

Trayectorias y regímenes en investigación versus evaluaciones de conocimiento: contribuciones a una teoría evolutiva de la citación

Trajectories and regimes in research versus knowledge evaluations: Contributions to an evolutionary theory of citation

Loet Leydesdorff; Lin Zhang; Paul Wouters

Note: This article can be read in its English original version on:
<https://revista.profesionaldelainformacion.com/index.php/EPI/article/view/87143>

Cómo citar este artículo.

Este artículo es una traducción. Por favor cite el original inglés:

Leydesdorff, Loet; Zhang, Lin; Wouters, Paul (2023). "Trajectories and regimes in research versus knowledge evaluations: Contributions to an evolutionary theory of citation". *Profesional de la información*, v. 32, n. 1, e320103.
<https://doi.org/10.3145/epi.2023.ene.03>

Artículo recibido el 15-10-2022
Aceptación definitiva: 04-12-2022



Loet Leydesdorff

<https://orcid.org/0000-0002-7835-3098>

University of Amsterdam, Amsterdam
School of Communication Research
(ASCoR), PB 15793
1001 NG Amsterdam, Países Bajos
loet@leydesdorff.net



Lin Zhang

<https://orcid.org/0000-0003-0526-9677>

Wuhan University, School of Information
Management, Center for Science,
Technology & Education Assessment
(Cstea)
Wuhan, China
linzhang1117@whu.edu.cn



Paul Wouters ✉

<https://orcid.org/0000-0002-4324-5732>

Leiden University, Centre for Science and
Technology Studies (CWTS)
Leiden, Países Bajos
p.f.wouters@cwts.leidenuniv.nl

Resumen

El análisis de citas puede proporcionarnos modelos de la dinámica evolutiva en la comunicación académica y científica. Proponemos distinguir entre la evaluación de la investigación institucional (generalmente, *ex post*) y la evaluación del conocimiento *ex ante*, en relación con la direccionalidad en el análisis de citas. Discutimos la bibliografía teórica sobre los sistemas de comunicación que distingue entre información y significado, en la que el concepto de redundancia juega un papel importante como medida del potencial de un sistema de comunicación. Esta es la base de un modelo de dinámica del conocimiento que diferencia entre la variación observable y los entornos de selección latente. Utilizamos indicadores a nivel de revista y analizamos los entornos de citación de las revistas tanto en la dirección citada como en la citante. Entre las revistas, la dirección de citación puede analizarse por co-citación e indica la integración de conocimientos de diferentes campos. La dirección citada puede analizarse de manera análoga por acoplamiento bibliográfico y representa la medida en que la revista citada se ha vuelto relevante para diferentes disciplinas, por lo tanto, indica la difusión del conocimiento. Aplicamos este análisis en tres estudios de casos diferentes de relaciones entre revistas: un estudio a pequeña escala de la revista *Public understanding of science*, una muestra aleatoria de 100 revistas y un análisis a gran escala del conjunto de revistas de los JCR 2016. Combinados, los resultados parecen confirmar la hipótesis de que la interdisciplinariedad no puede ser capturada por un análisis de citas unidimensional. Tanto las direcciones citantes



como las citadas son relevantes para las evaluaciones de conocimiento e investigación, respectivamente. Planteamos la pregunta de si se pueden desarrollar indicadores de interdisciplinariedad combinando ambas direcciones en el análisis de citas, indicamos más investigaciones y discutimos las implicaciones normativas de nuestros resultados preliminares.

Palabras clave

Interdisciplinariedad; Sinergia; Teoría de la citación; Acoplamiento bibliográfico; Co-citación; Evaluación de la investigación; Evaluación del conocimiento; Teoría evolutiva de la citación; Comunicación académica; Revistas científicas; Indicadores; *Journal Citation Reports*; *JCR*.

Abstract

Citation analysis can provide us with models of the evolutionary dynamics in scholarly and scientific communication. We propose to distinguish between institutional research evaluation (usually, *ex post*) and knowledge evaluation *ex ante*, in relation to directionality in citation analysis. We discuss the theoretical literature on communication systems which distinguishes between information and meaning, in which the concept of redundancy plays an important role as measure of the potential of a communication system. This is the basis for a model of knowledge dynamics which differentiates between observable variation and latent selection environments. We use indicators at the journal level and analyze the citation environments of journals in both the cited and citing directions. Among journals, the citing direction can be analyzed by co-citation and indicates the integration of knowledge from different fields. The cited direction can analogously be analyzed by bibliographic coupling and represents the extent to which the cited journal has become relevant for different disciplines, hence indicates knowledge diffusion. We apply this analysis on three different case studies of journal-journal relations: a small scale study of the journal *Public Understanding of Science*, a random sample of 100 journals, and a large-scale analysis of the set of *JCR* 2016 journals. Combined, the results seem to confirm the hypothesis that interdisciplinarity cannot be captured by one-dimensional citation analysis. Both citing and cited directions are relevant for knowledge and research evaluations, respectively. We raise the question whether indicators of interdisciplinarity can be developed by combining both directions in citation analysis, indicate further research, and discuss the normative implications of our preliminary results.

Keywords

Interdisciplinarity; Synergy; Theory of citation; Bibliographic coupling; Co-citation; Research evaluation; Knowledge evaluation; Evolutionary theory of citation; Scholarly communication; Scientific journals; Indicators; *Journal Citation Reports*; *JCR*.

Agradecimiento

El primer autor agradece a *Clarivate* los datos de los *JCR*. Agradecemos a Hongyu Zhou su contribución; y a Inga Ivanova, Gabriele Bammer y otros colegas sus comentarios sobre borradores anteriores.

1. Introducción

El impacto de las citas se puede tener en cuenta para evaluar la investigación, pero además, con ellas algunos investigadores reconstruyen los límites entre disciplinas y especialidades. El acto de referenciar puede interpretarse como una forma de evaluar el *conocimiento*, diferente de las evaluaciones de la *investigación* orientadas a las instituciones. Se puede esperar que las evaluaciones del conocimiento tengan una dinámica diferente a las evaluaciones de la investigación. Aunque la variación en las dimensiones citadas y citantes se puede capturar en una única matriz de citas (asimétrica), las selecciones en las dos direcciones implican entornos distintos.

La matriz de citas muestra todas las variaciones y covariaciones, pero *no* necesariamente los mecanismos de selección subyacentes. Estos últimos pueden ser latentes. La variación es fenotípica y, por lo tanto, observable, mientras que los entornos de selección no se pueden observar directamente porque se basan en códigos virtuales en la comunicación humana: deben definirse teóricamente.

A diferencia de los códigos biológicos (como el ADN), los códigos en las comunicaciones interhumanas no se dan de forma natural. Sin embargo, los códigos vinculantes intersubjetivamente pueden ser especificados reflexivamente como construcciones teóricas por una comunidad (científica). Debido a que la comunicación se desarrolla dinámicamente, las selecciones pueden operar de forma iterativa entre sí. Las distribuciones muy sesgadas de citas, por ejemplo, sugieren selecciones recursivas de selecciones (**Bruckner et al.**, 1994). Además, el sistema social está muy diferenciado y, por lo tanto, pueden interactuar entre sí diferentes mecanismos de selección. En los sistemas sociales, los mercados operan como dinámicas de selección de manera diferente a la toma de decisiones políticas. Siguiendo a **Schumpeter** (1939), también se puede distinguir entre selecciones en el mercado con tendencia al equilibrio e innovaciones que alteran el equilibrio (**Dosi**, 1982; **Nelson**; **Winter**, 1977; 1982; **Sahal**, 1981). El desarrollo histórico de la organización social puede verse como un mecanismo

Comprender la dinámica de la comunicación y la creación de conocimiento requiere de modelos que nos permitan especificar criterios de selección y su evolución en el tiempo

de retención en un sistema evolutivo que estabiliza las relaciones sociales y cognitivas y, por lo tanto, funciona como un entorno de selección localizable que es analíticamente diferente de, por ejemplo, el control de calidad global o la rutina de revisión por pares. Sin especificación de ambientes de selección —es decir, criterios genotípicos— la reconstrucción no puede ir más allá de una redescipción de la variación fenotípica. Comprender la dinámica de la comunicación y la creación de conocimiento requiere, por tanto, de modelos que nos permitan especificar criterios de selección y su evolución en el tiempo.

Es esperable que el conocimiento se desarrolle como resultado de coevoluciones y tensiones entre las diversas subdinámicas de la comunicación

La complejidad de la comunicación puede *evolucionar* en sistemas que procesan tanto información como significado. Primero, la información se produce en procesos históricos y es medible como entropía (Shannon, 1948; Gleick, 2011); el significado puede proporcionarse reflexivamente con referencia a los códigos en la información. Entendemos dar sentido a la información como seleccionar una señal del ruido (Leydesdorff, 2021, p. 7). Después de todo, no toda la información es significativa en un contexto particular. El procesamiento posterior del significado media entre los desarrollos históricos y su dinámica evolutiva. Si bien la información se puede comunicar, los significados se pueden compartir (una de las formas de procesar el significado). Se puede esperar que el ciclo de significados sobre el flujo de entropía genere redundancia en el sistema y, por lo tanto, amplíe la cantidad de opciones disponibles (aunque aún no utilizadas) (Leydesdorff, 2021, pp. 75-76). En términos de sistemas de información, el contenido máximo de información se incrementa sin comunicar más que cero información (por ejemplo, se puede señalar la existencia de casillas vacías) (Brooks; Wiley, 1976, p. 76). A continuación, argumentaremos que el análisis de citas puede brindarnos acceso a la compleja interacción entre información y procesamiento de significado en la evolución de las comunicaciones interhumanas (Leydesdorff, 2021).

2. Modelado de la dinámica del conocimiento

Es esperable que el conocimiento se desarrolle como resultado de coevoluciones y tensiones entre las diversas subdinámicas de la comunicación. Kuhn (1977), por ejemplo, consideraba la ciencia como el resultado de “tensiones esenciales” entre la estabilidad y el cambio. Popper ([1935] 1959) distinguió además entre contextos de descubrimiento y justificación como subdinámicas (potencialmente coevolutivas). Gibbons *et al.* (1994) añadieron el contexto de aplicación como propio de la dinámica facilitada por internet.

Tres subdinámicas que operan entre sí pueden abarcar todas las especies de dinámicas complejas (Langford; Hall, 2005; Li; Yorke, 1975; cf. Langford *et al.*, 2006). Las estructuras de conocimiento resultantes de tales coevoluciones (re)producen, entre otras cosas, las estructuras de red observables en las que históricamente se pueden retener las evoluciones culturales (Fujigaki, 1998; cf. Giddens, 1984). Al seleccionar recursiva y discursivamente sobre trayectorias históricas con referencia a criterios, pueden surgir nuevos regímenes de expectativas como consecuencia de las redundancias existentes en un sistema de comunicación. De esta forma, las expectativas sobre el desarrollo futuro pueden “invertir la flecha del tiempo” sin violar las leyes de la física.

En la evolución física, este desarrollo es una interacción ciega entre la variación y la selección (por ejemplo, cuando una pieza superflua de código biológico se transforma dando lugar a una nueva propiedad). En la evolución cultural, los sistemas anticipatorios (como los humanos) pueden introducir una selección orientada a objetivos que introduce una dimensión fundamentalmente novedosa en la dinámica de la comunicación. Esta es también la clave para comprender la relación entre información y significado: el significado es el vínculo de segundo orden entre la información y los regímenes de selección anticipatoria (consultar Leydesdorff, 2021, para obtener más detalles sobre las implicaciones para las ciencias sociales).

En otras palabras: a lo largo de las trayectorias, la entropía se genera en cambios observables; los regímenes, sin embargo, operan en términos de expectativas que se suman a la redundancia en la dirección opuesta y así reducen el peso relativo de la información observada. Usando Shannon (1948), la redundancia R puede medirse como la diferencia entre la entropía máxima (H_{max}) y la información observada ($H_{observada}$). La redundancia puede servir como una medida teórica de la información del potencial de los sistemas para opciones que aún no se han realizado (Brooks; Wiley, 2011; Leydesdorff; Ivanova, 2014; 2021; Petersen *et al.*, 2016).

La complejidad, la dinámica recursiva y el anidamiento de las operaciones a lo largo de diferentes ejes generan asincronías y tensiones (Kuhn, 1977). Estas tensiones se pueden relajar cambiando el paisaje; por ejemplo, como en el caso de las avalanchas. Tales discontinuidades pueden ser grandes o pequeñas, en extensión variable. Desde esta perspectiva (neo)evolutiva, los avances son consecuencia de la “criticidad autoorganizada” en las estructuras de comunicación (Bak; Tang; Wiesenfeld, 1987; Leydesdorff; Wagner; Bornmann, 2018).

Las bases de conocimiento en evolución se archivan y se reflejan en la bibliografía como las “huellas” de las (r)evoluciones científicas. En el fondo, la bibliografía académica funciona como depósito de estas huellas y proporciona el terreno común sobre cuya base se pueden generar nuevas dinámicas como variación (Luhmann, 1996). Este repositorio también puede ser visto como una fuente arqueológica que permite reconstruir el proceso de creación de conocimiento. Por esta razón, los indicadores de citas pueden utilizarse como elementos en modelos de dinámica del conocimiento.

2.1. Proceso del significado

Luhmann conjeturó cómo el procesamiento del significado (citar) puede hacer una diferencia medible para el procesamiento de la información histórica en su discusión con Habermas en 1971 (1971, p. 34; 1990a, p. 27) (Leydesdorff, 2000). En ese momento, Luhmann lo formuló programáticamente de la siguiente manera:

“[...] lo especial del procesamiento significativo o basado en el significado de la experiencia es que hace posible *tanto* la reducción como la preservación de la complejidad; es decir, proporciona una forma de selección que evita que el mundo se reduzca a un solo contenido particular de conciencia con cada acto de experiencia determinante” (Luhmann, 1990a, p. 27).

No obstante, el autor hace una *advertencia* explícita de que esta caracterización “todavía no es adecuada”. Luhmann se adelantó a su tiempo al afirmar que el procesamiento de significado es un mecanismo de selección diferente de la selección natural. El procesamiento del significado incluye una dinámica de segundo orden que retroalimenta hacia atrás y potencialmente hacia adelante la corriente de eventos históricos. Luhmann (2012, p. 238) especuló que “[nosotros] necesitamos una teoría del tiempo lo suficientemente sutil que determine el presente como el límite entre el pasado y el futuro”. Aunque se planteó la cuestión pertinente, este programa no se elaboró en operaciones empíricas.

Por ejemplo, Luhmann formuló contra Habermas lo siguiente:

“Las estructuras sociales no toman la forma de expectativas sobre el comportamiento (y mucho menos consisten en formas concretas de comportarse), sino que toman la forma de expectativas sobre las expectativas” (Luhmann, 1990b, p. 45 [1971, p. 63]).

Sin embargo, esto no se elaboró en desarrollos históricos de expectativas a lo largo de trayectorias diferentes de los mecanismos evolutivos de la generación y evolución de expectativas con referencia a horizontes de significado.

2.2. Una perspectiva neoevolutiva

En la tradición neo-schumpeteriana de la economía evolutiva y los estudios tecnológicos, Dosi (1982) abordó por primera vez la tensión entre trayectorias y regímenes en un artículo titulado “Paradigmas tecnológicos y trayectorias tecnológicas: una interpretación sugerida de los determinantes y direcciones del cambio técnico”. Dosi formuló las relaciones entre trayectorias y regímenes de la siguiente manera:

“Una trayectoria tecnológica, es decir, para repetir, la actividad “normal” de resolución de problemas determinada por un paradigma, puede representarse mediante el movimiento de compensaciones multidimensionales entre las variables tecnológicas que el paradigma define como relevantes. El progreso puede definirse como la mejora de estas compensaciones. Uno podría así imaginar la trayectoria como un “cilindro” en el espacio multidimensional definido por estas variables tecnológicas y económicas. (Así, una trayectoria tecnológica es un grupo de posibles direcciones tecnológicas cuyos límites exteriores están definidos por la naturaleza del propio paradigma)” (Dosi, 1982, p. 154).

“[...] En amplia analogía con la definición kuhniiana de un “paradigma científico”, definiremos un “paradigma tecnológico” “como un “modelo” y un “patrón” de solución de problemas tecnológicos *seleccionados*, basados en principios *seleccionados* derivados de las ciencias naturales. y sobre tecnologías de materiales *seleccionados*” (Dosi, 1982, p. 152).

Téngase en cuenta la especificación de tres entornos de selección. Sin embargo, el programa de investigación de Dosi fue eclipsado por el innovador libro de Nelson y Winter (1982), *Teoría evolutiva del cambio económico*. A diferencia de su agenda anterior que pedía “una teoría útil de la innovación” (Nelson; Winter, 1977), Nelson y Winter (1982) cambiaron el enfoque hacia la empresa como unidad de análisis. Lo formularon de la siguiente manera:

“El corazón del problema de conceptualización discutido en la sección anterior fue caracterizar la generación de innovación como intencional, pero inherentemente estocástica” (Nelson; Winter, 1982, p. 54).

Por lo tanto, abandonaron el enfoque anterior sobre los *entornos de selección* determinista (cf. Nelson; Winter, 1978, p. 64). Casson (1997) señaló que la delineación de los sistemas de innovación en términos institucionales ofrece la ventaja de la compatibilidad con las estadísticas (por ejemplo, nacionales) (Griliches, 1994). Sin embargo, una perspectiva institucional sobre la innovación conduce tarde o temprano a una teoría del emprendimiento en lugar de dar cuenta de la dinámica de la comunicación y la innovación (Carter, 1996; Godin, 2006).

El énfasis en la economía evolutiva se ha puesto cada vez más en las coevoluciones entre la economía regional, la geografía económica y las opciones tecnológicas (Audretsch; Feldman, 1996; Boschma; Balland; Kogler, 2014; Feldman; Storper, 2016). Esta bibliografía sugiere una conformación mutua entre los diversos factores de

La creación y observación de conexiones interdisciplinarias puede utilizarse como un estudio de caso empírico para analizar el papel de las expectativas orientadas hacia el futuro en la dinámica del conocimiento. Para este análisis, es relevante la diferencia en la dirección de la citación

producción de conocimiento, induciendo trayectorias y nichos (Geels; Schot, 2007). Como señalaron Andersen (1992) y Boulding (1978), la perspectiva teórica de la evolución pasó a ser secundaria frente a un enfoque empírico centrado en el desarrollo histórico (Malerba *et al.*, 1999). Este artículo tiene como objetivo restablecer el equilibrio y llamar la atención nuevamente sobre la perspectiva evolutiva.

3. Operacionalización

La creación y observación de conexiones interdisciplinarias puede utilizarse como un estudio de caso empírico para analizar el papel de las expectativas orientadas hacia el futuro en la dinámica del conocimiento. Para este análisis, es relevante la diferencia en la dirección de la citación.

¿Es posible otra perspectiva sobre la “citación” cuando se estudian las referencias (“citantes”) en lugar de las citas (“citadas”) (Garfield, 1964)?; Zitt y Small (2008), por ejemplo, transpusieron la matriz agregada de citas de revista-revista y, así generaron una imagen especular del factor de impacto de la revista (JIF) (Garfield, 1971), al que llamaron “factor de audiencia de la revista”. En una línea similar, Leydesdorff y Ward (2005) sugirieron la “revelación” (*disclosure*) a las audiencias como un objetivo diferente al “impacto”. Mientras que el impacto mide el “envío” a lo largo de la flecha del tiempo, la operación en la dirección opuesta requiere la “revelación” de opciones alternativas.

La figura 1 ilustra la diferencia en la direccionalidad de las co-citas (Marshakova, 1973; Small, 1973) *versus* el acoplamiento bibliográfico (Kessler, 1963). Las co-citas se generan en un proceso histórico; los acoplamientos bibliográficos se basan en el conocimiento y, por lo tanto, están sujetos a la producción y el control organizados del conocimiento (Nonaka; Takeuchi, 1995; Whitley, 1984).

La distinción entre hacer referencia a horizontes de significado y citas como referencias al desempeño pasado no debe equipararse con la distinción entre narración cualitativa versus pruebas cuantitativas. La cuantificación es una cuestión de escalas de medida. Las nuevas ideas primero se desarrollan cualitativamente, pero para probar la hipótesis y a un nivel más agregado se pueden necesitar estadísticas.

En una publicación de blog reciente, Ráfols (2021) sugirió que la interdisciplinariedad se basa en una segunda *direccionalidad* en los datos de citas –“citación”– y no puede ser capturada en análisis unidimensionales de “citacionalidad”. Marrés y De-Rijcke (2020) han propuesto usar “indicar”, como algo diferente a citar o referenciar. “Indicar” se refiere a “horizontes de sentido” (Husserl, [1935/36] 1962) además de informarnos sobre los datos. Si uno desea medir elementos del proceso de “indicar”, también necesitará indicadores que combinen las diferentes direcciones en el análisis de citas.

Mientras que la interdisciplinariedad como co-citación puede interpretarse como una medida de integración interdisciplinar del conocimiento, la interdisciplinariedad como acoplamiento bibliográfico puede interpretarse como una medida de difusión interdisciplinar. Estamos interesados en la interacción de ambas direcciones como un caso empírico de la interacción entre trayectorias y regímenes de selección. Es esta interacción la que puede crear una novedad fundamental en el sistema. ¿Es posible capturar este desarrollo en un indicador integrado de interdisciplinariedad?

4. Explorando indicadores potenciales

4.1. Un conjunto específico

Primero desarrollemos el modelo utilizando una matriz de citas relativamente pequeña entre 24 revistas que citan artículos de la revista *Public understanding of science* (PUS) durante 2019, como ejemplo¹. Las figuras 2 y 3 proporcionan visualizaciones (bastante estándar) de las matrices de co-ocurrencias en las direcciones citadas y citantes, cuando se usa PUS como semilla para mapear los entornos relevantes de citas y referencias. Elegimos PUS porque esta revista está orientada programáticamente hacia el tema que teorizamos.

En la figura 2, PUS tiene una posición periférica como parte de un grupo de revistas pequeñas (incluyendo, por ejemplo, *Science communication* de color amarillo en la figura 2), mientras que esta revista es central en la encrucijada del tráfico de citas entre tres grupos de revistas en la figura 3. Los tres grupos de revistas en la figura 3 indican especialidades que se enfocan en (1) sustentabilidad, (2) comunicación científica y (3) ciencia y política pública, respectivamente.

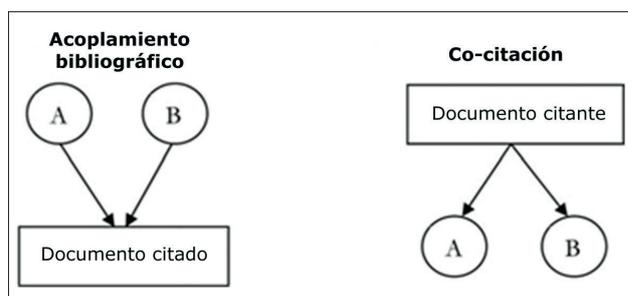


Figura 1. Acoplamiento bibliográfico y cocitación. Fuente: Meireles, Cendon y De-Almeida (2004).

“Mientras que la interdisciplinariedad como co-citación puede interpretarse como una medida de integración interdisciplinar del conocimiento, la interdisciplinariedad como acoplamiento bibliográfico puede interpretarse como una medida de difusión interdisciplinar”

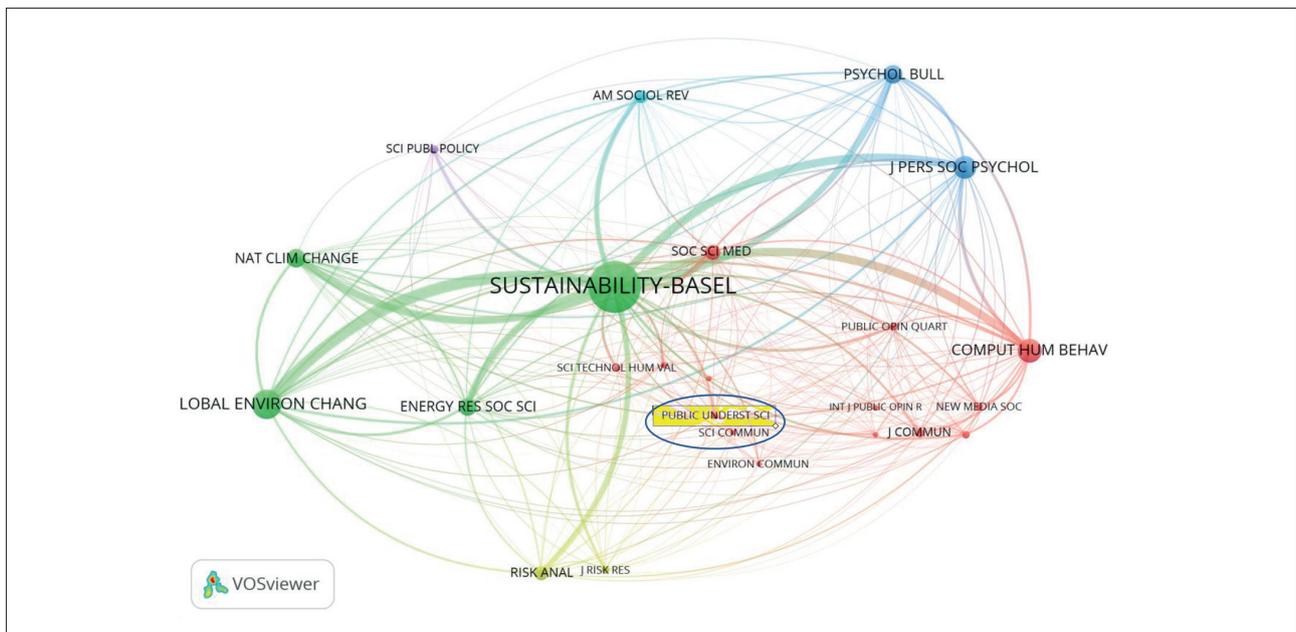


Figura 2. Citas en la dirección citada para *Public understanding of science*, mapeadas y agrupadas usando VOSviewer.

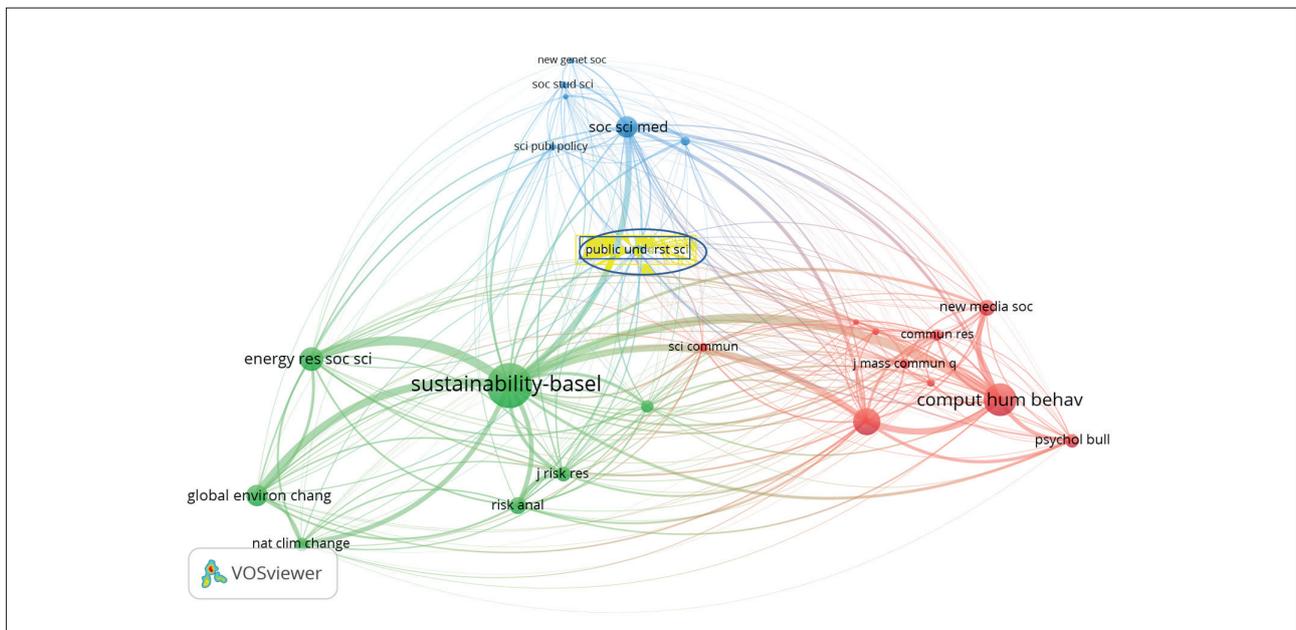


Figura 3. Citas en la dirección de citante para *Public understanding of science*, mapeadas y agrupadas usando VOSviewer.

Las figuras 2 y 3 muestran que *PUS* se cita como una revista especializada en el campo de la “comunicación científica”, pero los artículos publicados en *PUS* citan revistas de diferentes disciplinas en sus entornos relevantes. Sin embargo, un mapeo no es una base suficiente para la evaluación cuantitativa si se desea comparar diferentes grupos o si se desea analizar las relaciones actuales y pasadas entre disciplinas. Esto plantea la pregunta: ¿cómo se pueden indicar las relaciones entre disciplinas desde la perspectiva de las evaluaciones de la investigación *versus* las evaluaciones del conocimiento?

4.2. Operacionalización en términos de indicadores

Uno puede considerar los indicadores en las direcciones citadas y citantes como dos ejes analíticos x e y de un mapa. Por ejemplo, el factor de impacto de la revista (JIF) puede considerarse como un indicador de prestigio y reputación, entre otros posibles indicadores en la dirección “citado”. Más recientemente se han elaborado indicadores para medir la interdisciplinariedad en la dirección “citante” (Råfols; Meyer, 2010; Stirling, 2007; Leydesdorff; Wagner; Bornmann, 2019; Zhang; Rousseau; Glänzel, 2016; Zhang; Leydesdorff, 2021).

El indicador de impacto más directo en la dimensión “citada” es “veces citado” (TC). Una ventaja de este indicador es que se pueden contar las citas y las publicaciones: se pueden sumar y restar recuentos, mientras que los problemas de

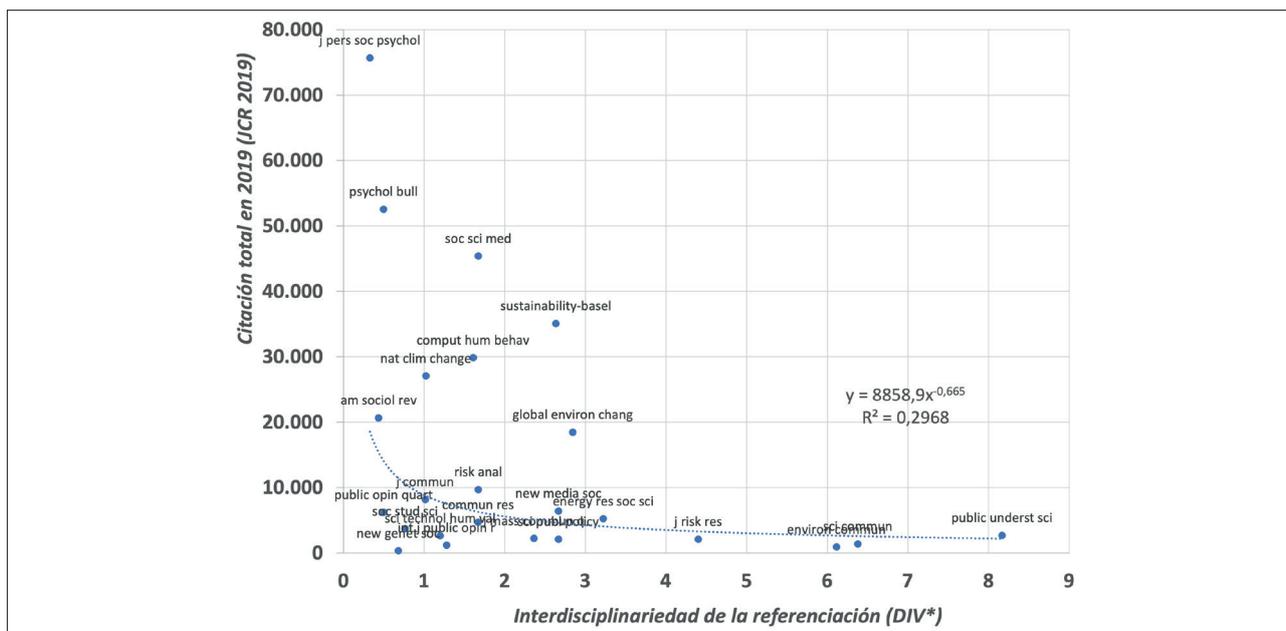


Figura 4. Veinticuatro revistas citadas y citantes por *PUS* durante 2019 en términos de interdisciplinarietà (DIV^*) en el eje x e impacto (veces citados; TC) en el eje y.

normalización pueden desviarnos hacia discusiones sobre estadísticas y bases adecuadas. “Total de citas” (TC) es un indicador que depende del tamaño, mientras que JIF está normalizado por tamaño.

Análogamente, se puede utilizar una variedad de indicadores para medir la interdisciplinarietà. En esta segunda dimensión, elegimos DIV^* (figura 4) como uno de los indicadores avanzados de interdisciplinarietà. Este indicador tiene ventajas cuando se compara con opciones alternativas (Zhang; Leydesdorff, 2021). Como datos utilizamos nuevamente la matriz de 24 revistas en el entorno de citación de la revista *PUS*.

La figura 4 muestra que las distribuciones están sesgadas: algunas de las 24 revistas se especializan en una de las dos dimensiones (a lo largo de los ejes respectivos). Los dos indicadores están inversamente correlacionados (r de Pearson = $-0,38$, $ns.$; ρ de Spearman = $-0,41$, $p < 0,05$): una puntuación alta en TC está relacionada con una puntuación baja en DIV^* . Uno puede encontrar *PUS*, por ejemplo, representado en el extremo derecho a lo largo del eje x ($x = 8,17$), mientras que las revistas de psicología encabezan los rankings a lo largo del eje y ($TC > 50.000$). Más cerca del origen, encontramos revistas temáticamente cercanas a la *PUS*, pero inferiores en interdisciplinarietà. Algunas revistas, como *Global and environmental change* y *Sustainability-Basel*, pueblan el mapa hacia el medio. En estas últimas revistas se indican las compensaciones (*trade-offs*) entre las dos dimensiones. Este análisis revela, por tanto, los diferentes roles de las revistas en términos de teoría de redes sociales –relaciones observables en la historia– y estructuras comunicativas latentes –evolutivas. Esto puede informar la política científica y la orientación potencial de las revistas para la programación prioritaria. Las distancias al origen ($\sqrt{x^2 + y^2}$) proporcionan una estadística dependiente del tamaño.

4.3. Muestra aleatoria

¿La relación inversa encontrada arriba entre las dos dimensiones es específica para *PUS*, o sería estructural y también válida para una muestra aleatoria de revistas extraídas del conjunto de revistas de los *Journal Citations Reports (JCR)* de *Clarivate*? Dado que el cálculo de DIV^* para más de 10.000 revistas lleva mucho tiempo, primero intentamos trabajar con una muestra aleatoria de 100 revistas². Luego (siguiente párrafo), utilizamos datos de 2016, para los cuales los valores de los indicadores estaban disponibles de un proyecto anterior (Leydesdorff *et al.*, 2019).

La figura 5 muestra los resultados usando una muestra aleatoria ($N = 100$), pero por lo demás los mismos métodos que en el caso de la figura 4. Las dos dimensiones son estadísticamente independientes en esta muestra: $r = 0,001$ ($p > 0,99$). Por tanto, podemos concluir en cuanto a la ausencia de correlación o, en otras palabras, de perspectivas ortogonales.

4.4. Conjunto de revistas de los JCR 2016

Los resultados de una muestra aleatoria pueden ser incidentales dada la elección de la muestra. Por lo tanto, ampliamos el análisis a la población de 11.487 revistas en los *JCR 2016*. Los *Journal Citation Reports (JCR)* han proporcionado indicadores de revistas (factores de impacto, etc.) basados en las relaciones de citación entre revistas agregadas anualmente desde mediados de la década de 1970^{3,4}. Los indicadores habituales de revistas se ofrecen con los archivos para los índices básicos de *Clarivate*. Hemos agregado medidas de centralidad –intermediación, cercanía, grado de entrada (*indegree*) y de salida (*outdegree*), y *eigenvector* (tabla 1)– a cada revista en este archivo porque estas medidas de red a veces resultaron ser relevantes para indicar la interdisciplinarietà (Abbasi; Hossain; Leydesdorff, 2012; Leydesdorff, 2007).

La figura 6 muestra la gráfica de componentes bidimensionales. La figura visualiza la ortogonalidad (relativa) entre los dos componentes. El “Total de citas” se correlaciona completamente ($r = 1,0$) con el Factor 1. *DIV** se agrupa con la variedad como segunda dimensión. Utilizando la rotación oblicua, la correlación entre estos dos componentes es 0,232.

5. Discusión y perspectivas adicionales

La discusión anterior y la prueba preliminar de nuestras hipótesis contra datos empíricos exigen la especificación de entornos de selección. La especificación de lo que está evolucionando puede permitirnos ser más precisos (en futuras investigaciones) sobre qué se puede probar y cómo, de modo que el modelo pueda completarse empíricamente. Recordamos que en principio no debe omitirse responder a la pregunta “¿qué está evolucionando?”, por especulativas que puedan ser las respuestas iniciales.

Uno de nuestros objetivos en este estudio fue desentrañar los problemas desde una perspectiva analítica. El análisis de citas puede proporcionarnos modelos de la dinámica (neo)evolutiva. Considerando la cita observable como variación fenotípica, se puede plantear la cuestión de la especificación de entornos de selección relevantes. La selección opera en procesos de “conformación mutua” entre citado y citante en cada momento del tiempo, y dinámicamente como estabilización y globalización en el tiempo. Los mecanismos de selección tienden a desarrollarse ortogonalmente (Maturana, 1978). Sin embargo, los códigos operan como mecanismos de selección unos sobre otros, además de operar sobre la variación. Las estabilizaciones proporcionan una variedad de segundo orden para las globalizaciones como una capa de selecciones de segundo orden.

Nuestro estudio de caso muestra que el análisis de citas que se basa en una sola dirección (ya sea citando o citado) puede pasar por alto la compleja interacción entre los regímenes de variación y selección. Esto es especialmente importante en el caso de los sistemas anticipatorios que redefinen recursivamente los criterios de selección. Por ejemplo, el auge de la investigación interdisciplinaria en las ciencias de la vida ha redefinido por completo la química, la física y la biología.

6. Implicaciones normativas

En una economía basada en el conocimiento, no solo el Estado y las empresas basadas en el conocimiento deberían tener acceso al proceso de producción del conocimiento. Los grupos de ciudadanos y otras partes interesadas pueden ser grupos de referencia relevantes que presentan demanda (variación). Desde la perspectiva de la política de innovación, existe la necesidad de articular la demanda, contrarrestando la orientación hacia la oferta de la academia. En las configuraciones del Modo 2 de las relaciones universidad-industria-gobierno, se necesitan nuevas opciones que resulten de las interacciones entre la generación de novedades (en la academia), la generación de riqueza (en la industria) y la gobernanza.

En otras palabras: la evaluación del papel social del conocimiento no puede basarse en evaluaciones de investigación del desempeño pasado. Cuando uno se enfoca en las interacciones horizontales entre códigos, uno necesita ir más allá de una agenda de evaluación de la investigación hacia una agenda para la evaluación del conocimiento, tanto dentro como fuera de la academia. Esta orientación también permitiría una apreciación más inclusiva de las diferentes formas en que los resultados de la investigación se difunden socialmente. Explorar una agenda más amplia de evaluación del conocimiento puede acompañar el paso de indicadores basados en el desempeño pasado, a indicadores de creación y circulación interdisciplinaria de conocimiento en busca de posibles sinergias.

En una economía basada en el conocimiento, no solo el Estado y las empresas basadas en el conocimiento deberían tener acceso al proceso de producción del conocimiento. Los grupos de ciudadanos y otras partes interesadas pueden ser grupos de referencia relevantes que presentan demanda (variación)

7. Notas

1. Los datos se recuperaron de los *Journal Citation Reports 2019* en *Web of Science (WoS)* de *Clarivate™*.
2. Para hacer una selección aleatoria de una lista sin repeticiones, consultar: <https://www.ablebits.com/office-addins-blog/2020/07/22/random-sample-excel-no-duplicates>
3. De estas 11.467 revistas de los *JCR 2016*, se incluyen en el análisis 11.459 (es decir, el 99,8%).
4. El cálculo de los indicadores de interdisciplinaria y diversidad para 12.185 revistas (*JCR 2019*) requiere mucho tiempo computacional. Primero intentamos trabajar con una muestra aleatoria, pero los resultados no fueron claros.

Tabla 2. Solución de dos factores (sin las medidas de centralidad)

	Componente reescalado	
	1	2
Citas totales	1.000	.232
jif-2	.385	.165
DIV*	.515	.953
variedad	.460	.950
Shannon	.138	.547
Gini	.291	.445
Simpson		.183
Rao-Stirling		.167

8. Referencias

- Abbasi, Alireza; Hossain, Liaquat; Leydesdorff, Loet** (2012). "Betweenness centrality as a driver of preferential attachment in the evolution of research collaboration networks". *Journal of informetrics*, v. 6, n. 3, pp. 403-412. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2012.01.002>
- Andersen, Esben-Sloth** (1992). *Artificial economic evolution and Schumpeter*. Aalborg: Institute for Production, University of Aalborg.
- Audretsch, David B.; Feldman, Maryann P.** (1996). "R&D spillovers and the geography of innovation and production". *The American economic review*, v. 86, n. 3, pp. 630-640. <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-8282%28199606%2986%3A3%3C630%3ARSATGO%3E2.0.CO%3B2-Z>
- Bak, Per; Tang, Chao; Wiesenfeld, Kurt** (1987). "Self-organized criticality: An explanation of the 1/f noise". *Physical review letters*, v. 59, n. 4, pp. 381-384. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.59.381>
- Boschma, Ron; Balland, Pierre-Alexandre; Kogler, Dieter** (2014). *Relatedness and technological change in cities: The rise and fall of technological knowledge in U.S. metropolitan areas from 1981 to 2010*. No 1316, Papers in evolutionary economic geography (PEEG), Utrecht University, Department of Human Geography and Spatial Planning, Group Economic Geography. <https://econpapers.repec.org/paper/eguwpaper/1316.htm>
- Boulding, Elise** (1978). "Futuristics and the imaging capacity of the West". In: Maruyama, Magoroh; Harkins, Arthur M. (eds.). *Cultures of the future*. De Gruyter Mouton. <https://doi.org/10.1515/9783110800067>
- Brooks, Daniel R.; Wiley, Edward O.** (1986). *Evolution as entropy*. Chicago/London: University of Chicago Press. ISBN: 978 0 226075747
- Bruckner, Eberhard; Ebeling, Werner O.; Miguel A. Jiménez-Montano; Scharnhorst, Andrea** (1994). "Hyperselection and innovation described by a stochastic model of technological evolution". In: Leydesdorff, Loet; Van-den-Besselaar, Peter (eds.). *Evolutionary economics and chaos theory: New directions in technology studies*, pp. 79-90. London: Pinter. ISBN: 978 0 312122188
- Carter, Vicki** (1996). "Do media influence learning? Revisiting the debate in the context of distance education". *Open learning: The journal of open, distance and e-learning*, v. 11, n. 1, pp. 31-40. <https://doi.org/10.1080/0268051960110104>
- Casson, Mark** (1997). *Information and organization: A new perspective on the theory of the firm*. Oxford: Clarendon Press. ISBN: 978 0 198297802
- Dosi, Giovanni** (1982). "Technological paradigms and technological trajectories: A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change". *Research policy*, v. 11, n. 3, pp. 147-162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)
- Feldman, Maryann; Storper, Michael** (2016). *Economic growth and economic development: Geographic dimensions, definition & disparities*. https://maryannfeldman.web.unc.edu/wp-content/uploads/sites/1774/2011/11/Economic_Growth_and_Economic_Development_2016_Feldman_Storper.pdf
- Fujigaki, Yuko** (1998). "Filling the gap between discussions on science and scientists' everyday activities: Applying the autopoiesis system theory to scientific knowledge". *Social science information*, v. 37, n. 1, pp. 5-22. <https://doi.org/10.1177/053901898037001001>
- Garfield, Eugene** (1964). "Science Citation Index - A new dimension in indexing". *Science*, v. 144, n. 3619, pp. 649-654. <https://doi.org/10.1126/science.144.3619.649>
- Garfield, Eugene** (1971). "The mystery of the transposed journal lists - wherein Bradford's Law of Scattering is generalized according to Garfield's Law of Concentration". *Current contents*, v. 3, n. 33, pp. 5-6. Reprinted in *Essays of an information scientist*, v. 1. Philadelphia: ISI Press, pp. 222-223, 1977. <http://www.garfield.library.upenn.edu/essays/V1p222y1962-73.pdf>
- Gibbons, Michael; Limoges, Camille; Nowotny, Helga; Schwartzman, Simon; Scott, Peter; Trow, Martin** (1994). *The New production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage. ISBN: 978 0 803977945
- Giddens, Anthony** (1984). *The constitution of society*. Cambridge: Polity Press. ISBN: 978 0 520057289
- Gleick, James** (2011). *The information: A history, a theory, a flood*. Knopf Doubleday Publishing Group. ISBN: 978 0 307 37957 3

- Godin, Benoît** (2006). "The knowledge-based economy: Conceptual framework or buzzword?". *Journal of technology transfer*, v. 31, n. 1, pp. 17-30.
<https://doi.org/10.1007/s10961-005-5010-x>
- Griliches, Zvi** (1994). "Explanations of productivity growth: Is the glass half-empty?". *American economic review*, v. 84, n. 1.
- Husserl, Edmund** ([1935/36] 1962). *Die Krisis der Europäischen Wissenschaften und die Transzendente Phänomenologie*. Den Haag: Martinus Nijhoff. ISBN: 978 9401013369
- Ivanova, Inga A.; Leydesdorff, Loet** (2014). "Rotational symmetry and the transformation of innovation systems in a triple helix of university-industry-government relations". *Technological forecasting and social change*, v. 86, pp. 143-156.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.022>
- Kessler, Maxwell-Mirton** (1963). "Bibliographic coupling between scientific papers". *American documentation*, v. 14, n. 1, pp. 10-25.
<https://doi.org/10.1002/asi.5090140103>
- Kuhn, Thomas S.** (1977). *The essential tension: Selected studies in scientific tradition and change*. Chicago: University of Chicago Press. ISBN: 978 0 226458052
- Langford, Cooper H.; Hall, Jeremy K.** (2005). "Complexity in cluster development: Towards an evolutionary theory to guide policy development".
<https://www.semanticscholar.org/paper/49cd670d11aafc8d2e20df0ce3ade7bd2b1ec7ef>
- Langford, Cooper H.; Hall, Jeremy K.; Josty, Peter; Matos, Stelvia; Jacobson, A.** (2006). "Indicators and outcomes of Canadian university research: Proxies becoming goals?". *Research policy*, v. 35, n. 10, pp. 1586-1598.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.09.021>
- Leydesdorff, Loet** (2000). "Luhmann, Habermas and the theory of communication". *Systems research and behavioral science*, v. 17, n. 3, pp. 273-288.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1743\(200005/06\)17:3<273::AID-SRES329>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1743(200005/06)17:3<273::AID-SRES329>3.0.CO;2-R)
- Leydesdorff, Loet** (2007). "Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 58, n. 9, pp. 1303-1319.
<https://doi.org/10.1002/asi.20614>
- Leydesdorff, Loet; Ivanova, Inga A.** (2014). "Mutual redundancies in interhuman communication systems: Steps toward a calculus of processing meaning". *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 65, n. 2, pp. 386-399.
<https://doi.org/10.1002/asi.22973>
- Leydesdorff, Loet; Ivanova, Inga A.** (2021). "The measurement of 'interdisciplinarity' and 'synergy' in scientific and extra-scientific collaborations". *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 72, pp. 347-402.
<https://doi.org/10.1002/asi.24416>
- Leydesdorff, Loet; Ràfols, Ismael; Milojević, Staša** (2020). "Bridging the divide between qualitative and quantitative science studies". *Quantitative science studies*, v. 1, n. 3, pp. 918-926.
https://doi.org/10.1162/qss_e_00061
- Leydesdorff, Loet; Wagner, Caroline S.; Bornmann, Lutz** (2018). "Discontinuities in citation relations among journals: Self-organized criticality as a model of scientific revolutions and change". *Scientometrics*, v. 116, n. 1, pp. 623-644.
<https://doi.org/10.1007/s11192-018-2734-6>
- Leydesdorff, Loet; Wagner, Caroline S.; Bornmann, Lutz** (2019). "Interdisciplinarity as diversity in citation patterns among journals: Rao-Stirling diversity, relative variety, and the Gini coefficient". *Journal of informetrics*, v. 13, n. 1, pp. 255-269.
<https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.12.006>
- Leydesdorff, Loet; Wagner, Caroline S.; Zhang, Lin** (2021). "Are university rankings statistically significant? A comparison among Chinese universities and with the USA". *Journal of data and information science*, v. 6, n. 2, pp. 67-95.
<https://doi.org/10.2478/jdis-2021-0014>
- Leydesdorff, Loet; Ward, Janelle** (2005). "Science shops: a kaleidoscope of science–society collaborations in Europe". *Public understanding of science*, v. 14, n. 4.
<https://doi.org/10.1177/0963662505056612>
- Li, Tien-Yien; Yorke, James A.** (1975). "Period three implies chaos". *The American mathematical monthly*, v. 82, n. 10, pp. 985-992.

- Luhmann, Niklas** (1990a). "The cognitive program of constructivism and a reality that remains unknown". In: W. Krohn; G. Küppers; H. Nowotny (eds.). *Selforganization. Portrait of a scientific revolution*, pp. 64-85. Dordrecht: Reidel. ISBN: 978 9 048140732
<https://luhmann.ir/wp-content/uploads/2021/07/The-Cognitive-Program-of-Constructivism-and-a-Reality-that-Remains-Unknown.pdf>
- Luhmann, Niklas** (1990b). *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp. ISBN: 978 3 18580653
- Luhmann, Niklas** (1996). "On the scientific context of the concept of communication". *Social science information*, v. 35, n. 2, pp. 257-267.
<https://doi.org/10.1177/053901896035002005>
- Luhmann, Niklas** (2012). *Theory of society*, v. 1. Stanford, CA: Stanford University Press. ISBN: 978 0 804739504
- Malerba, Franco; Nelson, Richard; Orsenigo, Luigi; Winter, Sidney G.** (1999). "'History-friendly' models of industry evolution: The computer industry". *Industrial and corporate change*, v. 8, n. 1, pp. 3-35.
<https://doi.org/10.1093/icc/8.1.3>
- Marres, Noortje; De-Rijcke, Sarah** (2020). "From indicators to indicating interdisciplinarity: A participatory mapping methodology for research communities in-the-making". *Quantitative science studies*, v. 1, n. 3, pp. 1041-1055.
https://doi.org/10.1162/qss_a_00062
- Marshakova, Irena V.** (1973). "Bibliographic coupling system based on references". *Nauchno-Tekhnicheskaya informat-siya seriya, Ser. 2*, n. 6, pp. 3-8.
- Maturana, Humberto R.** (1978). "Biology of language: the epistemology of reality". In: Miller, George A.; Lenneberg, Elizabeth (eds.). *Psychology and biology of language and thought. Essays in honor of Eric Lenneberg* (pp. 27-63). New York: Academic Press. ISBN: 978 1 483258140
<https://sites.evergreen.edu/arunchandra/wp-content/uploads/sites/395/2018/05/BofLanguage.pdf>
- Meireles, Magali-Rezende-Gouvea; Valadares-Cendon, Beatriz; De-Almeida, Paulo E. M.** (2014). "Bibliometric knowledge organization: A domain analytic method using artificial neural network". *Knowledge organization*, v. 41.
<https://doi.org/10.5771/0943-7444-2014-2-145>
- Nelson, Richard R.; Winter, Sidney G.** (1977). "In search of useful theory of innovation". *Research policy*, v. 6, n. 1, pp. 35-76.
[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(77\)90029-4](https://doi.org/10.1016/0048-7333(77)90029-4)
- Nelson, Richard R.; Winter, Sidney G.** (1982). *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press. ISBN: 978 0 674272286
- Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka** (1995). *The knowledge creating company*. Oxford/New York: Oxford University Press. ISBN: 978 0 195092691
- Petersen, Alexander M.; Rotolo, Daniele; Leydesdorff, Loet** (2016). "A triple helix model of medical innovations: supply, demand, and technological capabilities in terms of Medical Subject Headings". *Research policy*, v. 45, n. 3, pp. 666-681.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.12.004>
- Popper, Karl R.** ([1935] 1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson. ISBN: 978 0 091117214
- Ràfols, Ismael** (2021). "'Measuring' interdisciplinarity: from indicators to indicating". *Integration and implementation insights* (blogpost).
<https://i2insights.org/2021/2002/2009/measuring-interdisciplinarity>
- Ràfols, Ismael; Leydesdorff, Loet; O'Hare, Alice; Nightingale, Paul; Stirling, Andy** (2012). "How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between innovation studies and business and management". *Research policy*, v. 41, n. 7, pp. 1262-1282.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.03.015>
- Ràfols, Ismael; Meyer, Martin** (2010). "Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: Case studies in bionanoscience". *Scientometrics*, v. 82, n. 2, pp. 263-287.
<https://doi.org/10.1007/s11192-009-0041-y>
- Sahal, Devendra** (1981). *Patterns of technological innovation*. Addison-Wesley. ISBN: 978 0 201066302
- Schumpeter, Joseph A.** (1939). *Business cycles. A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process*.
<https://www.mises.at/static/literatur/Buch/schumpeter-business-cycles-a-theoretical-historical-and-statistical-analysis-of-the-capitalist-process.pdf>
- Shannon, Claude E.** (1948). "A mathematical theory of communication". *The Bell System technical journal*, v. 27, n. 3, pp. 379-423.
<https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>

Small, Henry (1973). "Co-citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents". *Journal of the American Society for Information Science*, v. 24, n. 4, pp. 265-269.

<https://doi.org/10.1002/asi.4630240406>

Stirling, Andy (2007). "A general framework for analysing diversity in science, technology and society". *Journal of the Royal Society interface*, v. 4, n. 15, pp. 707-719.

<https://doi.org/10.1098/rsif.2007.0213>

Whitley, Richard D. (1984). *The intellectual and social organization of the sciences*. Oxford: Oxford University Press. ISBN: 978 0 199240456

Zhang, Lin; Leydesdorff, Loet (2021). "The scientometric measurement of interdisciplinarity and diversity in research portfolios of Chinese universities". *Journal of data and information science*, v. 6, n. 4, pp. 13-35.

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3798519

Zhang, Lin; Rousseau, Ronald; Glänzel, Wolfgang (2016). "Diversity of references as an indicator of the interdisciplinarity of journals: Taking similarity between subject fields into account". *Journal of the Association for Information Science and Technology*, v. 67, n. 5, pp. 1257-1265.

<https://doi.org/10.1002/asi.23487>

Zitt, Michel; Small, Henry (2008). "Modifying the journal impact factor by fractional citation weighting: The audience factor". *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 59, n. 11, pp. 1856-1860.

<https://doi.org/10.1002/asi.20880>

iralis®

International Registry for Authors:
Links to Identify Scientists

¡Ni un día más sin decidir tu firma!

Inscríbete en <http://iralis.org>

es:

- una **guía** para los autores hispanos para que firmen sus trabajos en el formato internacional usual
- una **base de datos** que registra las variantes de firma usadas por cada autor en diferentes épocas
- un **buscador** que usa automáticamente todas las variantes registradas

**El formato de
firma internacional**

Con el apoyo de:

Profesional de la
información

