VII – Los indicadores relacionales de segunda generación: El análisis de las palabras asociadas	71
I. La aparición conjunta de palabras	72
II. La medición de las relaciones entre palabras clave: el índice de equivalencia	75
III. Centralidad y densidad de los agregados: la construcción de diagramas estratégicos	76
IV. La estructuración de un campo	79
V. Los actores y su localización estratégica	80
VI. El análisis dinámico: transformación, ciclos de vida e interacciones	81
VII. Prospectiva	84
VIII. El caso particular de las patentes	85
 Tercera parte: Ejemplos de aplicaciones de la cienciometría	89
Capítulo VIII – La evaluación de la investigación y la vigilancia tecnológica	91
I. La evaluación de la investigación	91
II. La vigilancia tecnológica	99
Capítulo IX – Hacia nuevas aplicaciones	103
I. Una mejor comprensión de los procesos sociales	103
II. Ampliar la gama de los materiales y de los procedimientos analizados	105
 Conclusión	107
 Bibliografía	109

Cienciometría. La medición de la actividad científica: de la bibliometría a la ciencia tecnológica *ha sido publicado originariamente en francés con el título scientométrie, deûto de la colección «Que sais-je?» (Paris, Presses Universitaires de France, 1993).*
Específicamente para esta edición en castellano, los autores han actualizado ampliando la bibliografía y los gráficos y cuadros contenidos en el texto.

INTRODUCCIÓN

El término «cienciometría» se utiliza para designar un conjunto de trabajos iniciados hace unos veinte años y que están todos, por distintos conceptos, consagrados al análisis cuantitativo de la actividad de investigación científica y técnica. La cienciometría debería estudiar, por consiguiente, tanto los recursos y los resultados como las formas de organización en la producción de los conocimientos y técnicas. Sin embargo, hasta una fecha reciente se ha ocupado casi exclusivamente del análisis de los documentos redactados por los investigadores y los tecnólogos. La originalidad de los resultados obtenidos de esta forma demuestra la pertinencia de la elección. Nos limitaremos, pues, en lo esencial, a esta concepción restringida de la cienciometría. En el último capítulo indicaremos no obstante en qué direcciones convendría que se extendiera.

El origen de esta disciplina, hoy día en pleno desarrollo, está asociado a la aparición en 1979 de una revista titulada *Scientometrics*. Es el resultado de la lenta convergencia entre dos movimientos que se desarrollaron en un momento a ambos lados del telón de acero, primero de forma independiente y después mediante interacción de uno y otro: la «ciencia de la ciencia» en los Estados Unidos, y la *naukovedeniá* en los países del Este.

En el Oeste, la ciencia de la ciencia está asociada al nombre de Derek de Solla Price, y más concretamente a dos de sus libros, publicados respectivamente en 1961 y 1964: *Science since Babylon* y *Little Science, Big Science*. Cuando escribe estos libros, que tienen como objeto la evolución del movimiento científico desde sus orígenes, Solla Price se apoya en toda una serie de trabajos bibliométricos anteriores. Pero, al abogar por una ciencia de la ciencia, amplía considerablemente la perspectiva de la bibliometría. Ésta se ocupa principalmente de los problemas de gestión de las bibliotecas y de los centros de documentación, lo que conduce a recuentos de artículos y de periódicos, o incluso

de estudios más detallados sobre el desarrollo de tal o cual disciplina. La ciencia de la ciencia va más lejos en la elaboración y en la aplicación de instrumentos estadísticos. Su finalidad es identificar las leyes y las regularidades que rigen la actividad científica considerada en su globalidad. Aplica a la ciencia sus propios métodos de medición y encuentra un eco en la sociología que en ese mismo momento está multiplicando los estudios sobre el funcionamiento de la institución científica. Renunciando sin embargo a un rigor matemático total y contentándose con la aproximación estadística, Solla Price confiesa que se inspira en los modelos de la termodinámica. Trata a la ciencia como si fuera un gas, del que estudia sucesivamente el volumen global (el número de investigadores y su producción), la distribución de las moléculas que lo componen (los científicos) en función de su velocidad (frecuencia o productividad) y los modelos de interacción de las moléculas (las formas de organización). Su investigación estadística le lleva a deducir cuatro leyes:

— A largo plazo, el volumen global de la actividad científica crece de forma regular: el número de los investigadores y de sus publicaciones se duplica aproximadamente cada veinte años. Esto le lleva a fijar una fórmula sorprendente: viven actualmente entre un 80 y un 90% de los científicos que han existido.

— Este crecimiento exponencial tiene necesariamente sus límites. Siguiendo una ley general de la naturaleza según la cual a períodos de rápido desarrollo suceden invariablemente fases de estabilización, aquél alcanzará progresivamente una nivelación (una evolución así se describe con una curva en S llamada curva logística). Esta disminución del crecimiento se debe en particular a los propios límites del poder de análisis de los instrumentos empleados.

— La comunidad científica se divide en una elite que publica la mayor parte de los artículos y en una masa de investigadores poco productivos.

— Los científicos, dado que no pueden tratar más que una cantidad limitada de informaciones, se agrupan en «colegios invisibles» que apenas cuentan con un centenar de miembros en constante interacción.

Partiendo de estas observaciones, Price no duda en deducir todo un conjunto de recomendaciones destinadas a inspirar las políticas científicas dirigidas por los poderes públicos. Así, esta ciencia de la ciencia, desde sus orígenes, no se limita a una pura y simple constatación, sino que penetra en el terreno de la política y de la gestión para no volver a salir de él.

Los trabajos de Solla Price se desarrollan en paralelo con los de otro gran pionero de la ciencia: E. Garfield. Desde 1963, fecha de su primera aparición, el *Science Citation Index* (SCI), publicado por el Institute for Scientific Information (ISI), que Garfield ha creado en Filadelfia, ha contribuido ampliamente a acrecentar los conocimientos estadísticos sobre los artículos científicos. Concebidos inicialmente como instrumentos para la investigación bibliográfica, los tres índices del ISI (*Citation Index*, *Science Index* y *Permuterm Subject Index*) han sido cada vez más utilizados para la medición del nivel de la produc-

ción científica y de su impacto. Alrededor de Garfield se han desarrollado análisis fundamentados en las citas, que han sido retomados por los sociólogos y los historiadores de las ciencias, así como por los gestores de la investigación.

En el Este, esta ciencia de la ciencia ha tenido su contrapartida. El nombre diferente: *naukovodemia*, pero el objetivo es similar puesto que se trata de estudiar científicamente la actividad de investigación no para discernir su naturaleza o relativizar su alcance, sino para favorecer su desarrollo. Los primeros trabajos se esbozan a partir de 1926 con un artículo de Borichevski que anuncia la constitución de un nuevo campo de investigación cuyo objeto es «el estudio de la naturaleza intrínseca de la ciencia». En 1935 aparece bajo la pluma de S. M. Ossowski la expresión *Nauka o nauze*. Designa un amplio programa de investigación que subraya la necesidad de impulsar estudios históricos, sociológicos y psicológicos consagrados al desarrollo de las ciencias. El cambio hacia análisis deliberadamente cuantitativos se produce cuando Dobrov entra en relación con Solla Price y sistematiza las intuiciones de este último. Se creará rápidamente un instituto y aparecen los primeros libros: la *cienciometría* (*Naukometrika*) ha nacido y prospera sin inquietar a los poderes públicos, que la contemplan con mirada benévola.

Tanto en el Este como en el Oeste, la *cienciometría* se inscribe en el momento de su nacimiento en una visión muy positivista de la actividad de investigación. No sólo la ciencia constituye una actividad ejemplar, que se distingue radicalmente de las otras actividades humanas por su carácter altamente racional, sino que además los métodos que fundamentan su rigor pueden y deben serle aplicados: en cierta manera se trata de cientificismo al cuadrado.

Desde la creación de la revista *Scientometrics*, que le ha dado una existencia visible, esta disciplina se ha transformado y diversificado profundamente. Por algunos, la *cienciometría* permanece asociada a la ciencia de la ciencia y a un positivismo: las estadísticas y los instrumentos matemáticos desempeñan un papel esencial en este caso. Para otros, se ha fundido con análisis más cualitativos como los que han sido desarrollados por las corrientes más recientes de la antropología o de la historia social de las ciencias: las estadísticas no constituyen un fin en sí, pero se recurre a ellas para analizar la dimensión colectiva de la actividad de investigación y el proceso dinámico de construcción de los conocimientos. Al ampliar su campo de trabajo para ocuparse cada vez más de la técnica y de las relaciones entre ciencia y técnica, la *cienciometría* se ha unido a otras disciplinas, como la economía de la innovación técnica, a la que proporciona datos muy valiosos sobre las relaciones entre investigación e innovación. Se convierte además en un instrumento indispensable para muchos directores y expertos que en la administración o en las empresas elaboran gestiones programas de investigación o de innovación.

La *cienciometría* ha alcanzado la edad adulta y su crecimiento es espectacular. Podría haber ocurrido que la variedad de sus orientaciones y de sus aplic-

ciones hubiera puesto en tela de juicio su unidad y que se hubiera dispersado en tendencias centrifugas, pero no ha sido así. En lo esencial, los estudiosos de la cienciometría comparten tres convicciones inamovibles que garantizan la coherencia necesaria a esta disciplina. La primera es que el estudio de las ciencias y de las técnicas pasa necesariamente por el análisis sistemático de las producciones «literarias» de los investigadores y de los ingenieros: ciertamente, la cienciometría no se limita exclusivamente a este objeto, pero le concede un lugar esencial. La segunda es que los estudios cuantitativos, siempre que no constituyan un fin en sí, enriquecen la comprensión y la descripción de la dinámica de las tecnologías.¹ La tercera es la prioridad absoluta y casi obsesiva que conceden a la concepción de instrumentos de análisis sólidos y fiables.

PRIMERA PARTE

LOS DOCUMENTOS TRATADOS POR LA CIENCIOMETRÍA

¹ La noción de tecnologías es útil para designar el conjunto de las actividades de investigación científica y técnica.

Capítulo I

EL LUGAR DE LOS DOCUMENTOS ESCRITOS EN LA PRODUCCIÓN DE LOS CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y TÉCNICOS

Los instrumentos y los métodos desarrollados por la ciencia están concebidos para identificar y tratar las informaciones contenidas en las publicaciones científicas o técnicas. Éstas son esencialmente artículos, libros o patentes. Es preciso, pues, empezar por analizar el papel de estas diferentes publicaciones en la actividad de los investigadores y de los ingenieros.

Para abordar esta cuestión, resulta útil considerar que la investigación es una actividad cuya naturaleza y cuyos resultados pueden ser analizados según ciertas dimensiones principales que constituyen lo que el Centro de Sociología de Innovación¹ llama «la rosa de los vientos» de la investigación.

a) La investigación contribuye a la producción de conocimientos cuya calidad y cuyo interés son evaluados por la comunidad científica: por ello se dice de estos conocimientos que están *certificados*. La comunidad científica coloca a los investigadores en situación competitiva. La competencia evalúa la producción de conocimientos y gracias a ella se pone a prueba su validez: sólo sobreviven y se difunden aquellos resultados que han resistido a la crítica colectiva. Esta investigación es generalmente calificada como académica.

b) La investigación puede participar en un proceso de evaluación económica que desemboca en la producción de *innovaciones*, es decir, en la comercialización de nuevos productos o de nuevos procesos. Estas innovaciones se inscriben en las estrategias de las diferentes marcas para crear lo que los economistas llaman ventajas competitivas, que aseguran a las empresas una superioridad sobre sus competidores. En este caso, la investigación obedece a una lógica,

¹ El Centro de Sociología de la Innovación es un laboratorio de la Escuela de Minas de París. Sus trabajos se consagran a la sociología de las ciencias y de las técnicas, así como a la socioeconomía de la innovación. Es uno de los escasos centros de investigación franceses que ha desarrollado métodos cuantitativos originales.

es la de la competitividad económica, y la evaluación se produce sobre la contribución que proporciona a la actividad industrial.

c) La investigación puede movilizarse igualmente para contribuir a acciones de *interés general*. Algunas adoptan la forma de programas públicos que tienen como finalidad realizar objetos técnicos complejos, como, por ejemplo, un avión de combate, un satélite meteorológico o una estación espacial. En otros casos, su finalidad es más difusa: los investigadores y los ingenieros establecen encuestas epidemiológicas; observan la capa de ozono y miden su agujero; realizan inventarios de poblaciones de animales... Cuando participa en la realización de objetivos de interés general, la investigación es colocada bajo la tutela de agencias o de organismos públicos. El mecanismo de regulación no es ni el aumento de los conocimientos como tal ni la creación de ventajas competitivas, sino algo más cualitativo (el poder, el prestigio, el bienestar social) que se obtiene de la valoración política y del debate al que da lugar.

d) La contribución a las actividades de *formación* constituye una aplicación esencial para la investigación. Los conocimientos y las técnicas elaborados por los investigadores se transforman así en competencias transmitidas a los seres humanos (estudiantes, empleados que siguen cursos de formación profesional) que se aplican posteriormente en diferentes sectores de actividad: industria, servicios públicos, enseñanza o investigación. La puesta a punto de los conocimientos y su organización con vistas a su transmisión obedece a una lógica que depende estrechamente de la competencia que hay entre las instituciones de formación y de las relaciones que mantienen con el mercado de trabajo.

e) La investigación no puede desarrollarse en una sociedad hostil a la ciencia y al progreso técnico. En todas las épocas, los investigadores y los ingenieros se han esforzado por presentar sus actividades de manera que interesen al público de los no especialistas, bien sea satisfaciendo su curiosidad, bien sea haciéndole valorar el interés de algunos resultados esperados o deseados. La forma adoptada por esta actividad es múltiple: publicaciones de obras o realizaciones de emisiones de *divulgación*; campañas de movilización de la opinión pública para sostener investigaciones sobre temas de interés general (consulta telefónica, ARC), comités de ética, etc. A estas formas tradicionales se añade todo un conjunto de actividades que se desarrollan rápidamente y que podemos agrupar bajo la noción de *informe pericial*. Cuando un físico, un glaciólogo, un demógrafo o un biólogo participa en los debates sobre el calentamiento de la atmósfera o sobre la desaparición de la capa de ozono, está inscribiendo los conocimientos que produce en un espacio público, en un foro en el cual debate con otros especialistas. De la misma manera, cuando contribuye a la elaboración de normas de seguridad para centrales nucleares, o a la redacción de reglamentos para la protección del medio ambiente, o a la negociación de las cuotas de pesca en las zonas costeras, está interviniendo como experto para hacer oír el punto de vista de la ciencia o de la técnica. En esta situación, el investigador

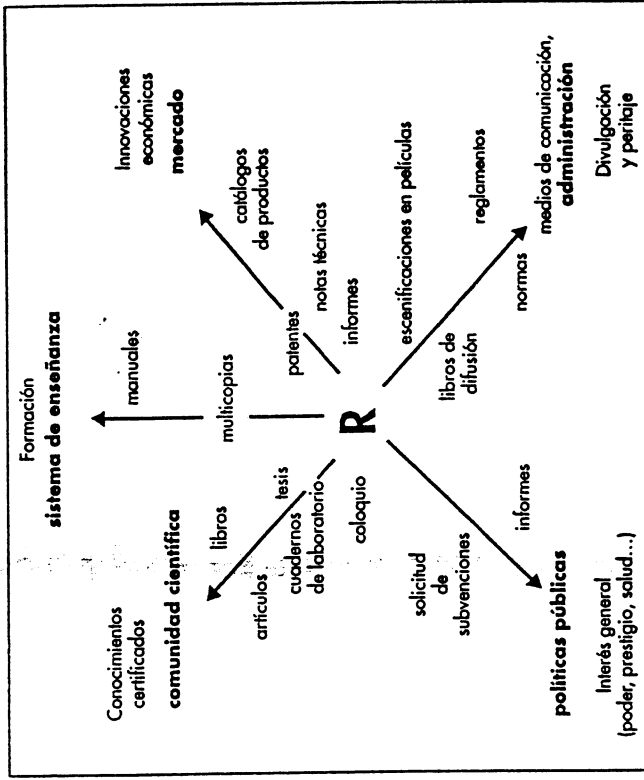


Gráfico 1.— La rosa de los vientos de la investigación

no es más que un participante entre otros y su opinión, aunque determinante, no es el único factor a ser tenido en cuenta. Cuando se encuentran inmersos en estas actividades de divulgación y de peritaje como expertos, los investigadores se someten a fórmulas de evaluación y de gratificación que son específicas: el impacto de un libro de vulgarización se mide por el número de ejemplares vendidos, el éxito de una campaña de información telefónica depende de los fondos recolectados, el peritaje se traduce en opiniones o recomendaciones que son (o no) tomadas en cuenta en las decisiones finales.

Los investigadores se ven abocados a producir documentos escritos cualesquiera que sea la dimensión en la que estén inmersos. Lo hacen cuando elaboran conocimientos certificados y publican artículos; cuando participan en el proceso de innovación, registran patentes o ponen en circulación notas técnicas o guías de uso; cuando desempeñan actividades de enseñanza, dirigen tesis, elaboran manuales o redactan multicopias; cuando se inscriben en programas públicos, formulan solicitudes de subvención y proporcionan informes; finalmente, si se consagran a la divulgación, publican libros o conciben escenificaciones, y, si actúan como peritos, contribuyen a la redacción de evaluaciones o reglamentos... Considerada en sus cinco dimensiones, la investigación resulta una amplia empresa de escritura que multiplica todo documento de cual-

quier especie. La naturaleza de las informaciones que contienen depende de su destino: por eso es importante distinguir los diferentes contextos en los cuales la investigación se inscribe y también los diversos objetivos que persigue.

El volumen de esta producción literaria es impresionante. Cada año se publican más de dos millones de artículos y se conceden un millón de patentes. Y a esto hay que añadir las toneladas de informes, de tesis o de normas que salen de los laboratorios o de los centros de investigación. Estas cifras hacen comprensible por qué son necesarias las técnicas cuantitativas, e igualmente el interés suscitado por la ciencia: ninguna ser humano es capaz de seguir y tratar una marea de información de tal calibre.

La ciencia podría, en principio, dedicarse al conjunto de los documentos elaborados y puestos en circulación por los investigadores. En la práctica, se ha concentrado hasta el momento en dos dimensiones: la producción de conocimientos certificados y la participación en el proceso de elaboración de innovaciones industriales. Y aun así no se ha ocupado esencialmente más que de dos familias de documentos entre todos los que podemos encontrar en estos casos: los artículos científicos y las patentes. Las razones de esta restricción del campo de análisis son múltiples. Algunas son de índole práctica: estos documentos son fácilmente accesibles y su presentación altamente codificada facilita su tratamiento. Otras son teóricas: los artículos y las patentes captan los conocimientos y las técnicas en el momento preciso de su divulgación, manteniéndose a la vez bastante próximos de la ciencia y de la técnica que están en pleno proceso de elaboración. Resulta útil, por consiguiente, comenzar por una presentación del papel de los artículos y de las patentes en la dinámica de la producción de conocimientos certificados y de la elaboración de innovaciones. Esto no debe hacernos olvidar en modo alguno que otros documentos merecerían ser analizados y que, de la misma forma que lo hacemos con la producción literaria, conveendría ocuparse del personal, de los instrumentos y dispositivos técnicos, así como de los recursos financieros y de su flujo (cap. IX).

Capítulo II

LOS ARTÍCULOS Y LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS CERTIFICADOS

La producción de conocimientos certificados es sin duda la empresa literaria más importante que haya existido nunca. Un investigador es una persona obligada por la lectura y por la escritura. La redacción de artículos y la lectura de documentos escritos por otros colegas absorben la mayor parte de su tiempo. A semejanza del novelista que garrapatea en su cuaderno las ideas que le ocurren, el investigador no abandona nunca su cuaderno de notas: cuando trabaja en la mesa de experimentos, anota los resultados de las experiencias en un cuaderno de laboratorio al cual traslada las mediciones que realiza y hipótesis que comprueba; cuando asiste a un coloquio o participa en un seminario, cuando intercambia opiniones con un colega y surge una idea original, su reflejo es consignar inmediatamente por escrito lo que le ha llamado la atención, con la intención de preservar las huellas sobre las que podrá volver adelante.

Sin esta actividad de escritura y de lectura, la ciencia perdería su consistencia y su razón de ser. Como han demostrado muchos filósofos de la ciencia el saber científico no podría ser caracterizado por la veracidad de las teorías: los experimentos o de los resultados experimentales que produce. Del saber científico se puede decir simplemente que es más o menos sólido, que mejora o peor a las objeciones y a las críticas. Desde el punto de vista de supervivencia y de su difusión, lo que importa es su solidez y no su validez lo que realmente nos importa es la noción de verdad, podremos afirmar cuanto más resistan a la crítica los conocimientos, más robustos son y más probabilidad tienen de resultar exactos: la verdad es un subproducto del desarrollo de ideas contrapuestas.

Para que la solidez de los saberes pueda ser sometida a prueba, es necesario que exista un espacio público de debate. Éste se ha ido constituyendo progresivamente