

Sociología de la Ciencia y Cienciometría: Una revisión de las teorías subyacentes

Resumen

Este artículo hace una revisión de las principales teorías sociológicas de la ciencia que operan de manera subyacente en la mayoría de artículos dedicados a presentar estudios de casos cuantitativos. Esta revisión presenta tres modelos fundamentales categorizados como: modelos cuantitativos funcionalistas, modelos cuantitativos de la traducción y modelos cuantitativos sistémicos. Se presentan tanto los principios teóricos como metodológicos y al final se hace un contraste.

Palabras claves: sociología de la ciencia, cuantitatividad, modelos teórico-metodológicos, comunicación científica.

Sociology of Science and Scientometrics: Revision of Underlying Theories

Abstract

This article presents a review of main sociological theories that underlie to scientometric articles that aim to present study cases. This review presents three fundamental models categorized as: Functionalists Scientometric Models, Translation Scientometric Models and Systemic Scientometric Models. Theoretical and methodological principles are explained. At the end a contrasts is made.

Key Words: Sociology of Science, Scientometrics, Theoretical and Methodological Models, Scientific Communication.

Gabriel Vélez Cuartas

Doctor en Ciencias Sociales y Políticas de la Universidad Iberoamericana. Profesor - Investigador Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Grupo de Investigación Redes y Actores Sociales Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia.
gabrielvelezcuartas@gmail.com

Cómo citar este artículo: VÉLEZ CUARTAS, Gabriel. Sociología de la Ciencia y Cienciometría: Una revisión de las teorías subyacentes. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 2013, vol. 36, n° 1, pp. 11-24.

Recibido: 2013-02-15 / Aceptado: 2013-05-02

1. Introducción

1.1 Problematización

Este artículo hace una revisión de literatura para hacer un puente entre la ciencimetría y la sociología de la ciencia. Este acercamiento se hace necesario en tanto los resultados de investigación cienciométricos en muchos casos parecen naturalizar los modelos teórico-metodológicos en los que se fundamentan de forma latente, lo que dificulta la validación de resultados, considerándolos como hechos dados y no como constructos teórico-metodológicos. En este sentido, la medición de la ciencia se empobrece y termina sirviendo únicamente a la construcción de rankings basados en uno de tantos aspectos susceptibles de ser tomados en cuenta para la generación de mediciones e indicadores del avance mismo de la ciencia (Ver afirmaciones de Van Raan, AFJ (1997, 205) o Gläser, J y Grit, L (2001, 411)). Aquí nos dedicaremos a observar las principales perspectivas que implican diferentes visiones de la ciencimetría desde el punto de vista sociológico.

Desde este punto de partida se desestiman (no por su relevancia sino por la delimitación específica escogida para este texto) las construcciones interaccionistas o marginales a los estudios cienciométricos como la teoría del campo científico de Bourdieu, P (2001), los desarrollos realizados por Cicourel, A (1974) o Knorr-Cetina, K (2005) acerca de las formas de interacción en la producción de la ciencia, o inclusive los aportes de Habermas, J (1984) desde un punto de vista crítico a lo que él llama la Tecno-Ciencia, entre otros. Este corte teórico metodológico también se debe a que el interés es mostrar sólo aquellos modelos que permitan observar desde los estudios sociales de la ciencia, formas de explicar y describir la producción masiva de textos como fenómeno social.

Partimos del supuesto de que todo modelo metodológico aplicado a lo social parte de una comprensión específica de ésta y por tanto tiene algún tipo de teoría sociológica subyacente no sólo como supuesto sino como parte de los Colegios Invisibles (Crane, D: 1972) que sustentan las afirmaciones realizadas en cualquier publicación de carácter científico o académico.

1.2 Métodos empleados

Este artículo se presenta como resultado de la primera fase de investigación para la construcción de un modelo que observa la evolución de la comunicación científica desde el punto de vista de la conformación de redes de textos, que especifican contribuciones temáticas y disciplinares dentro de la ciencia. Para esta primera fase se hizo un rastreo documental considerando textos fundantes en procedimientos metodológicos dentro de la Ciencimetría: en ese caso se buscaron diferentes artículos resultados de investigación cienciométrica y en sus citas se buscaron las fuentes comunes más relevantes (algunas fuentes de rastreo: Scientometrics, JASIST, El Profesional de la Información, manuales metodológicos y teóricos de la Ciencimetría).

Estas fuentes comunes fueron clasificadas según sus fundamentos teóricos y el recorrido biográfico en grupos de trabajo y escuelas de los autores de acuerdo a las tendencias conceptuales del término ciencia. Las concepciones fueron tipificadas y se planteó un desarrollo descriptivo tanto de sus principios sociológicos como algunas de sus consecuencias en la aplicación metodológica.

2. La Ciencimetría desde un punto de vista histórico a la luz de teorías sociológicas de la ciencia.

Para empezar, un principio analítico: *“El programa sociológico no puede ignorar los datos empíricos en favor del esfuerzo de modelar, porque el sentido de los datos no puede ser aislado de su contexto histórico”* (Leydesdorff L 2001b, 140). Desde otro punto de vista Gläser, J y Grit, L (2001, 411) sostienen que por el contrario *“La sociología actual de la ciencia por lo regular muestra poco interés en problemas metodológicos tales como el rango de aplicación de diferentes aproximaciones empíricas, la confiabilidad y validez de métodos, o estrategias de generalización. Desde el lado cienciométrico que es tierra de nadie hay una discusión metodológica más rica”*. Estas aserciones proponen una tensión entre el desprecio por la investigación empírica de muchos escritos sociológicos y el abandono de la fundamentación teórica desde la sociología para comprender los resultados de estudios cienciométricos o, en el mejor de los casos, orientarlos. Este

artículo sostiene que ha habido por lo menos 3 fuentes importantes en la fundamentación de los estudios cuantitativos que, si bien en los artículos pueden evitarse referencias directas a ellas, son latentes en la discusión académica. Ello puede evidenciarse en las concepciones sobre las formas de producción de conocimiento científico que dan una especie de límite o techo a las posibilidades analíticas de la ciencia como fenómeno social.

A continuación se presentan 3 grandes corrientes sociológicas presentes en los estudios cuantitativos y que orientan muchas veces de manera latente la construcción de modelos metodológicos:

(1) La Cienciometría funcionalista, en donde se presentan las posturas de Derek de Solla Price (1973) y Eugene Garfield (1983), entre algunos otros autores. Estas perspectivas entienden de manera general a la sociedad como producto de la difusión, la acumulación y transmisión de conocimiento de grandes colectivos cobijados por principios institucionales que regulan su quehacer científico.

(2) La Cienciometría de la estructuración o la traducción asociada a la Teoría del Actor Red presente en los textos de Michel Callon y John Law (1986) o Michel Callon, Hervé Penan y Jean-Pierre Courtial (1995). Su propuesta considera a la sociedad como el producto de la fusión entre tecnología y capacidades humanas para la generación de conocimiento capaz de encarnar poder en su influencia para la toma de decisiones políticas y económicas, en otras palabras un mundo tecnocientífico en donde la ciencia tiene gran poder de persuasión.

(3) La Cienciometría Sistémica de Loet Leydesdorff (2001a y 2001b) asociada a su teoría sociológica de la comunicación cercana al modelo sistémico de Niklas Luhmann (1995, 1996, 1998, 2007). En este sentido la sociedad sólo puede ser entendida como sistema de comunicación que se autoorganiza a partir de códigos que orientan la producción de conocimiento científico, económico y político (fundamento conceptual de la teoría de la triple hélice).

Antes de comenzar es importante reconocer que cualquiera que sea el punto de vista sociológico los autores reconocen en Kuhn [1962] (2004) sus inicios como teorías sociales de la ciencia. Kuhn planteó que la ciencia

no se construye a partir de criterios trascendentales y evolutivos lineales, sino desde saltos paradigmáticos causados por los mismos movimientos sociales de la ciencia y las mismas elecciones de los propios científicos de acuerdo a su contexto de práctica. Estos planteamientos han servido a los científicos (Callon, Courtial y Penan: 2005; Garfield: 1983; De Solla Price: 1973; Leydesdorff: 2001^a, 2001^b) para justificar la construcción de modelos metodológicos para observar el comportamiento de la ciencia y evaluar su evolución en términos de relación con el desarrollo social y económico, especialmente de los países con mayor desarrollo.

Considerando esto, es interesante observar que los modelos cuantitativos pueden variar de acuerdo a las concepciones de sociedad subyacentes en las formas de medición, que a su vez dependen de las formas de comprensión de sus dinámicas. En adelante se muestran algunas relaciones entre los principios teórico-metodológicos y las concepciones teóricas de la sociedad presentes.

2.1 Cienciometría Funcionalista

Si la pretensión es observar cientos de obras escritas para describir la evolución de un concepto, la metodología indicada será una que permita contar y agrupar. Para ello no bastará con estudiar las representaciones teóricas o metodológicas presentes en algunos estudios de caso y derivar la generalidad, sino construir estructuras interconectadas de los textos que permitan no sólo cuantificarlos, sino también clasificarlos y de allí derivar las tendencias de un concepto, de un tema o una disciplina. Esta ha sido la propuesta de la Cienciometría Funcionalista.

Dos de los aportes más importantes a estas mediciones han sido los de Derek de Solla Price (1973) [1963] y Eugene Garfield (1983) [1979]. El primero construyó un marco conceptual y metodológico que permitió relacionar índices de productividad científica y patrones de citación para la descripción de colegios invisibles y el desarrollo social y económico de los países. El segundo creó el sistema de indización de mayor impacto en la ciencia global y que ha institucionalizado los principales parámetros de evaluación para la ciencia de hoy (el *Science Citation Index -SCI-* y el *Social Science Citation Index -SSCI-*). Ambos han utilizado el análisis de redes como

herramienta para construcción de mapas de la ciencia (de Solla Price D 1965; Garfield E 1983 [1979]).

Tres de las preocupaciones de De Solla Price (1973) [1963] han sido: la forma adecuada de evaluación de la calidad del trabajo científico, el impacto de la ciencia en la sociedad y la observación de los procesos de conformación de comunidades de académicos a los cuales llama Colegios Invisibles. Para ello construye una teoría en donde logra establecer una correlación entre la eminencia científica y los índices de productividad y citación de sus obras. Su tesis propone que la importancia de una teoría científica está expresada en el prestigio de la obra general de un autor en el sentido de su volumen productivo y la cantidad de veces que es citada.

Si bien, como él mismo dice, el conteo es un dato burdo, “*se podría afirmar con cierta seguridad la existencia de una correlación significativa entre la solidez cualitativa y la solidez cuantitativa*” (De Solla Price 1973 [1963], 127). Esta tesis la sustenta con estudios acerca de la evolución de la producción textual científica, los índices de crecimiento social y económico de los países y el aumento en la producción científica. Logra establecer que los autores más reconocidos por lo regular son los más citados y los que tienen mayor volumen de producción. Así también logra una correlación positiva entre aumento de la productividad científica y crecimiento económico (De Solla Price 1973 [1963]).

El prestigio, para De Solla Price, necesariamente funciona como polo que atrae a otros investigadores y científicos, lo que incrementa a su vez la colaboración en la elaboración de artículos y publicaciones. Este supuesto permite al autor alejarse de entender que las comunidades de académicos no se forman únicamente a través de volúmenes de citas, sino también por medio de las interacciones que se concretan en colaboraciones y finalmente en publicaciones conjuntas. Esto es lo que permite acuñar el término de colegios invisibles para observar las tendencias de las especializaciones y disciplinas científicas a través de la producción conjunta.

En la misma línea de medición de la productividad, Garfield (1983 [1979], 16) creó el sistema *Science Citation Index* para mejorar las formas de indización en la década de los 70 y de esta forma lograr una mejor medi-

ción de la productividad y sus interconexiones a través de citas y referencias.

Esta forma de aproximarse a la ciencia es considerada como la metodología de mayor precisión en la representación de temas y ayuda en las búsquedas y generación de mapas de la ciencia: “*La citación es una representación precisa, no ambigua, de un tema que no requiere interpretación y es inmune a cambios en la terminología. Además, la citación mantiene precisión en el tiempo. También puede ser usada en documentos escritos en diferentes idiomas.*” (Garfield, 1983 [1979], 3). Partir de la citación para la investigación de la evolución de temas científicos pasa de ser una búsqueda alfabética de información a la construcción de jerarquías de autores citados o excluidos de las citas en otras obras. A la defensa de las ventajas del análisis de citas Garfield agrega:

Lo que mejor se veía acerca de un índice de citación era la diversidad de las formas de auscultar la literatura de una materia en particular y la eficiencia y estabilidad con la cual ellas podrían ser delimitadas. Al usar las referencias de autores de documentos indexados la capacidad limitada de un indexador para hacer conexiones entre ideas conceptos y materias fue reemplazada por la capacidad muy superior de un comunidad entera de hacer lo mismo. Esto significa que un índice de citación podría interpretar cada uno de los documentos cubiertos desde muchos puntos de vista, tanto como existen en la comunidad científica. Si un índice es visto como un intento de representar al mundo real de la manera más detallada posible, un índice de citación sería a un índice de materias convencional lo que una fotografía a color sería a un dibujo a blanco y negro. El otro atractivo de utilizar citas en lugar de materias sería su eficiencia y estabilidad semántica. Una sola referencia o cita representa tantas materias como razones que los científicos tengan para citarlas. (Garfield, 1983 [1979], 9)

Estos beneficios del análisis de citas se expresan según Garfield a través de tres tipos de medidas básicas: el número y variedad de revistas científicas; el número, la variedad y el marco temporal de las referencias; y la exploración cualitativa lograda a través de procesos de estandarización, clarificación e identificación de publicaciones y sus contenidos para ser observados cuantitativamente desde sus cualidades.

Estas tres medidas permiten el desarrollo de una metodología más precisa, ya utilizada por los **cienciómetros** como se describe a continuación:

- Los enlaces de obras a través de citas permiten graficar las áreas de mayor actividad de la ciencia, y por tanto dar cuenta de estructuras de textos interrelacionados.
- Habría dos tipos de análisis de las citas: la cita directa que permite identificar las obras más citadas en un año, y la co-cita que cuenta el número de veces que dos artículos han sido citados por fuentes individuales en ese año específico. Las co-citas permiten organizar los artículos en *clusters* (Garfield: 1983, 73-57) y observar la relación entre estos.
- Se analizan los títulos de los artículos para descubrir palabras y conceptos en común que pueden denominar las especialidades a las que pertenecen los artículos presentados. Estas palabras en común pueden servir para nombrar los *clusters* detectados y organizarlos de mejor forma. Los autores o algunos *clusters* deben ser revisados para confirmar que los nombres en realidad sean descriptivos de sus obras (Garfield: 1983, 100-102).

Agrega Garfield que:

Excepto por el análisis de los títulos de los artículos y el nombramiento de los clusters, este proceso completo es automático. En otras palabras, lo que hemos desarrollado es un modelo computacional capaz de mapear la estructura de la ciencia en términos de sus especialidades más activas. Al cambiar los niveles dispuestos en umbrales de conteo de cita y co-cita que califican a los artículos para incluirlos en el modelo y sus clusters, podemos cambiar la resolución del mapa. (Garfield, 1983 [1979], 75)

De esa forma “la efectividad de un sistema de indexación/recuperación construido sobre una jerarquía de clasificación de materias es una función de qué tan cerca de la realidad está la combinación de materias y sus relaciones jerárquicas. En el caso de la ciencia, la realidad consiste en unidades básicas de investigación y relaciones entre ellas.” (Garfield, 1983 [1979], 75)

En el desarrollo de herramientas para el análisis de las citas, Small en su artículo “*A Journey through Science*” plantea una definición para la observación empírica:

Un tipo indirecto de síntesis o integración ocurre cuando dos o más referencias están yuxtapuestas en un texto, o co-citadas (en otras palabras). En este caso, el autor podría construir una

relación o marco para los dos trabajos citados. Por ejemplo, ‘el fenómeno fue propuesto X, pero la evidencia empírica fue propuesta por Y’. Aquí, el autor ha creado un marco para los dos artículos en el cual X tiene prioridad sobre la idea, y Y la confirmación empírica. Si otro autor cita los dos documentos de la misma forma, el marco se convierte en un marco compartido. El marco puede tener un rango de redundancia desde “yo también” (X y Y hicieron la misma cosa) hasta una altamente creativa yuxtaposición de ideas que tal vez expresan profundas analogías o conexiones hipotéticas entre una amplia gama de diferentes fenómenos (Small 1982). En el extremo más riguroso, los marcos pueden expresar relaciones inferenciales o causales, por ejemplo, ‘X implica Y’, o ‘X causa Y’. Después cuando el sendero a través de la ciencia es explorado, el rango de posibilidades de relaciones de co-cita se vuelve más evidente. (Small en McInnis 2001, 144)

De la misma forma McInnis plantea que:

La estructura bibliográfica forma el marco sobre el cual el contenido sustantivo del cuerpo de literatura es soportado. Es decir, cada fragmento de investigación relativo al tópico está incrustado en un consenso preexistente. Así como puede ser argumentado que una estructura bibliográfica de literatura científica existe, también puede ser dicho que una estructura sustantiva existe. Por estructura sustantiva se quiere decir que la forma del consenso asumida por la acumulación de contenido de artículos publicados es alcanzada. (A menudo, en referencia a lo que aquí es llamado estructura sustantiva, los filósofos de la ciencia y otros interesados en el tema hablan de estructuras cognitivas de disciplinas –esto es, el cuerpo de conocimiento científico en los frentes de investigación válidos en la actualidad). Se puede describir como un proceso de generación de idiosincrasia. Debemos reconocer, claro está, que cualquier forma de un cuerpo científico de literatura asumido en las estructuras de memoria de los practicantes del campo depende de la habilidad para conceptualizar el tema de la materia de manera concreta. (McInnis, 2001, 12)

Su preocupación básica es por la formación de consensos en la ciencia, expresados a través del contenido semántico de conceptos. Por tanto su énfasis está más puesto en las construcciones cognitivas y su continuidad a través de los textos que por el prestigio de los autores. Su propuesta es complementaria a las de Garfield o Price.

Al comprender el sentido del contexto de cita ayudó en el desarrollo de los índices de cita. Los índices de cita están basados en la noción de que los trabajos citados son análogo

gos a los términos de las materias, y pueden ser usados sustitutos para esos términos. (Garfield). Una vez recuperados de un índice de citación los artículos citados, se busca la relevancia temática acerca de la idea simbolizada por el ítem citado una vez sea referido al trabajo citante (Small). Una razón del porqué él se centra en la mayoría o el consenso a través del trabajo citado, continua Small, es que provee un enlace entre el contenido de la citación y el conocimiento científico en un sentido público (Ziman). (McInnis, 2001, 28; las citas están en el texto de McInnis)

McInnis va más allá y propone que el consenso puede observarse cuantitativamente a través de redes cuantitativas, siempre y cuando sea posible establecer algunos indicadores y no únicamente el reconocimiento de la obra de un autor por otro a través de la citación. Ello se justifica en tanto la credibilidad del conocimiento presentado por una obra se pone en juego en la citación de ésta y especialmente la forma en que es mencionado o no un autor de acuerdo a diferentes grados de aceptación o no de su obra (McInnis, 2001, 29). De esta forma, el consenso desde una perspectiva macro de lo científico sería no sólo la citación, sino también las formas y contenidos de la citación.

Tanto los índices de impacto como los de colaboración científica e historiografía algorítmica conciben la producción de conocimiento científico como producto de procesos de difusión, organización institucional de la ciencia y creación de roles y estatus en los mismos investigadores. Todos estos principios pueden ser relacionados directamente con una visión funcionalista desde el punto de vista teórico, ya Garfield, E lo ha mencionado en sus múltiples escritos:

No fue hasta 1983, en su comentario 'Citation Classic' (Price, 1983) que Derek hizo notar que él fue 'muy estimulado por los escritos de Robert Merton de sociología de la ciencia, por el nuevo libro de Eugene Garfield sobre índices de citación y por la relectura del libro de Desmond Bernal, el cual preparó mi mente para la sensibilidad inicial que me llevó a este campo en primer lugar.' (Garfield, E: 2007, 22)

2.2 Cienciometría de la Estructuración: Sociología de la traducción.

A diferencia de los planteamientos de Garfield y Price que suponen a la ciencia como una estructura funcional

en la que el conocimiento opera a través de la difusión, Law, Callon y Rip (1986) consideran que el conocimiento se divulga y opera a través de traductores. Cada nuevo texto, tesis, propuesta teórica o metodológica no es producto de la difusión de una idea sino de la traducción de ideas circulantes en el medio social. Por ello se le llama *sociology of translation* o sociología de la traducción (ver por ejemplo Leydesdorff 2001a, 29).

La definición operativa de traducción:

*El método por el cual un actor enrola a otros. Este método contempla: (a) la definición de roles su distribución y la delineación de un escenario; (b) las estrategias por las cuales un actor-mundo se hace indispensable para otros creando una geografía de puntos de paso obligatorios; y (c) el reemplazo impuesto sobre otros que son forzados a seguir el itinerario que ha sido impuesto. La forma elemental de traducción es la del *intéressement*. Una forma común de traducción en la ciencia es la de la *problematización*. (Callon, Law y Rip, 1986, xvii)*

Toda entidad que opere, actúe o enuncie está haciéndolo porque está relacionado con múltiples fuentes de información y conocimiento. La enunciación o disposición para la acción de cada entidad es una red de relaciones con diversos objetos, sujetos, discursos, instituciones, etc., que permiten la constitución de un actor. Un actor no es un individuo sino la red de relaciones. Así, dependiendo de la fortaleza de los lazos y las interacciones es posible deducir la identidad de un actor.

El actor que habla o actúa con el soporte de estas otras, también forman parte de una red. Por lo tanto el término actor-red, para el actor es tanto la red y el punto en la entidad. Debería notarse también que cada punto entidad que están enrolada en un actor-red depende de sus capacidades para traducir a otro actor-red. Una forma simplificada de entidad que es sin embargo también una red en todo su derecho. (Callon, Law y Rip, 1986, xvi)

Para ser más precisos, la teoría del actor-red utiliza un constructo teórico que permite ir más allá de la comprensión de la ciencia como un agregado de propuestas que se expanden por difusión. Este constructo utiliza los conceptos de poder y estructuración y lleva a entender la producción de conocimiento científico como una empresa con intereses en juego. Al proponer los intereses se introduce el concepto de poder de tal forma

que un actor-red sólo podrá persistir en el tiempo en la medida en que tenga la capacidad de atraer los intereses de entidades. La atracción de intereses conforma lo que los autores nombran *Actor-Mundo*. La constitución de mundo de actores, es un proceso constructivo y por tanto en constante estructuración y no una expresión estructural del todo como en Garfield o Price.

Un *Actor-Mundo* es un cúmulo de intereses traducidos por el poder de atracción de un *Actor-Red*. De esta forma el objeto de estudio son los intereses en juego, la capacidad de un *Actor-Red* de traducir esos intereses y los resultados en términos de posicionamiento de distintos actores-red. Así por ejemplo, si el interés es implementar un vehículo de transporte masivo eléctrico para solucionar problemas de transporte público y contaminación (ver Gráfico 4), al ser considerado un *Actor-Mundo*, necesariamente deberá incluir en su mundo no únicamente las organizaciones y personas que hacen posible que exista este vehículo, también la disponibilidad de tecnologías para la utilización de la energía eléctrica, cientos de artículos científicos que discuten acerca de estas posibilidades tecnológicas, la electricidad, las políticas públicas, etc. Todo aquello que de alguna u otra forma posibilite el que el interés por un transporte público eléctrico sea posible hará parte del mundo del actor: transporte público eléctrico.

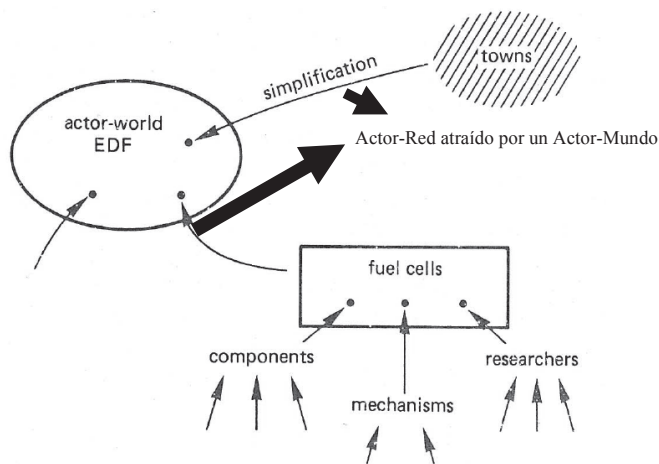


Gráfico 1. Actor-Mundo del Transporte Masivo Eléctrico (EDF).

Tomado de Callon, Law y Rip 1986, 29

Las cosas y las personas actúan a través de relaciones de poder. Esto nos lleva a entender que la ciencia no se

reproduce por difusión sino por procesos de traducción continuos, motivados por los intereses en juego y la capacidad (o poder) de interesar a otras entidades, según esta perspectiva.

La ciencia y la tecnología serían producto de: la posición de los roles en la red, su funcionalidad complementaria, la existencia de escenarios adecuados, las estrategias existentes para conservar esos mismos intereses, pero sobre todo el poder de interesar a otras entidades en sus propias dinámicas de enunciación y acción. *Intéressement* (o capacidad de interesar a otros) es definido como:

La acción de interesar, enlazar, de traducir que envuelve a una entidad atrayendo a una segunda y a través de esta a una tercera. El intéressement es una transacción entre tres entidades. Esto puede ser visto como la forma elemental de traducción, la cual, sin embargo, no debería ser confundida con la operación de los intereses sociales. (Callon, Law y Rip, 1986, xvii)

Las dinámicas científicas evolucionan a través de *intéressements*. Y estos se expresan en problematizaciones específicas. Por tanto si se habla de la ciencia desde una sociología de la traducción, cada problema científico o grupos de problemas pueden ser examinados a la luz de la capacidad que tenga ese problema específico de atraer ciertas tecnologías, ciertos conceptos o ciertas metodologías. Cada problema en la ciencia es un *actor-mundo* en este sentido y las entidades implicadas, cada una corresponde a un *actor-red*.

De otro lado, la teoría del *actor-red* considera que la ciencia no puede ser descrita únicamente a través de su producción textual, pero es elemento central en la generación de mapas que recrean los mundos emergentes del laboratorio científico.

Un texto científico no solo revela la estrategia de construcción del mundo de sus autores, sino también la naturaleza y la fuerza de sus ladrillos derivados del dominio de la ciencia desde el cual se dibuja y al cual contribuye. El texto así mismo provee acceso a las dinámicas de la ciencia, a mundos compartidos que se constituyen en control mutuo (evolutivo) de sentido. Pero ¿cómo esos mundos de la ciencia pueden ser mapeados? En principio, la respuesta es simple. El texto podría ser tratado como una estructura enlazando palabras importantes. (Callon, Law y Rip, 1986, 12)

Por consiguiente se puede decir también que los conceptos en una teoría serán actores-red, y la problematización a partir de un grupo específico de conceptos será un actor-mundo. En este sentido, el investigador puede trazar rutas de aparición y desaparición de palabras indispensables en los textos. Si bien este procedimiento de detección de co-presencia y ausencia de palabras no es una propuesta metodológica nueva, si lo es su contexto de análisis más preciso a través de los planteamientos de la traducción.

Así pues, nuestro método se inserta dentro de la tradición cuantitativa, que difiere mucho de otras aproximaciones como el análisis de co-citación porque está construido precisamente alrededor de palabras importantes dentro de artículos científicos. Esto significa que es posible hacer un enlace directo entre la estrategia individual de los científicos de construcción de mundo y el resultado colectivo de esa actividad. Tenemos, en otras palabras, la misión de lo cualitativo por otros medios. (Callon, Law y Rip, 1986, 13)

Para hacer operativos estos planteamientos en la investigación empírica, acuñan un concepto como el de *funnel of interests* (embudo de intereses). Su definición: “Una serie de problematizaciones alrededor de un tema (o interés) que generalmente es considerado importante y traduce el encabezado/título a una solución/problematización específica. Esto se encuentra de manera típica en la introducción de los artículos científicos.” (Callon, Law y Rip 1986, xvi-xvii). Por tanto, el título, el resumen, la introducción y las palabras claves se constituyen como embudo de intereses expresados en el texto. Así, si cada texto tiene un mecanismo que sirve como embudo de intereses, es posible en un conjunto de textos encontrar intereses comunes o contrarios. Esto nos permite observar una red amplia de problematizaciones formadas por la aparición paralela de palabras, que representan intereses, que a su vez son representativas de problematizaciones que se encadenan a través de distintos textos. Esto les lleva a plantear su camino metodológico:

El enfoque de co-presencia de palabras o co-palabras, al sintetizar artículos en términos de palabras necesarias, conteo de ocurrencias y co-ocurrencias para trazar desarrollos en un nivel de agregación, no sólo permite distinguir traducciones exitosas de aquellas que rápidamente desaparecen; también hace posible develar la cantidad de enlaces directos e indirectos que existen entre traducciones que pueden llevar o no a descubrir proble-

mas sociales e intereses. (...) Nuestro enfoque – éste de adicionar co-ocurrencias de palabras necesarias en textos – destaca la red de problematizaciones y permite estudiar su morfología en detalle. (Callon, Law y Rip, 1986, 108-109)

Su metodología construye redes de problematizaciones en las cuales los puntos representan problematizaciones y las relaciones la co-ocurrencia de palabras en estas problematizaciones. La jerarquía de las problematizaciones, a diferencia del análisis de citas, es construida a través de un índice de equivalencia de las palabras.

El índice generalmente definido es el llamado índice de equivalencia; está cerca de la idea intuitiva que tenemos de la noción de aparición conjunta, con respecto a la cual introduce una normalización que tiene en cuenta las frecuencias de las dos palabras consideradas; mide la intensidad de la asociación entre dos palabras i y j realizada por el conjunto de los documentos del fichero; vale 1 cuando la presencia de i acarrea automáticamente la presencia de j, y viceversa, es decir, cuando las dos palabras están siempre juntas; es igual a cero cuando la mera presencia de una de las dos palabras excluye la de la otra (no estando fijado simultáneamente el índice de ningún documento por las dos palabras); el cálculo de todos los coeficientes entre todos los pares de palabras posibles (incluso si el valor de estos coeficientes es a menudo igual a cero) genera un número de relaciones importante, pero sería vano pretender visualizarlo; por eso se utilizan algoritmos para identificar agregados que reúnen las palabras que están frecuentemente asociadas a otras, es decir, entre las cuales los índices de equivalencia son altos; el mismo cálculo permite igualmente obtener las relaciones entre estos agregados. Estamos entonces en condiciones de diseñar una red de palabras asociadas compuestas de agregados unidos a otros; según el valor del umbral de agregación elegido se obtienen mapas más o menos detallados; cada agregado es asimilable a un tema de investigación cuyo contenido está descrito por las palabras que constituyen dicho agregado; existen algoritmos que seleccionan entre todas las palabras del agregado aquella que es la más central y que la retienen para asignar un nombre agregado. (Callon, Penan y Courtial, 2005, 75-76)

La metodología analiza la morfología de la red para observar la jerarquización de problemas científicos en campos especializados específicos. A partir de estos desarrollos proponen un modelo llamado Diagramas Estratégicos (Callon, M; Penan, JP; y Courtial, H: 1995, 76) derivado del análisis de redes sociales, tomando los conceptos y procedimientos de Centralidad y Densidad para observar la estructura de relaciones. Con estas

medidas se distribuyen los agregados de problematizaciones en una matriz que cruza las frecuencias de Densidad y Centralidad resultantes, donde se dibujan cuatro cuadrantes repartidos en sectores: centrales y densos, centrales y no densos, densos y no centrales, no centrales y no densos. Cada cuadrante es indicador de desarrollo (capacidad de atraer otros temas para complejizarse) e integración (centralidad o periferia) de temas y problematizaciones (ver Callon, M; Penan, JP; y Courtial, H: 2005, 78-79). De esta forma la metodología permite calificar el desarrollo de una especialidad científica y su potencial poder sobre la definición de dinámicas sociales.

El desarrollo de la investigación cuantitativa de la traducción fue especialmente fuerte en los 80 y 90 en la producción de investigaciones sobre la relación entre ciencia y tecnología y aún es utilizada por investigadores franceses como Van Meter, K (2008). Estos estudios apuntan principalmente a identificar la relación de la producción científica con su entorno y su capacidad de persuasión, de allí su cercanía con estudios sobre el desarrollo tecnológico, la toma de decisiones pública y el desarrollo de análisis estratégicos a partir de la producción científica.

2.3 Ciencometría Sistémica: las redes de comunicación

La teoría de sistemas de segundo orden empleada por Leydesdorff, L tiene una propuesta teórico-metodológica que permite la construcción de mapas de la ciencia a partir de factores cognitivos y de la exploración de la comunicación como sistema de sentido en una corrección de la Teoría Matemática de la Comunicación de Claude E. Shannon (1948).

Para comprender el modelo aquí expuesto es importante comprender el giro de la teoría sociológica dado por Niklas Luhmann. Este autor plantea que el principio de construcción social no es la interacción sino la comunicación. Esto implica que en realidad el foco de atención no son ni las intencionalidades, ni las prácticas, ni las formas de interlocución entre actores, sino la comunicación disponible en la sociedad como referente de enlace y de acción para el mundo. Es decir, sin formas de comunicarse y sin lenguajes específicos es imposible la

existencia de sociedad. Este principio resulta bastante útil para los estudios cuantitativos, en tanto la producción científica justamente es una forma de comunicación, y al desentrañar las formas existentes y sus dinámicas es posible generar nuevas formas de observación, comprensión y medición.

Así pues, la teoría de Leydesdorff puede considerarse como una derivación del modelo luhmanniano de sociedad. Presenta un modelo comunicacional de la sociedad, de lo que deriva su centro en el procesamiento social de la información como conocimiento. Su preocupación principal es la ciencia y su evolución en la sociedad, por tanto su teoría es referida específicamente a las comunicaciones científicas, pero en general a las comunicaciones de la sociedad, entendiendo a la sociedad como sociedad del conocimiento. Para comprender mejor sus planteamientos se abordarán algunos de los aspectos esenciales de la comunicación en su interpretación de Luhmann en su texto 'A Sociological Theory of Communication' (2001b) y de allí la derivación de su modelo metodológico:

(1) La comunicación tiene características de autoorganización, es decir, la comunicación misma puede organizar su sentido a partir de la misma comunicación y no necesariamente de las interacciones. Esto en términos investigativos puede ser considerado como hipótesis cuando trata de entenderse el sentido de un conjunto de comunicaciones o textos. Esto es posible debido al carácter emergente de los sistemas sociales y no estático o predeterminado como por ejemplo lo plantearía Parsons en su teoría de la sociedad (2001b, II). Esto quiere decir que aprueba una observación de la sociedad desde un punto de vista de las formas de autoorganización del conocimiento, pero no considera que puedan ser reificadas. La autoorganización es un modelo de observación y no una característica de la realidad, por tanto en la sociedad se podrán observar formas de construcción del sentido de lenguajes que funcionan de manera sistémica y otras que no lo hagan.

El considerar la autoorganización como hipótesis le lleva a incluir algunos elementos de la teoría de la estructuración de Giddens a su esquema explicativo (Especialmente el concepto de estructuración como intuición. No recoge las dinámicas entre estructura y agentes, sino el proceso de organización -estructura-

ción de la información en instantes en el tiempo y que responden a estructuras de sentido que son susceptibles de ser codificadas). Para él, el sentido está en permanente estructuración en donde la comunicación codificada es siempre expectativa de que la comunicación se cumpla en los procesos emergentes de organización de la información, la cual sólo podrá tener el apelativo de autoorganización en tanto entre a operar por lo menos uno de esos códigos (Al hablar de código de la comunicación, tanto Leydesdorff como Luhmann se refieren a formas generales de la comunicación presentes en la sociedad que cada vez que son utilizadas por individuos actualizan la forma y confirman que algo puede ser comunicado así. Por ejemplo, la forma de comunicarse científicamente está codificada, en tanto cada vez que se escriba un artículo científico se utilizarán las formas socialmente aceptadas de cómo debe presentarse algo con contenido científico).

(2) En la comunicación existen niveles distintos que operan todos a la vez en el momento en que una comunicación se presenta: la interacción, lo psíquico y la red de relaciones de aquellos que interactúan (Leydesdorff, 2001b, 23). De esta forma en una comunicación actúan distintas formas de construcción de sentidos. Así por ejemplo en una comunicación científica están presentes las interacciones que le dieron dirección a una postura teórica o metodológica, el sentido sustantivo del texto construido por el individuo y el sentido normativo de una comunidad académica que circula por sus redes de relaciones.

Este constructo teórico permite a Leydesdorff generar una conexión entre los sistemas sociales generales y su evolución situada a partir de las comunicaciones que se dan entre actores específicos. Un sistema social, para ser observado empíricamente, sólo puede considerarse como un conjunto de comunicaciones situadas en redes de actores que no necesariamente tienen intercambios

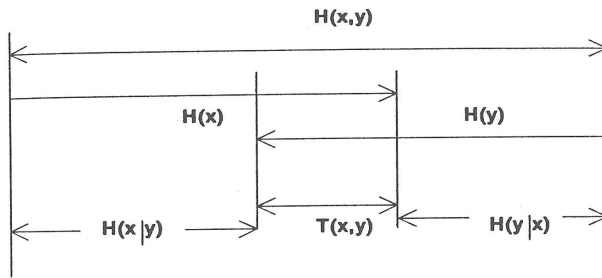
entre ellos pero que comparten una o varias formas de tematización de la comunicación.

(3) Estos principios teóricos llevan a Leydesdorff a dar un giro en la comprensión de lo que es una red de comunicación. Leydesdorff da énfasis a las comunicaciones y no a sus resultados en términos de posiciones estructurales, cooperación o interacción. El modelo de observación de comunicaciones se constituye en una postura de segundo orden en donde no se observa la interacción entre una fuente y un receptor, sino la evolución de los mensajes mismos en tanto se presentan en comunicaciones en distintos momentos en el tiempo.

Al considerar las comunicaciones como información en la tradición cibernética (y no como interacciones o intersubjetividad), revisa el modelo matemático de la comunicación de Shannon. De esta forma Leydesdorff propone el concepto de neguentropía para observar la capacidad de organización y especificación temática de la comunicación, es decir la cantidad de información organizada por observadores y no el ruido presente en el ambiente de la transmisión como lo hace Shannon (1948) en su teoría matemática de la comunicación. Así introduce el cálculo de la probabilidad de organización de la información circulante en sistemas cerrados (con clausura operativa).

Leydesdorff ha sugerido que al entender que la información se enfrenta con observadores que especifican la selección de la información emitida o circulante (no se trata sólo de ruido a la transmisión), habría que calcular el peso de la información que el observador enlazó en contraste con el peso de la información total disponible para observar si existe o no redundancia entre las operaciones en referencia. En otras palabras, si un mensaje realmente está siendo percibido o no por observadores que también producen información y la ponen a circular. Matemáticamente Leydesdorff lo expresa de la siguiente manera:

Gráfico 2. Teoría matemática de la comunicación de Loet Leydesdorff.



$$(A) H = -\sum p_i \log_2 p_i = p \log_2 (1/p)$$

$$(B) H(x|y) = H(x,y) - H(y)$$

$$T(x,y) = H(x) - H(x|y)$$

Relaciones de contenidos esperados de información, información mutua y entropías condicionales entre dos variables x y y (fuente Atteneave, 1959)

Tomado de Leydedorff 2001a, 112-113

Si H es la cantidad de entropía de la información analizada (A) o las posibilidades de decisión sobre algo a partir de información disponible, estas pueden ser descritas relativas a un observador específico que se pone en contacto con la información. Entonces será posible calcular la entropía para el sistema observante en comparación con la cantidad de información nueva disponible. En (B y gráfica) $H(x|y)$ es la incertidumbre en bits de información en la predicción de x si conocemos y ; $T(x,y)$ es la información mutua de x y y y algunas veces llamada transmisión por ejemplo en la reducción de incertidumbre en la predicción de x si conocemos y . $T(x,y)/H(x)$ es la proporción de incertidumbre reducida en la predicción de x y si es conocida y $H(x|y)/H(x)$ es la proporción de incertidumbre que se ha mantenido. (Leydesdorff 2001a, 112)

En términos operativos, al considerar el lenguaje como operador de la comunicación, distingue las palabras como términos libres de contenido susceptibles de sentido en tanto se asocian con otras palabras (2001b, 65-66). Así por ejemplo, la palabra calor tendrá distintos sentidos si se asocia en la frase “hace mucho calor” o “la medición del calor de una caldera”. En una, la palabra calor específica sensación, en la segunda medida científica. Si este principio es trasladado a la ciencia, las palabras dentro de un conjunto de textos con respecto a un tema específico fungirán como variables que transformarán su sentido de acuerdo a la forma en que se combinen en los distintos textos. Las relaciones entre textos se construirán a partir de la cercanía o lejanía en tanto co-aparición de palabras organizadas de manera similar.

Aplicando el modelo de cálculo de la entropía, se podría decir que si se tiene la totalidad de información utilizada en distintas comunicaciones que interesan ser analizadas como conjunto, y se quiere saber qué tan relacionado está una evento de comunicación con el resto del conjunto, se puede calcular la cantidad de información presente de este evento específico en el resto de eventos del conjunto.

Si se comprende que las comunicaciones científicas tienen distintas dimensiones en las cuales se organiza la información: secciones, artículos, tipos de publicación, cada una de estas puede servir para calcular factores que condicionan la presencia o ausencia de información y su distribución en el conjunto.

Si se considera el tiempo en el análisis, las palabras pueden operar como información esperada en un conjunto de textos en determinado momento del tiempo. De esta manera se pueden observar los cambios temáticos de manera dinámica si se tiene en cuenta que los eventos de comunicación en la ciencia (los textos) están fechados. La información contenida en un texto previo puede ser considerada como información esperada a priori. En textos posteriores, la información puede ser considerada como información esperada a posteriori.

Leydesdorff opera el concepto de distinción de Luhmann precisamente cuantificando el total de incertidumbre generado por conjuntos de información específicos y la especificación del sentido en subconjuntos de información utilizada efectivamente en una comunicación del conjunto de comunicaciones total. Los

subconjuntos de distinciones posibles funcionan como información esperada a partir de conjuntos amplios de eventos comunicativos que por definición son información que es dada a conocer de alguna forma y es entendida (por ejemplo, como información metodológica, teórica o disciplinar dentro de la ciencia).

Sus modelos teóricos metodológicos derivados de esta forma particular de observar la sociedad han influenciado especialmente los estudios acerca de las capacidades científicas en campos de la ciencia y los estudios regionales que observan la sinergia de las relaciones entre Universidad, Empresa y Estado.

3. Conclusiones y observaciones

Al contrastar las tres formas teórico-metodológicas es posible extraer el siguiente cuadro:

A continuación se describen las 4 categorías de contraste emergentes de esta revisión.

El funcionalismo hace énfasis en la posición estructural de los individuos a partir de su prestigio. El *clustering* y los índices de impacto justamente ponen en relieve esta concepción en tanto la comunicación científica expresa la configuración institucional a partir del reconocimiento como categoría fundamental advertida ya por Merton, RK (1973), lo cual permite el análisis de roles y estatus en la ciencia. La citación lineal juega un rol muy importante en la concepción de su objeto, en tanto las citas son expresión de la difusión y alcance del conocimiento científico, permitiendo análisis de la ciencia como un colectivo orientado por instituciones reguladas por los mismos individuos que conservan principios científicos ya argumentados por Merton, RK en la estructura normativa de la ciencia, en su Sociología de la Ciencia (1973).

En la cienciometría de la traducción, el individuo desaparece para dar paso a la estructura de relaciones que se configuran alrededor del conocimiento tecno-científico. Al considerar las relaciones de poder a partir del *intéressement*, las entidades participantes de la red se convierten en traductores de intereses y propósitos que subyacen en la construcción de conocimiento científico. Los desarrollos metodológicos justamente apuntan a agregar entidades que constituyen problematizaciones y les atribuyen un peso dentro del acervo de la comunicación científica. Este peso, a diferencia de los análisis que ponen de relieve especialmente el papel del reconocimiento, da mayor fuerza a la traducción temática expresada en problematizaciones que representan conjuntos de textos. De esa manera, al analizar la posición en la estructura de esas problematizaciones es posible comprender el desarrollo y desempeño de la investigación científica en la solución de problemas tecnológicos y su capacidad de generar influencia sobre diferentes frentes de toma de decisión pública y privada.

El modelo sistémico pone entre paréntesis la preocupación por los individuos y se concentra en la dinámica evolutiva de las comunicaciones a partir de ellas mismas. Si se permite la metáfora, su análisis permite entender la producción científica como una nube de información que tiene capacidad de autoorganización. La modificación que hace Leydesdorff a la teoría matemática de la comunicación permite generar mapas evolutivos de organización de los textos científicos, de tal forma que pueda observarse la distribución y énfasis en temas específicos. Esto implica observar la interpenetración de disciplinas, el surgimiento de nuevos campos y su influencia en otros sistemas como el económico o político en el acoplamiento o no de discursos en la emergencia o no de sinergias.

Cuadro 1. Síntesis de teorías sociológicas aplicadas a la cienciometría.

Objeto/Sociología	Individuo	Tipos de análisis	Objeto	Concepción de ciencia
Cienciometría Funcionalista	Actor con Rol, Estatus	Clustering, índices de impacto	Citación lineal	Colectivo que produce conocimiento
Cienciometría de la Traducción	Actor Red	Análisis de equivalencia y diagramas estratégicos	Problematizaciones: palabras; citaciones	Consolidación de intereses en procesos tecno-científicos
Cienciometría Sistémica	Irrelevante, se observan las comunicaciones como observadores	Análisis de espacio vectorial; teoría matemática de la comunicación	Autoorganización de la Comunicación	Sistema de comunicación

Cuadro 1: Elaboración propia

La identificación de diferentes referentes teóricos desde la sociología permite poner en discusión diferentes concepciones del desarrollo científico que podrían presentar soluciones a discusiones dicotómicas acerca de la construcción de herramientas de medición, indicadores y cifras sobre el crecimiento. A diferencia de Van Raan, AFJ (1997, 205) o Gläser, J y Grit, L (2001, 411) no podría considerarse la falta de contenido teórico en la ciencia en estricto sentido si consideramos la hipótesis del conocimiento teórico subyacente en los planteamientos metodológicos y asumirse que en realidad la ciencia no ha considerado teorías sociológicas, pues como aquí se presenta, estas teorías son subyacentes a los mismos procesos de construcción y medición de los datos.

Agradecimientos

Este artículo se perfeccionó en el marco de la investigación “El Conocimiento Científico y Tecnológico Disponible en Antioquia 1990-2010”, realizada con fondos de la Convocatoria Temática 2010 realizada por el CODI, Universidad de Antioquia y en colaboración con la Fundación Universitaria Luis Amigó.

Referencias bibliográficas

BOURDIEU, Pierre. 2003. El Oficio del Científico: Ciencia de la Ciencia Reflexividad. Barcelona: Anagrama, 2003. 212 p.

CALLON, Michel, COURTIAL, Jean-Pierre y PENAN, Herve. 1995. *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón: Ediciones Trea, 1995. 110 p.

CALLON, Michel, LAW, John y RIP, Arie. 1986. *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*. London: Macmillan Press, 1986. 240 p.

CHEN, Yunwei, FANG, Shu, BÖRNER, Katy. 2011. Mapping the development of scientometrics: 2002 to 2008. *Journal of Library Science in China*. (3): 131-146, 2011.

CICOUREL, Aaron. 1974. *Cognitive Sociology: Language and Meaning in Social Interaction*. New York: Free Press, 1974. 189 p.

CRANE, Diane. 1972. *Invisible colleges. Diffusion of knowledge in scientific communities*. The University of Chicago Press: Chicago and London, 1972. 224 p.

DE SOLLA PRICE, Derek. 1965. Networks of Scientific Papers: The Pattern of Bibliographic References Indicates the Nature of the Scientific Research Front. *Science*. 149(3683):510-515, 1965.

DE SOLLA PRICE, Derek. *Hacia una Ciencia de la Ciencia*. Ariel: Barcelona, 1973. 181 p.

GARFIELD, Eugene. 2009. From The Science of Science to Scientometrics. Visualizing the History of Science with Histcite software. *Journal of Informetría*, 1(3): 21-26, 2009.

GARFIELD, Eugene; MERTON, Robert King. 1979. *Citation indexing: Its theory and application in science, technology, and humanities*. New York: Wiley, 1979. 274 p.

GLÄSER, Jochen; LAUDEL, Grit. 2011. Integrating scientometric indicators into sociological studies: methodical and methodological problems. *Scientometrics*, 52(3): 411-434, 2011.

HABERMAS, Jürgen. 1984. *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos, 1984. 181p.

KNORR-CETINA, Karin. 2005. *La Fabricación del Conocimiento: un ensayo sobre el Carácter Constructivista y Contextual de la Ciencia*. Buenos Aires: Universidad Nacional del Quilmas Editorial. 2005. 370p.

KRIPPENDORFF, Klaus. *Metodología de Análisis de Contenido: Teoría y Práctica*. Barcelona: Paidós, 1990. 279p.

KUHN, Thomas. 2004. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: FCE, 2004. 362 p.

LEYDESDORFF, Loet. 2001. The challenge of scientometrics: the development, measurement, and self-organization of scientific communications. uPublish.com: Universal Publishers, 2001. 355p.

LEYDESDORFF, Loet. 2001. *A Sociological Theory of Communication: The Organization of the Knowledge-Based Society*. U-Publish.com: Universal Publishers, 2001. 359 p.

LEYDESDORFF, Loet. 2008. The Communication of Information, Meaning and Knowledge: relational versus vectorial topologies. In: *Seminar Communication networks on the web: Quantitative Methods in the Social Sciences 2*. (2008: Amsterdam, Holanda). Trabajos. Amsterdam, Holanda: European Science Foundation. 2008.

- LUHMANN, Niklas. Las ciencias modernas y la fenomenología. Torres Nafarrate, Javier (trad.). Manuscrito Conferencia dictada en el auditorio del Ayuntamiento de Viena el 25 de mayo de 1995.
- LUHMANN, Niklas. 1996. La ciencia de la sociedad. México DF: Universidad Iberoamericana, 1996. 515p.
- LUHMANN, Niklas. Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general. México: UIA; Rubí (Barcelona): Anthropos; Bogotá: Ceja, 1998. 445 p.
- LUHMANN, Niklas. 2007. La Sociedad de la sociedad. México: Herder, 2007. 954 p.
- MACÍAS-CHAPULA, César A. 2001. Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. *Acimed*, 9(1): 35 – 41, 2001.
- MARTÍNEZ, Sergio. 2003. Geografía de las Prácticas Científicas. México DF: UNAM, 2003. 206 p.
- MCINNIS, Raymond. 2001. Discourse Synthesis: Studies in Historical and Contemporary Social Epistemology. Westport (Connecticut): Praeger, 2001. 360 p.
- MERTON, Robert K. 1973. The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations. Chicago: University of Chicago Press, 1973. 640 p.
- SHANNON, Claude E y WEAVER, Warren. 1971. The Mathematical Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press. 1949. 144p.
- SHANNON, Claude E y WEAVER, Warren. 1976. Teoría matemática de la comunicación. México: SCT Telecomunicaciones, 1976
- SHANNON, Claude E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*. 27:379-423, 1948.
- VAN METER, Karl, DE SAINT LÉGER, Mathilde. 2008. Co-word text analysis applied to political science: 2006 international political & “parapolitical” headlines. *Bulletin de Méthodologie Sociologique* 97(1): 18-38, 2008.
- VAN RAAN, A. FJ. 1997. Scientometrics: State of the Art, *Scientometrics*. 38(1): 205-218, 1997.