

Revista Española de Documentación Científica, Vol. 25, No 4 (2002)

Estudios

Jane M. Russell, Sofía Liberman. Desarrollo de las bases de un modelo de comunicación de la producción científica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Vol. 25, No.4 (2002), pp. 361-370

María Teresa Fernández, Fernanda Morillo, María Bordons, Isabel Gómez. Estudio bibliométrico de un área científico- tecnológica del Plan Nacional de Investigación de España (2000-2003). Vol. 25, No.4 (2002), pp. 371-385

Ana María Ramírez, J. Antonio del Río, Jane M. Russell. Hacia la evaluación cuantitativa de instituciones multidisciplinares. Vol. 25, No.4 (2002), pp.387-394

Francisco Collazo Reyes. Dinámica de la literatura citada en la Física mexicana en el período de mayor crecimiento. Vol. 25, No.4 (2002), pp.395-407

M^a Elena Luna Morales, Francisco Collazo Reyes. El síndrome «big science» y su influencia en el proceso de maduración de la Física mexicana de partículas elementales. Vol. 25, No.4 (2002), pp.409-420

Elías Sanz Casado, Carmen Martín, Mariano Maura, Beatriz Rodríguez, Carlos García-Zorita, María Luisa Lascuraín. Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en Ciencias Químicas durante el período 1992-1999. Vol. 25, No.4 (2002), pp.421-432

C. A. Macías-Chapula, A. Mijangos-Nolasco, J. J. Eguía Lis-Márquez, M. E. Ramírez Godoy, G. García-Hernández. Análisis bibliométrico de la literatura publicada sobre SIDA en el Sur de África. Vol. 25, No.4 (2002), pp.433-441

Elías Sanz Casado, Federico Castro, Elisa Povedano, Antonio Hernández, Carmen Martín, José Morillo-Velarde, Carlos García-Zorita, José Luis de la Nuez, María Jesús Fuentes. Creación de un índice de citas de revistas españolas de Humanidades para el estudio de la actividad investigadora de los científicos de estas disciplinas. Vol. 25, No.4 (2002), pp.443-454

Valeria E. Molteni, María Ángeles Zulueta. Análisis de la visibilidad internacional de la producción científica argentina en las bases de datos SSCI y A & HCI en la década de 1990-2000: estudio bibliométrico. Vol. 25, No.4 (2002), pp.455-465

E. O. García, J. Antonio del Río, Ana María Ramírez. Análisis de la relevancia de las revistas latinoamericanas a través de un factor de impacto renormalizado. Vol. 25,

No.4 (2002), pp.467-476

Gilberto Sotolongo Aguilar, M^a Victoria Guzmán Sánchez, Humberto Carrillo.
ViBlioSOM: Visualización de información bibliométrica mediante el mapeo
autoorganizado. Vol. 25, No.4 (2002), pp.477-484

DESARROLLO DE LAS BASES DE UN MODELO DE COMUNICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)

Jane M. Russell*, Sofía Liberman**

Resumen: Se buscó elaborar las bases de un modelo de comunicación científica que permitiera demostrar las diferencias entre los patrones de comunicación de la producción científica en diferentes disciplinas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Partiendo de la producción presentada por las diferentes dependencias de investigación de la UNAM en los informes anuales institucionales 1997-2000, así como a través de un análisis de su presencia en bases de datos regionales e internacionales 1997-1999. Fue posible asentar las bases para el desarrollo de modelos de la comunicación de la producción científica en las cinco áreas grandes del conocimiento: Ciencias Exactas, Ciencias Naturales, Ciencias Aplicadas, Ciencias Sociales, y Humanidades. Los investigadores de las áreas de ciencias exactas, naturales, y aplicadas publican principalmente a través de artículos en revistas arbitradas a nivel internacional por lo tanto su producción tiene una fuerte representación en las bases de datos de corriente principal. En cambio, los investigadores de las ciencias sociales y humanidades dan igual importancia a la publicación en capítulos de libro y en libros que a la disseminación de sus resultados en revistas. A diferencia de las ciencias, los investigadores de las áreas sociales y humanísticas muestran preferencia por las revistas regionales como atestigua su presencia en las bases de datos regionales y escasa presencia en las internacionales. Concluimos que los patrones de investigación varían entre las principales áreas del conocimiento.

Palabras clave: Comunicación científica; producción científica; México

Abstract: The object of the present study was to develop a model to describe the communication patterns for the scientific publications of researchers in different disciplines affiliated to the National University of Mexico (UNAM). Using information on the scientific production of the different research institutes and centres published in the annual reports of the UNAM from 1997-2000 and analysing its presence in regional and international databases from 1997-1999, it was possible to establish the basis for the development of models in five main areas of knowledge: Exact Sciences; Natural Sciences; Applied Sciences; Social Sciences and the Humanities. Researchers from the first three areas published mainly in articles from international, peer-reviewed journals and, consequently, their production was highly visible in mainstream databases. On the other hand, researchers from the social sciences and humanities give equal weight to publication in

* Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas. UNAM. México.
Correo-e: jrussell@servidor.unam.mx.

** Facultad de Psicología. UNAM. Mexico. Correo-e: liberman@servidor.unam.mx.

books and in book chapters as they do to publication in journals. Unlike researchers in the hard sciences, social scientists and those working in the humanities prefer regional journals as shown by a strong presence in regional databases and low representation in the international databases. Therefore we conclude that communication patterns are different between the main areas of knowledge as previously defined.

Keywords: Communication in science; scientific production; Mexico

1 Introducción

La productividad científica se refleja en las comunicaciones formales via publicaciones avaladas por el mismo sistema científico. Este sistema está constituido por las instituciones, asociaciones y colegios de científicos que, con el fin de evaluar la calidad y relevancia de los productos, han generado un conjunto de normas y reglas de lo que se espera para ser un buen científico, con una posición reconocida en la estructura organizacional de la ciencia y con acceso igual a los recursos y oportunidades de reconocimiento y financiamiento.

En teoría este esquema es aplicable de igual manera en todas las disciplinas y organizaciones científicas en todo el mundo, pero en la realidad, sólo algunos aspectos de este esquema prevalecen a través de las fronteras geográficas y del conocimiento. Esto se debe a que a lo largo de la historia, el significado de las palabras ‘ciencia’ y ‘científico’, se ha modificado haciendo una distinción entre ciencias, refiriéndose a ciencias naturales y exactas como las ciencias duras, y entre humanidades y ciencias sociales como las ciencias blandas. Esta distinción se funda en las diferentes concepciones que tienen las disciplinas al aplicar el método científico, a la forma en que se obtienen los datos, a la forma en que son publicados y a su aplicabilidad.

Aún no ha concluido el debate entre estos dos grandes grupos de científicos acerca de la científicidad de las ciencias sociales. Peor aún es el cuestionamiento que subsiste hoy en día en cuanto a la utilidad de los estudios sociales, en el medio de los científicos ‘duros’. Por ejemplo, los psicólogos piensan que son científicos y los físicos piensan que el trabajo de los psicólogos depende totalmente de la subjetividad y la percepción del investigador. Esta disyuntiva afecta a la forma en que se hacen las reglas y normas para evaluar quién es un buen científico y también afecta la comunicación formal entre científicos.

Si nos detenemos a observar las políticas científicas, en países no industrializados en los que se importa la tecnología, la producción científica no ocupa un lugar preponderante en la economía y por lo mismo no puede ser evaluada con las mismas medidas que en los países donde el conocimiento científico tiene aplicación tecnológica inmediata y los gobiernos le han dado mayor preponderancia presupuestaria a la productividad científica y a la educación superior. Los canales de comunicación formal en los países no industrializados no tienen ni el presupuesto ni la difusión necesaria para lograr los niveles de ciencia de primer mundo.

La necesidad de formular esquemas apropiados para la evaluación de las actividades de investigación en los países en desarrollo es paralela a la necesidad de establecer criterios para la repartición de los recursos ya que éstos no serán suficientes. Las formas de financiamiento no son equivalentes en todos los países y mucho menos en todas las disciplinas.

En las ciencias naturales y aplicadas existe una tendencia a dar crédito a los colaboradores en el laboratorio, por lo cual se ha observado que los patrones de comunicación varían debido a los objetos de estudio, a los métodos utilizados y a las formas de comunicar los resultados. Debido a estas diferencias, las elecciones de los canales de comunicación formal entre científicos son también muy variadas, de tal forma que existen modalidades diferentes y tiempo diferente para cada especialidad.

Los modelos tradicionales de comunicación científica hacen uso de los artículos de revista (1) que en un formato sencillo y resumido presentan los resultados que muchas veces están sustentados en un análisis estadístico o matemático que permite que sean rápidamente evaluados por pares. Los métodos de observación cualitativos en ciencias sociales, por ejemplo, no siempre pueden ser representados en forma numérica, por ello los científicos en estas disciplinas tienden a producir libros u otras formas de comunicar sus resultados expresados a través de un modelo teórico cuyas propuestas permiten ampliar el análisis conceptualmente para futuras observaciones.

Hemos observado que los criterios para determinar la originalidad, la significancia o relevancia de los productos científicos no tienen actualmente la precisión necesaria y no diferencian entre las especialidades, por ello es imprescindible conocer los canales formales de comunicación en estos ámbitos y buscar formas o modelos que estén basados en conocimiento preciso acerca de las diferencias en las disciplinas.

El objetivo de este estudio es el de identificar los medios de comunicación formal de los científicos de la UNAM en las diferentes áreas del conocimiento y determinar los productos de la investigación en cada caso. Partimos del supuesto que la determinación de los diferentes patrones de comportamiento comunicativo formal en las diferentes disciplinas científicas de la UNAM servirá de base para el desarrollo de un modelo o modelos de comunicación de la producción científica de los investigadores de las diferentes áreas del conocimiento. Asimismo, podremos confirmar que existen diferencias en la elección de canales de comunicación entre diferentes disciplinas. Para esta finalidad se analizó la producción de diferentes dependencias de investigación de la UNAM en los informes anuales institucionales, así como a través de un análisis de su presencia en bases de datos regionales e internacionales.

2 Metodología

Estudio de caso

Para seleccionar las dependencias a estudiar se hizo un análisis previo de su presencia en los informes anuales de la UNAM en los años 1997-2000. No todas las dependencias están representadas en cada año a pesar de la supuesta obligación del director de cada dependencia de entregar su información anualmente a la Dirección General de Estadística y Desarrollo Institucional (DGEDI), instancia responsable de la recopilación y difusión de la información institucional a través de las Agendas Estadísticas de la UNAM. Por tanto, cada una de las cinco grandes áreas del conocimiento humano (Ciencias Exactas, Ciencias Naturales, Ciencias Aplicadas, Ciencias Sociales y Humanidades) fueron representados por dos dependencias en cada caso (tabla I).

El número total de investigadores en las ciencias exactas, naturales y aplicadas de los institutos y centros de investigación de la UNAM en el año de 1999 fueron 1.263 y

Tabla I
Estudios de caso

Área	Dependencia de la UNAM	Inv.*
CIENCIAS EXACTAS	Instituto de Física	105
	Instituto de Matemáticas	75
CIENCIAS NATURALES	Instituto de Geología	63
	Instituto de Química	64
CIENCIAS APLICADAS	Instituto de Biotecnología	83
	Instituto de Ingeniería	79
CIENCIAS SOCIALES	Instituto de Investigaciones Antropológicas	42
	Instituto de Investigaciones Económicas	79
HUMANIDADES	Instituto de Investigaciones Filológicas	110
	Instituto de Investigaciones Históricas	37

* Número de investigadores 1999.

Fuente de datos: Agenda estadística de la UNAM 1999.

en las dependencias de los campos de ciencias sociales, artes y humanidades, 684. Por lo tanto los 469 investigadores de las dependencias científicas en el presente estudio representaban un poco menos del 40% del total, igual que los 268 investigadores de las dependencias de las humanidades.

Fuente de datos

El estudio tuvo dos enfoques. En primer lugar el análisis de los canales formales de comunicación de las dependencias de la UNAM en las diferentes áreas a través de la consulta a los informes institucionales 1997-2000. En segundo lugar, se hizo el análisis de la producción científica de las dependencias de la muestra en las bases de datos internacionales (*Science Citation Index*, *Social Sciences Citation Index*, *Arts and Humanities Citation Index*) y regionales (*Periódica* y *Clase*) 1997-1999.

Informes institucionales: Los datos correspondientes a los años 1997-1999 se recabaron de las Agendas Estadísticas de la UNAM 1998-2000. Para los datos del año 2000 se consultó una base de datos en ACCESS proporcionada por la DGEDI lo cual permitió hacer un análisis más profundo de los documentos publicados en ese año.

Bases de datos: Los registros se recuperaron de los discos compactos de los tres índices de citas, *Science Citation Index*, *Social Sciences Citation Index* y *Humanities and Arts Citation Index* del ISI (Institute for Scientific Information) de Filadelfia, a través de la palabra «Mexico» en el campo de institución. Se trabajaron estos registros en una base en ACCESS para identificar los correspondientes a la UNAM y después las dependencias en estudio. Como es bien sabido estos índices cubren la literatura de corriente principal y por ende toman en cuenta pocas revistas latinoamericanas. Para analizar la presencia de la producción en revistas regionales se utilizaron las bases de datos *Periódica* y *Clase*. *Periódica* cubre unos 1.400 títulos de revistas latinoamericana-

nas en ciencia y *Clase* un número semejante de revistas regionales en ciencias sociales, artes y humanidades (2). Estas bases se producen en la UNAM desde hace treinta años. Los registros correspondientes a los autores de la UNAM en las dos bases fueron proporcionados por el editor de las bases y manipulados en ACCESS.

3 Resultados

La producción acumulada de artículos, capítulos de libros y libros de 1997-2000 de las cinco áreas del conocimiento, se muestra en la tabla II. Estos documentos abarcan los principales productos de la investigación de los diferentes campos del conocimiento. Es evidente la importancia del artículo para comunicar resultados en las áreas exactas, naturales y aplicadas con porcentajes mayores al 80%. En las ciencias sociales y las humanidades los libros y los capítulos en libros cobran una mayor importancia que en las áreas más duras, no obstante los artículos representan alrededor de un 45% de los documentos publicados aun en las áreas blandas.

Tabla II
Producción de artículos, capítulos en libros y libros 1997-2000

	<i>Arts.</i>	<i>%arts.</i>	<i>Caps.</i>	<i>%caps.</i>	<i>Libros</i>	<i>%libros</i>	<i>Total</i>
Exactas	1.056	89,19%	80	6,76%	47	3,97%	1.184
Naturales*	782	94,33%	38	4,58%	9	1,09%	829
Aplicadas**	582	81,86%	120	16,88%	9	1,27%	711
Sociales	340	44,21%	273	35,50%	156	20,29%	769
Humanidades	500	44,80%	363	32,53%	253	22,67%	1.116

* Se calcularon los datos del Instituto de Química 1999 basados en la producción promedio de 1997-8 y 2000.

** Se calcularon los datos del Instituto de Ingeniería 1999 basados en la producción promedio de 1997-8 y 2000.

Fuente de datos: Agendas estadísticas de la UNAM 1998,1999 y 2000. Base de datos DGEDI-UNAM 2000.

Al revisar los patrones de publicación con respecto a estos tres tipos de documentos para los años 1997-2000 en las diferentes áreas (figura 1) se observan pocas diferencias entre años lo cual implica que los patrones se mantuvieron constantes.

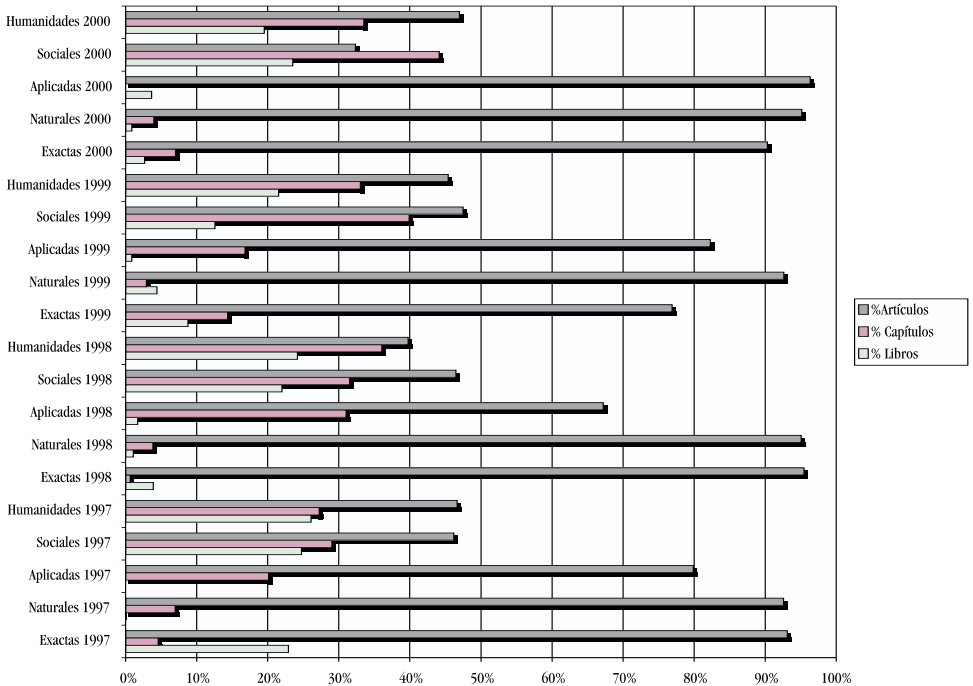
En la figura 2 se aprecia que la producción de los investigadores de la UNAM está representada por toda una gama de productos. Sin embargo, con las excepciones de los artículos en memorias (total de 329) y los artículos en periódicos (132), son los artículos en revistas arbitradas (815), los capítulos en libros (200) y los libros (112) los productos más frecuentes.

La producción de las ciencias exactas, naturales y aplicadas está mucho mejor representada en la base de datos internacional de *Science Citation Index* (SCI) que en la regional, *Periódica* (tabla III). En el caso de las ciencias sociales y las humanidades hay mayor producción en la base de datos regional, *Clase*, que en las internacionales, *Social Sciences Citation Index* (SCI) y *Arts and Humanities Citation Index* (AHCI). En las

Tabla III
Presencia de los documentos en bases nacionales e internacionales 1997-1999

	<i>SCI</i>	<i>Periódica</i>	<i>SSCI</i>	<i>AHCI</i>	<i>Clase</i>
Exactas	719	47	0	3	1
Naturales	473	62	0	0	0
Aplicadas	317	17	5	1	10
Sociales	12	12	7	10	93
Humanidades	0	0	0	17	78

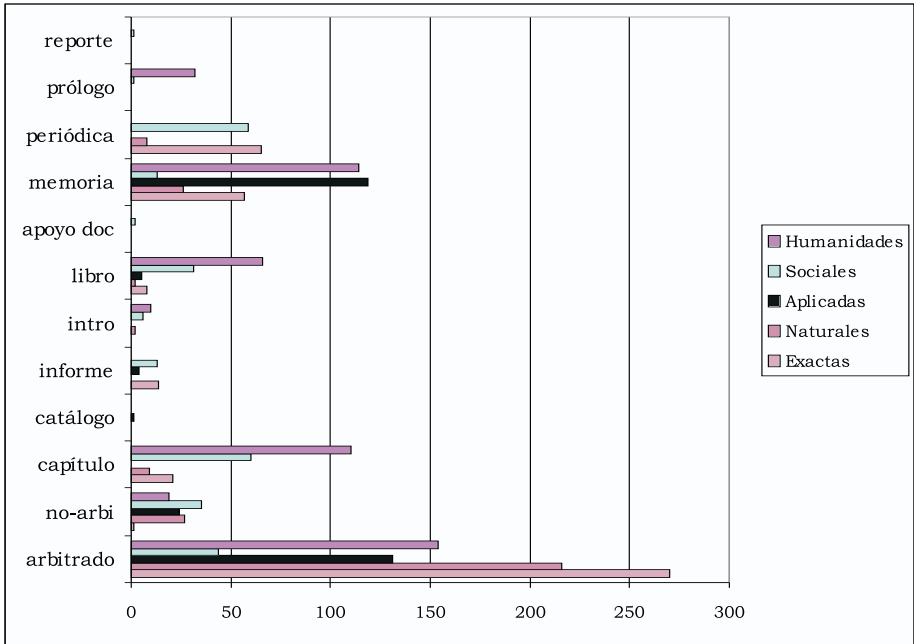
Figura 1
Distribución de artículos, capítulos en libros y libros según el área 1997-2000



Fuente de datos: Agendas estadísticas de la UNAM 1998-2000 y base de datos DGEDI-UNAM 2000. Se calcularon los datos del Instituto de Química y del Instituto de Ingeniería para 1999 basados en la producción promedio de 1997-8 y 2000.

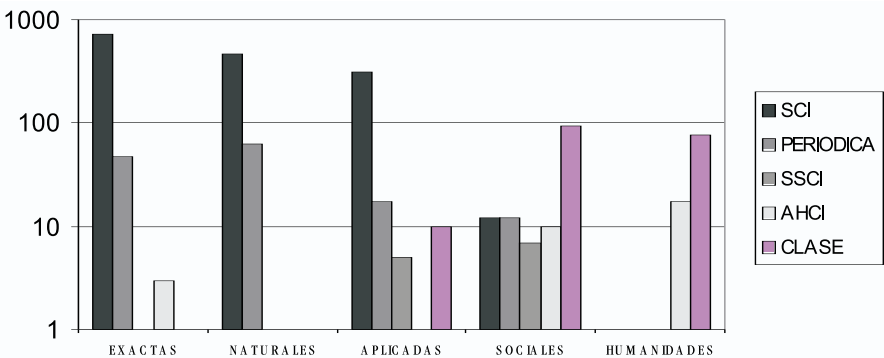
ciencias exactas, naturales y aplicadas la producción visible a través del SCI se dispara mucho con respecto a las otras bases (figura 3). En cambio la producción de las dependencias en las áreas sociales se encuentra dispersa entre todas las bases tanto científicas como en los campos blandos, pero con mayor concentración en la base regional de *Clase*.

Figura 2
Distribución de los documentos por áreas de conocimiento 2000



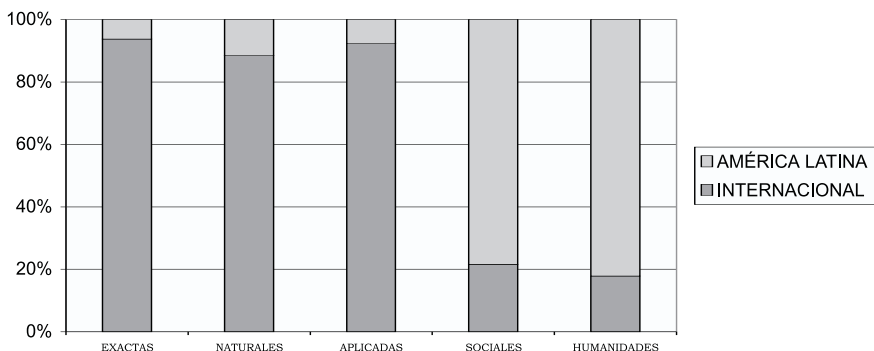
Fuente de datos: Base de datos DGEDI-UNAM 2000.

Figura 3
Presencia de los documentos por áreas de conocimiento en bases nacionales e internacionales 1997-1999



La figura 4 demuestra claramente que las áreas científicas y aplicadas tienen una fuerte presencia en las bases internacionales sobre las regionales. En cambio las áreas sociales y humanísticas están mejor representadas en las bases regionales.

Figura 4
Presencia de los documentos por áreas de conocimiento en bases internacionales y regionales 1997-1999



4 Discusión

Hay varias tendencias que resaltan del presente estudio. En primer lugar que los investigadores de la UNAM de las áreas de ciencias exactas, naturales y aplicadas publican principalmente a través de artículos en revistas arbitradas a nivel internacional confirmando el papel central que juega el artículo científico, así como la proyección de los científicos de estas áreas hacia un reconocimiento internacional. Segundo, los investigadores de las ciencias sociales y humanidades publican mayormente en capítulos de libro y libros; sin embargo, más del 40% de su producción se da a conocer a través de artículos en revistas, mostrando preferencia por las revistas regionales sobre las internacionales. Asimismo, existe una amplia gama de documentos donde publican los investigadores de todas las áreas, no obstante no tienen pesos iguales en las evaluaciones puesto que no todos los productos se pueden considerar “de investigación” por el público al cual están dirigidos o por la falta de una revisión estricta de trabajos previa a su publicación.

En un estudio previo basado en los currícula de un grupo de investigadores de la UNAM se constató que la producción tipo de quienes cubren el perfil de científico social de excelencia, contempla la publicación de artículos nacionales, capítulos en libros y libros por encima de los artículos internacionales indexados que caracterizan la producción en ciencias naturales (3). Estos autores también demuestran, al hacer un análisis de las publicaciones de una muestra de científicos sociales sobresalientes, que el 1% de las publicaciones de estos autores corresponde a revistas indexadas, mientras que el 19% de las publicaciones son libros y el 15% son capítulos en libros. Pero lo que más sorprende en este análisis es que el 32% son artículos de difusión y hay un 25% de artículos en revistas nacionales, no necesariamente indexadas. En el presente estudio únicamente en el área de ciencias sociales encontramos una producción semejante entre artículos en revistas arbitradas y las que no tienen arbitraje.

La alta producción en general a través de artículos en memorias es de esperarse puesto que es parte íntegra de la labor de investigación difundir resultados en foros espe-

cializados. No obstante es difícil hacer juicios sobre el valor científico que tienen estas publicaciones. Por lo general, las ponencias presentadas en eventos se publican sin haber pasado por una revisión rigurosa por especialistas lo cual repercute negativamente en su calidad científica. Sin embargo, en ciertas disciplinas un artículo publicado en una memoria equivale a un artículo publicado en una revista especializada. Por ejemplo, en las bases de citas del ISI las memorias de los simposios del International Astronomical Union están indexadas como artículos, igual que los trabajos publicados en las revistas de más prestigio.

Hemos observado que existen diferencias en cuanto al tipo de reuniones académicas a las que los científicos eligen acudir (4). Descubrimos que en ciencias exactas, los científicos prefieren asistir a congresos internacionales, mientras que los biotecnólogos prefieren congresos nacionales, debido a que la producción de esta tecnología busca las patentes nacionales. Recientemente, descubrimos que aun cuando prefieren algunos los congresos nacionales, todos prefieren publicar en revistas extranjeras, atribuyéndose esto a la oportunidad de mayor reconocimiento, tanto en México como en el extranjero y debido a los criterios de evaluación establecidos por la Universidad para asignar sobresueldos.

La existencia de un conjunto de normas provee temporalmente al científico de una habilidad para predecir su eficacia. Es decir, si algunas de las creencias acerca de lo que debe hacer el científico, están más o menos generalizadas dentro de su disciplina, el científico podría comunicar sus resultados en forma eficiente, en el lugar y el tiempo precisos para que se valore su trabajo y conseguir los recursos necesarios para ello. Al mismo tiempo estas normas tendrían que estar revisándose a la luz de los mismos avances del conocimiento científico y en los medios de comunicación formal.

La tecnología de la información como convergencia de computadoras y redes, está aportando cambios de grandes alcances a los sistemas de comunicación científica. A medida que las publicaciones se desplazan desde un paradigma basado en la imprenta a un formato electrónico, es necesario seguir investigando sobre la naturaleza fundamental de la comunicación y colaboración científica (5). Entre las preguntas fundamentales a contestar están las formas de la comunicación formal en diferentes disciplinas, así como las formas que vayan tomando la validación del conocimiento científico y humanístico.

La siguiente etapa del presente proyecto es establecer las publicaciones que los investigadores de cada área de la UNAM consideren relevantes en un proceso de evaluación académica, así como determinar los productos de investigación válidos para un ejercicio de evaluación en cada área de acuerdo con los objetivos específicos de las evaluaciones. Blume y Sinclair (6) afirmaron hace tiempo que la única forma de evaluar las contribuciones a la ciencia debería de surgir desde adentro de cada especialidad, ya que sólo los miembros de una especialidad están lo suficientemente informados y son lo suficientemente competentes para juzgar la significancia de una contribución a su campo.

5 Agradecimientos

A la Dirección General de Bibliotecas y la Dirección General de Estadística y Desarrollo Institucional de la UNAM por proporcionar los registros de las bases de datos

utilizados en el presente análisis, así como a la Dirección General de Apoyo al Personal Académico por el apoyo recibido a través del proyecto IN305000. A los Ing. Alberto Castro Thompson y Roberto Orozco González del Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas por la valiosa ayuda prestada en la transferencia y manejo de los registros.

6 Referencias

1. HURD, J. M. Models of Scientific Communication Systems. En: CRAWFORD, S. Y., HURD, J. M. y WELLER, A. C. *From Print to Electronics. The Transformation of Scientific Communication*. Medford, N. J.: Information Today, 1996, p. 9-33.
2. CETTO, A. M. y ALONSO-GAMBOA, O. Scientific periodicals in Latin American and the Caribbean: a global perspective. *Interciencia* 1998, vol. 23, p. 84-93
3. ALVARADO ROSAS, C., AZUELA BERNAL, L. F, DELGADO CAMPOS, J., FERNÁNDEZ CHRISTLIEB, F. y VIEYRA MEDRANO, A. La evaluación de la investigación en ciencias sociales. *Serie Varia.*, Nueva Época, 2001, núm. 3, p. 9-41.
4. LIBERMAN, S. and WOLF, K.B. The flow of knowledge: scientific contacts in formal meetings. *Social Networks*, 1997, vol. 19, p. 271-284.
5. RUSSELL, J. M. Scientific communication at the beginning of the twenty-first century. *International Social Science Journal*, 2001, núm. 68, p. 271-282.
6. BLUME, S. S y SINCLAIR, R. Chemists in British Universities: A study of the reward system in science. *American Sociological Review*, 1973, vol. 38, p.126-138.

ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO DE UN ÁREA CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA DEL PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE ESPAÑA (2000-2003)

María Teresa Fernández*, Fernanda Morillo*, María Bordons*, Isabel Gómez*

Resumen: Se analiza mediante indicadores bibliométricos la producción científica española del periodo 1994-1999 en el área de Biotecnología, que es una de las áreas prioritarias del Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico 2000-2003 vigente en España. Se emplean indicadores cuantitativos de producción en las disciplinas de ciencias de la vida relacionadas con los procesos biotecnológicos y se analiza la evolución temporal, distribución geográfica y procedencia institucional de los documentos. Se introducen como complemento una serie de indicadores semi-cualitativos (factor de impacto medio, tipo de investigación básico/clínico) y medidas del flujo de conocimiento. Se desciende al nivel micro para identificar los actores más relevantes, sus perfiles de investigación y de colaboración, empleándose indicadores relativos de especialización (índice de actividad) y de visibilidad (factor de impacto relativo y publicaciones en revistas multidisciplinarias). Finalmente, se sitúa la producción de España en el contexto de la Unión Europea de los quince.

Palabras clave: indicadores bibliométricos, Biotecnología, España.

Abstract: Spanish scientific production in Biotechnology, one of the priority areas of the Spanish National Plan for Research and Development 2000-2003, is analysed during the years 1994-1999. Several quantitative indicators are used to analyse the production in life science disciplines related to biotechnological processes. Evolution over time and the geographic and institutional distribution of documents are obtained. Semi-qualitative indicators (impact factor, basic/applied character of research) are introduced to complement the study as well as several measures of knowledge flow. At the micro level, the main actors involved and their research and collaborative profiles are analysed by means of indicators of specialisation (activity index) and indicators of visibility (relative impact factor and percentage of publications in multidisciplinary journals). Finally, the Spanish production is studied in the context of the European Union.

Keywords: bibliometric indicators, Biotechnology, Spain.

1 Introducción

La ciencia y la tecnología, ligadas a la generación de nuevos conocimientos, son elementos básicos en el desarrollo de los países y sociedades, favorecen la asimilación de nuevos conceptos, así como la transmisión y difusión de tecnologías. El análisis de

* Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), CSIC, Madrid, España. Correo-e: mtf@cindoc.csic.es.

la actividad científica y tecnológica a través de indicadores socioeconómicos es una práctica habitual en numerosos países, a la que se han añadido los estudios bibliométricos en la última década. Estos estudios aportan datos que complementan a otros indicadores cuantitativos, como son los recursos económicos y humanos dedicados a la investigación, así como a indicadores cualitativos basados en la opinión de expertos. Permiten mejorar el conocimiento de la situación de la investigación científica y tecnológica desarrollada en cada comunidad científica, realizar el seguimiento de la actividad investigadora, hacer comparaciones internacionales y tomar las medidas correctoras necesarias.

Los indicadores de actividad científica se han convertido en los últimos años en una importante herramienta para los gestores de la política científica en gran parte de los países desarrollados, donde periódicamente se obtienen este tipo de indicadores y se publican en forma de informes o monografías. Entre estas publicaciones cabe destacar los *Science & Engineering Indicators* (1), elaborados por el National Science Board de Estados Unidos desde 1972, los *Science & Technologie Indicateurs* (2) del Observatoire des Sciences et des Techniques de Francia publicados desde 1994 y el *European Report on S&T Indicators* (3) elaborados en el seno de la Unión Europea.

España no es ajena al interés por este tipo de análisis. Muestra de ello son las distintas solicitudes de estudios de la producción científica española que ha recibido en los últimos años el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC) de Madrid, perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, por parte de los órganos encargados de la gestión de los fondos económicos destinados en nuestro país a la investigación (4).

En 1988 el Gobierno español aprobó el “Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico” para el fomento y la coordinación de la investigación científica y técnica que corresponde al Estado. En la actualidad está vigente el 4º Plan Nacional (2000-2003) (5), que se estructura en torno a una serie de áreas prioritarias que comprenden: *áreas científico tecnológicas*, ligadas al desarrollo del conocimiento de disciplinas y tecnologías; *áreas sectoriales*, conjunto de actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) orientadas a la resolución de problemas en un determinado sector socioeconómico estratégico; y *actividades de investigación básica no orientadas*.

El objetivo del trabajo que presentamos es mostrar los resultados de un estudio bibliométrico centrado en la producción científica de España durante el sexenio 1994-1999 en el área de Biotecnología, que es una de las áreas prioritarias establecidas en el Plan Nacional de Investigación de España (2000-2003). Este estudio forma parte de un trabajo más amplio que abarca el análisis de las nueve áreas científico-tecnológicas señaladas como prioritarias en el Plan Nacional (4).

El estudio del sector biotecnológico se puede abordar a partir de distintas fuentes de datos y desde distintas perspectivas: a) producción científica a través de indicadores bibliométricos, b) producción tecnológica mediante indicadores de patentes, y c) encuestas de innovación. Estas distintas aproximaciones se complementan entre sí y pueden a su vez enriquecerse con el estudio de los flujos de conocimiento y datos económicos. El presente trabajo se centra en los aspectos bibliométricos de la producción científica en Biotecnología, abordaje que resulta de gran valor en el análisis de esta área por ser un campo de investigación muy activo y de fuerte base científica.

2 Metodología

La fuente de datos utilizada fue el *Science Citation Index* (SCI) versión CD-ROM. El área de la Biotecnología se delimitó en sentido amplio, en base a la clasificación de las revistas científicas en categorías temáticas del SCI. Se incluyeron las revistas de las siguientes categorías: Bioquímica y Biología Molecular, Biotecnología y Microbiología Aplicada, Genética y Herencia, Biología Celular, Microbiología y Micología.

Dado que las revistas incluidas en la categoría «Multidisciplinar» pueden publicar interesantes trabajos sobre Biotecnología, que quedarían fuera del estudio por la delimitación anteriormente expuesta, se realizó una clasificación temática de cada uno de los documentos publicados en las principales revistas de aquella categoría, atendiendo al título de los trabajos. Se complementó así el conjunto inicial de documentos a analizar. Otros métodos usados en la literatura para reclasificar los documentos publicados en las revistas multidisciplinarias se han basado en análisis de referencias (6).

La producción de los científicos españoles se identificó seleccionando aquellos documentos donde figuraba «Spain» en el campo «lugar de trabajo» de los autores. Los registros así seleccionados se descargaron en bases de datos relacionales, se homologaron y codificaron las direcciones, y se trataron para obtener una serie de indicadores bibliométricos a través del empleo de programas propios para la explotación de los datos (7).

En este estudio se emplea una serie de indicadores cuantitativos de producción científica apoyados por otros semicualitativos que describen el tipo de investigación desarrollada. Entre estos últimos se incluyen: el nivel de investigación, que analiza el carácter básico (niveles 3-4)/aplicado (niveles 1-2) de la investigación (8); el factor de impacto (FI), como medida de visibilidad internacional de las publicaciones; y el número de publicaciones en revistas multidisciplinarias de alto impacto. Para situar la producción científica de los centros en el contexto nacional se emplean como indicadores relativos el índice de actividad (IA) como medida de especialización (9, 10) y el factor de impacto relativo (FIR), como índice de mayor visibilidad que permite comparar el FI de un centro con el correspondiente al total de España en cada una de las disciplinas (11). Los valores de IA o $FIR > 1$ indican una producción (en el caso del IA) o una visibilidad (en el caso del FIR) superior a la media de España en la disciplina.

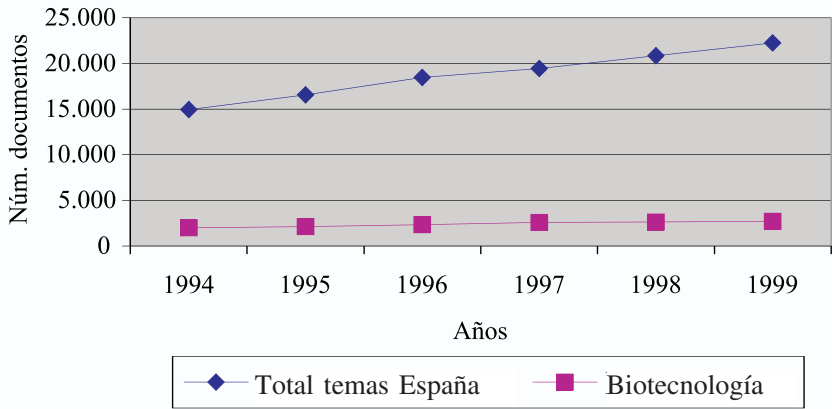
Para situar a España en el contexto europeo, se obtuvo la producción de los 15 países de la Unión Europea (UE-15) en las categorías seleccionadas y en los seis años estudiados a través de una consulta en línea a la base de datos SciSearch, de más amplia cobertura que el SCI en CD-ROM.

3 Resultados

En el período 1994-99, la producción de los autores españoles en el área de Biotecnología ascendió a 14.432 documentos, lo que corresponde al 12,8% de la producción de España en todas las disciplinas recogidas por las bases de datos del ISI.

Se observa una evolución ascendente del número de documentos, con una tasa de crecimiento del 37% en el total del período (figura 1).

Figura 1
Evolución de la producción científica de España en Biotecnología y en todas las áreas



Del total de documentos, el 89% son artículos de revista, un 6% resúmenes de congresos y un 3% cartas. Casi la totalidad de los documentos está escrita en inglés (99,8%).

3.1 Disciplinas científicas

Las categorías SCI seleccionadas para delimitar el área de Biotecnología se muestran en las tablas I y II. Para cada disciplina se incluye el número de documentos, el nivel de investigación medio y el factor de impacto medio. Se presenta también la posición que ocuparía la «hipotética revista» a que corresponde el FI medio entre las revistas de su disciplina y el cuartil en el que estaría encuadrada.

Se observa que los investigadores españoles publican fundamentalmente en revistas de alta visibilidad, situadas en el primer cuartil en la mayoría de las disciplinas y que en todos los casos se emplean revistas de ciencia básica pura (nivel próximo al 4). La disciplina que aporta mayor número de documentos es la Bioquímica y Biología Molecular, donde se concentra casi la mitad de la producción.

Tabla I
Análisis de la producción científica por disciplinas (selección por disciplinas)

Temas	Doc.	%	Nivel	FI98	Posición	Cuartil
Bioquímica y Biología Molecular	6.893	48,7	3,85	3,914	57/292	1
Microbiología	2.989	21,1	3,37	2,554	19/79	1
Genética y Herencia	2.332	16,5	3,40	3,799	20/101	1
Biología Celular	2.191	15,5	3,69	3,562	30/139	1
Biotecnología y Microbiología Aplicada	1.949	13,8	3,32	1,733	31/122	2
Micología	305	2,2	3,71	0,678	8/15	3
Total	14.168					

Con frecuencia los mejores trabajos de una disciplina se publican en revistas multidisciplinares de elevada visibilidad, como *Nature*, *Science* y *PNAS*. Dado que las revistas multidisciplinares tienen un alto factor de impacto, su inclusión produce un incremento del factor de impacto medio de las disciplinas, es decir, de su visibilidad. En la tabla II se han incluido los 313 trabajos procedentes de revistas multidisciplinares que representan el 2,2% de la producción del área, lo que origina que aumenten ligeramente los factores de impacto medios mientras el tipo de investigación sigue siendo ciencia básica pura.

Tabla II
Análisis de la producción científica por disciplinas (incluidos los documentos de revistas multidisciplinares)

<i>Temas</i>	<i>Doc.</i>	<i>%</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>	<i>Posición</i>	<i>Cuartil</i>
Bioquímica y Biología Molecular	7.026	48,68	3,85	4,049	54/292	1
Microbiología	3.002	20,80	3,37	2,586	17/79	1
Genética y Herencia	2.407	16,68	3,43	4,133	18/101	1
Biología Celular	2.334	16,17	3,71	4,009	27/139	1
Biotecnología y Microbiología Aplicada	1.949	13,50	3,32	1,733	31/122	2
Micología	306	2,12	3,71	0,759	8/15	3
Total	14.432					

En los sucesivos análisis se tendrán en cuenta los 14.432 documentos de la tabla II.

3.2 Distribución geográfica

La distribución geográfica de la producción siguió la pauta general observada en otros estudios para la producción científica española: una concentración en dos polos, Madrid y Barcelona. Las aportaciones más importantes por Comunidades Autónomas proceden de Madrid (34%) y Cataluña (22%) que conjuntamente alcanzan el 50% de la producción española en el área, seguidas a cierta distancia por Andalucía (14%) y la Comunidad Valenciana (8%) (figura 2).

Aunque en valores absolutos las producciones de Madrid y Cataluña son muy superiores a las de las otras Comunidades Autónomas, sin embargo hay que relativizarlas respecto a diferentes parámetros tales como población, número de investigadores, recursos económicos dedicados a la investigación, etc., para detectar el esfuerzo investigador de las distintas Comunidades.

En el presente trabajo, dado el distinto tamaño de las diferentes comunidades autónomas, se normalizó el número de documentos en función de la población de las distintas comunidades (tabla III). Con este nuevo indicador las comunidades con mayor producción relativa continúan siendo Madrid y Cataluña, pero destacan algunas otras regiones con alta producción en relación a su pequeño tamaño, es el caso de Murcia, Navarra y Asturias. Por el contrario, otras grandes comunidades descienden al considerar su número de habitantes, como son Andalucía, Valencia, Galicia y el País Vasco.

Figura 2
Distribución de la producción científica española en Biotecnología
por comunidades autónomas

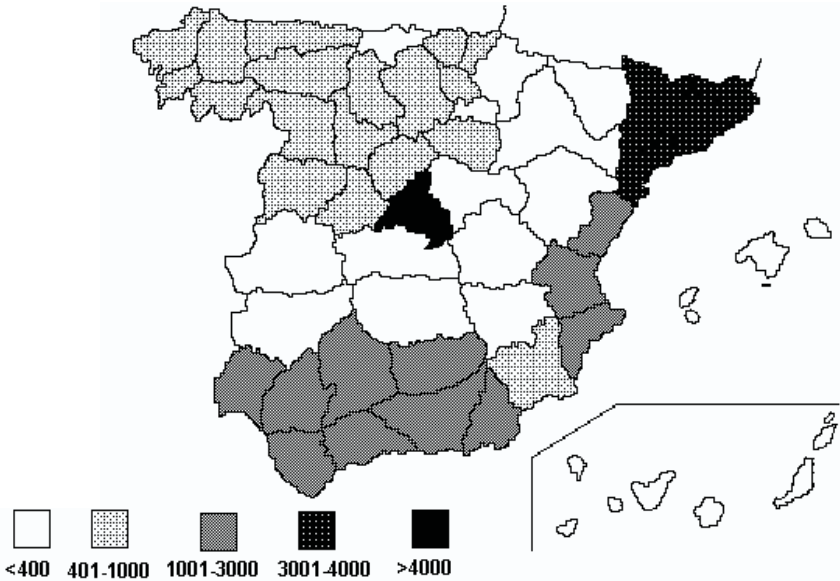


Tabla III
Distribución por comunidades autónomas de la producción científica
en números absolutos y normalizada en función de la población

CC.AA.	Núm. docum. 1994-99	% documentos	Posición	Núm. docum. 10 ⁴ hab.	Posición normalizada
Madrid	4.896	33,92	1	96,16	1
Cataluña	3.380	23,42	2	54,98	2
Andalucía	2.050	14,20	3	28,33	<u>9</u>
Valencia	1.179	8,17	4	29,30	<u>7</u>
Castilla y León	775	5,37	5	31,19	6
Galicia	711	4,93	6	26,10	<u>11</u>
País Vasco	517	3,58	7	24,64	<u>12</u>
Murcia	474	3,28	8	42,51	<u>3</u>
Asturias	440	3,05	9	40,67	<u>5</u>
Aragón	336	2,33	10	28,40	<u>8</u>
Canarias	259	1,79	11	15,89	15
Extremadura	223	1,55	12	20,85	14
Navarra	218	1,51	13	41,07	<u>4</u>
Baleares	174	1,21	14	21,85	13
Cantabria	147	1,02	15	27,89	<u>10</u>
Castilla-La Mancha	98	0,68	16	5,71	17
La Rioja	30	0,21	17	11,38	16
No consta	1				
Total documentos	14.432				

Considerando las comunidades con mayor número de documentos (más de 700 en el periodo), el mayor incremento de la producción se observó en Galicia (73%), Valencia (72%) y Cataluña (64%). La producción de la comunidad de Madrid mostró un incremento del 34%, muy similar al crecimiento medio del área de la Biotecnología.

3.3 Sectores institucionales y centros más activos

El análisis de la producción por sectores institucionales revela que la universidad es el mayor productor (62%), seguida por los hospitales (21%), los Institutos de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) (17%) y los centros mixtos CSIC-Universidad (10%). La aportación de las empresas españolas a la investigación en esta área es muy reducida, no llega al 2,5% del total, pero experimentó un importante crecimiento en el período (115%) (tabla IV).

Tabla IV
Distribución de la producción científica por sectores institucionales

<i>Sectores institucionales</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	<i>Incremento %</i>
Universidad	1.241	1.353	1.494	1.634	1.596	1.650	8.968	62,14	33
Hospitales	391	435	482	546	602	605	3.061	21,21	55
CSIC	325	336	374	433	443	512	2.423	16,79	57
CSIC-Universidad	223	204	225	270	260	288	1.470	10,19	29
Administración	81	105	107	109	117	141	660	4,57	74
Empresas	33	44	54	80	72	71	354	2,45	115
Otros	23	37	30	38	39	87	254	1,76	
Total	1.989	2.124	2.355	2.596	2.632	2.736	14.432		

Se profundizó en el análisis identificando los centros más activos, descendiendo hasta el nivel de facultad universitaria, centro de investigación u hospital (tabla V). Los seis centros con mayor producción, con más de 300 documentos cada uno, son un centro mixto CSIC-Universidad, dos facultades universitarias y tres centros de investigación propios del CSIC, todos ellos ubicados en Madrid o Barcelona. Se desprende de estos datos que el CSIC es una institución de gran actividad en España en el área de Biotecnología con el 23% de la producción entre centros propios y mixtos.

Para cada uno de los centros más productivos se realiza un análisis detallado de su producción por disciplinas SCI, y su evolución en el período estudiado. Se obtiene el número de documentos para cada disciplina, así como el factor de impacto medio y el nivel de investigación. Además, se introducen dos indicadores relativos para comparar la actividad de cada centro con la correspondiente a la totalidad de España: el índice de actividad (IA), que mide el grado de especialización en cada disciplina, y el factor de impacto relativo (FIR), como medida de calidad o visibilidad internacional de la producción. El porcentaje de publicaciones en revistas multidisciplinares de elevado FI se introduce como otro indicador indirecto de calidad.

Tabla V
Centros con mayor producción (más de 200 documentos)

<i>Centros</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%
C.Biol. Mol. CSIC-UAM, Madrid	102	94	110	119	116	133	674	4,67
Fac. Biol. U. Barcelona	84	95	90	115	102	104	590	4,09
C. Inv. Biol. CSIC, Madrid	78	83	91	94	98	100	544	3,77
Fac. Cienc. UAB, Barcelona	41	56	61	91	70	79	398	2,76
C. Nal. Biotecnología CSIC, Madrid	31	29	54	81	79	103	377	2,61
I. Inv. Bioméd. CSIC-UAM, Madrid	59	48	43	62	51	56	319	2,21
Fac. Med. U. Oviedo	53	37	54	39	50	57	290	2,01
C. Inv. Desarrollo. CSIC, Barcelona	36	44	43	59	54	43	279	1,93
Fac. Biol. UCM	38	36	42	44	57	40	257	1,78
Fac. Biol. U. Valencia	32	33	50	44	43	48	250	1,73
H. Ramón y Cajal, Madrid	35	43	37	42	43	41	241	1,67
H. Clínico de Barcelona	26	32	40	49	47	40	234	1,62
Fac. Farm. U, Barcelona	33	37	36	52	27	40	225	1,56
Fac. Med. UCM, Madrid	31	22	26	52	42	39	212	1,47
Fac. Cienc. U. Granada	35	38	32	24	35	42	206	1,43
Fac. Med., UAB, Barcelona	17	25	35	46	49	31	203	1,41
Fac.Cienc. U. Córdoba	40	34	23	32	43	28	200	1,39

Con el empleo de los diversos indicadores presentados se pueden identificar los centros más destacados en España dentro del área por alguno de los siguientes criterios: alta tasa de crecimiento (superior a la media de España), gran especialización ($IA > 1$) y alta visibilidad internacional ($FIR > 1$). En la tabla VI se muestra como ejemplo el estudio detallado del Centro de Biología Molecular, que es el centro de mayor producción.

Tabla VI
Producción del Centro de Biología Molecular (CBM), CSIC-UAM, Madrid.
Distribución de los documentos por disciplinas con indicación del FIR y del IA

<i>Disciplinas</i>	<i>CBM</i>			<i>España</i>			<i>IA</i>	<i>FIR</i>
	<i>Doc.</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>	<i>Doc.</i>	<i>Nivel</i>	<i>FI98</i>		
Bioquímica y Biología Molecular	472	3,99	5,972	7.026	3,85	4,049	1,44	1,475
Biología Celular	144	3,91	7,950	2.334	3,71	4,009	1,32	1,983
Genética y Herencia	90	3,65	8,411	2.407	3,43	4,133	0,80	2,035
Microbiología	72	3,93	3,774	3.002	3,37	2,586	0,51	1,459
Biotecnol. y Microbiol. Aplicada	47	3,88	2,272	1.949	3,32	1,733	0,52	1,311
Micología	0	—	—	306	3,71	0,759	—	—
Total	674			14.432				

Se observa que el Centro de Biología Molecular es un centro de excelencia en el área de Biotecnología en España. Está especializado en Bioquímica y Biología Molecular y en Biología Celular ($IA > 1$), hace ciencia básica (nivel de investigación próximo a 4) y publica en revistas de gran visibilidad ($FIR \gg 1$). De los 674 documentos publicados en este periodo, 39 proceden de revistas multidisciplinares con un FI medio de 14,3 (representan el 6% mientras que la media en el área es del 2%).

3.4 Revistas

La producción de los autores españoles se distribuyó entre 460 revistas científicas. En la tabla VII se recogen las revistas con más de 100 documentos en el periodo analizado. Se muestra para cada revista el número de documentos por año, el total de documentos en el periodo, el factor de impacto de la revista y su nivel de investigación básico o clínico. Se observa que predominan las revistas básicas de carácter internacional. La base de datos SCI no recoge ninguna revista española de las disciplinas analizadas. Se han señalado con un asterisco (*) las dos revistas con

Tabla VII
Principales revistas de publicación (más de 100 documentos)

<i>Revistas</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	F198	Nivel
J Biol Chem	79	56	82	73	94	113	497	3,44	7,199	4
Febs Lett	42	57	44	72	100	69	384	2,66	3,581	4
Brit J Pharmacol	28	39	43	53	68	46	277	1,92	3,704	3
Appl Environ Microb	33	37	46	38	48	57	259	1,79	3,358	4
Clin Infect Dis	58	50	54	33	43	20	258	1,79	2,798	2
Cytogenet Cell Genet	8	9	23	102	41	67	250	1,73	1,878	4
Eur J Clin Microbiol	33	44	50	31	45	44	247	1,71	2,139	3
Biochem J	44	45	47	50	30	19	235	1,63	3,855	4
J Bacteriol	38	27	37	41	43	43	229	1,59	3,805	4
Fems Microbiol Lett	43	33	41	46	27	30	220	1,52	1,581	4
Biochem Bioph Res Co	31	34	33	38	38	32	206	1,43	2,780	4
J Clin Microbiol	17	23	28	40	38	54	200	1,39	3,579	3
J Neurochem	16	31	35	42	31	41	196	1,36	4,651	4
Eur J Biochem	38	41	30	29	25	30	193	1,34	3,249	4
Faseb J *	12	19	19	49	31	48	178	1,23	13,861	4
Biochemistry-US	20	20	32	28	32	24	156	1,08	4,628	4
Antimicrob Agents Ch	21	23	32	19	26	33	154	1,07	3,761	3
Am J Hum Genet	6	26	7	33	17	63	152	1,05	10,869	3
J Food Protect	15	24	26	32	19	18	134	0,93	1,329	2
J Mol Biol	19	12	18	25	24	34	132	0,91	5,803	4
Mycotaxon	12	16	22	41	14	21	126	0,87	0,338	4
P Natl Acad Sci USA*	23	15	17	25	22	22	124	0,86	9,821	4
J Antimicrob Chemoth	28	16	25	17	13	23	122	0,85	2,563	2
Gene	28	19	18	24	15	15	119	0,82	2,007	4
Histol Histopathol	26	22	10	14	24	21	117	0,81	1,407	4
Tissue Antigens	3	8	31	25	27	23	117	0,81	2,305	3
Am J Med Genet	20	18	13	34	19	9	113	0,78	2,031	2
Mol Microbiol	10	16	17	20	18	25	106	0,73	6,086	4
Embo J	14	17	17	11	20	25	104	0,72	13,171	4
Bioresource Technol	9	18	17	23	17	18	102	0,71	0,705	2

más de 100 documentos que proceden del área multidisciplinar: *FASEB Journal* y *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. La primera de estas revistas también está incluida en la disciplina de Bioquímica y Biología Molecular. Como revistas especializadas destacan por su elevado FI: *EMBO Journal* y *American Journal of Human Genetics*.

3.5 Colaboración

Los indicadores de colaboración miden los flujos y redes de intercambio de conocimientos dentro de la especialidad. En este trabajo se considera la colaboración entre centros dentro de España, y separadamente la colaboración entre investigadores españoles y extranjeros.

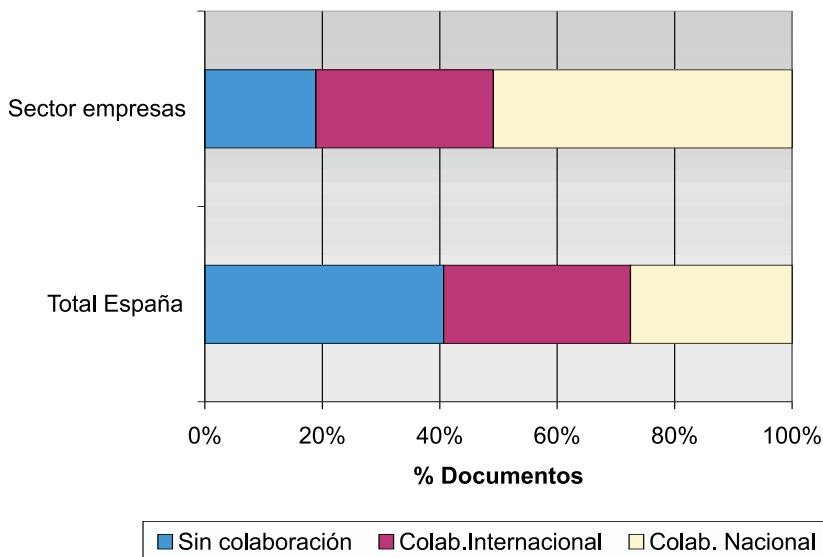
El 60% de los documentos se realizaron en colaboración entre dos o más instituciones. La colaboración nacional estuvo presente en el 32% de los documentos, mientras que en el 28% restante participó algún centro extranjero (tabla VIII). Resulta llamativo el importante incremento del número de documentos en colaboración internacional a lo largo del periodo (82%), que fue muy superior al experimentado por el número de documentos en colaboración nacional (48%). El número de documentos firmados por un solo centro se mantuvo prácticamente estable a lo largo de los seis años estudiados a pesar del aumento observado en la producción del área. Por otro lado, analizadas separadamente las publicaciones en revistas multidisciplinarias, se observa que las tasas de colaboración internacional son mucho más elevadas que en el total de la producción de Biotecnología, alcanzando al 46% de los documentos.

Tabla VIII
Evolución del número de documentos según el tipo de colaboración

<i>Colaboración</i>	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total	%	<i>Incremento</i>
Sin colaboración	929	914	999	1023	1.020	983	5.868	40,66	6%
Colaboración Internacional	532	638	726	836	891	971	4.594	31,83	82%
Colaboración Nacional	528	572	630	737	721	782	3.970	27,51	48%
Total	1.989	2.124	2.355	2.596	2.632	2.736	14.432		

Dado el interés del flujo de conocimiento entre el sector público y el sector privado se analizan en detalle las características de la colaboración del sector empresas. Dicho sector fue responsable de 354 documentos en el periodo en estudio. La figura 3 muestra el patrón de colaboración de las empresas, comparado con el correspondiente al total de la producción científica española en Biotecnología. Resulta llamativo el bajo porcentaje de documentos firmados por un solo centro (18% para el sector empresas vs. 41% para el total del área), y el alto porcentaje de documentos en colaboración nacional (51% para el sector empresas vs. 27% para el total del área). En lo que se refiere a la colaboración internacional, su presencia es muy similar en ambos conjuntos.

Figura 3
Comparación del patrón de colaboración del sector empresas y del total de la producción científica española en Biotecnología



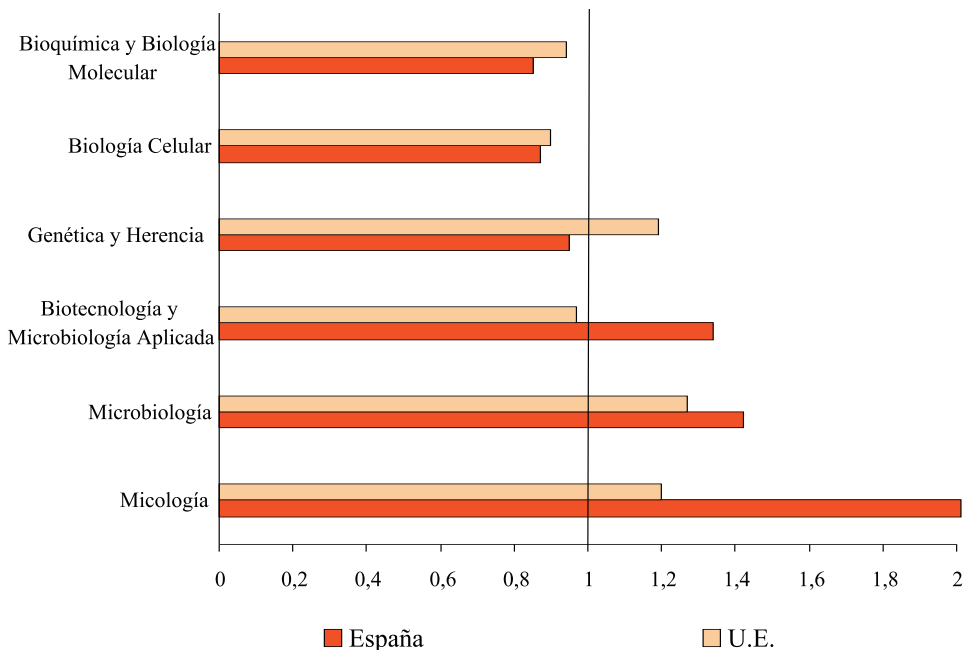
Dada la importancia que tiene la colaboración nacional para las empresas se ha descendido al análisis de los sectores que colaboran con la Industria. La empresa colabora principalmente con la universidad (124 documentos, 35%), los hospitales (52 documentos, 15%), el CSIC (52 documentos, 15%) y la Administración (20 documentos, 5,6%). En conjunto, prácticamente toda la colaboración nacional de las empresas se produce con el sector público (el 51% de los documentos).

3.6 Comparación internacional

Durante el periodo en estudio, la base de datos SciSearch recogió 73.773 documentos en las revistas asignadas a la categoría «Biotecnología y Microbiología Aplicada», principal disciplina del área de Biotecnología. La Unión Europea participaba en el 33% de estos documentos, y España en el 9% de los documentos de la UE. España ocupaba la cuarta posición por su producción entre los países de la UE-15, precedida del Reino Unido, Alemania y Francia.

Considerando las seis disciplinas incluidas en este estudio por su interés biotecnológico, se observan variaciones en el perfil de actividad de los distintos países europeos. La figura 4 muestra el Índice de Actividad (IA) de España respecto a la UE-15 y de ésta respecto del total mundial. Los datos muestran una especialización de la UE en las disciplinas de Microbiología, Micología y Genética/Herencia. España presenta una especialización en Micología (aunque se trata de pocos documentos), Microbiología y Biotecnología/Microbiología Aplicada. En estas tres disciplinas España ocupa la cuarta posición por su producción entre los países de la UE-15. Sin embargo ocupa la sexta posición en Genética/Herencia y Biología Celular y la séptima en Bioquímica/Biología Molecular.

Figura 4
Índice de Actividad de España respecto a la UE y de la UE respecto al mundo



4 Discusión y conclusiones

La Biotecnología es un área relativamente nueva que surge en los años 80 y se encuentra actualmente en una fase de crecimiento rápido. A lo largo del período 1994-99 la producción científica española en el área ha aumentado en un 37% y representa el 12% de la producción española de difusión internacional. Según datos de un trabajo anterior (12) en 1998 España ocupaba la sexta posición en cuanto a su aportación a la disciplina Biotecnología/Microbiología Aplicada, detrás de EE.UU., Japón, Reino Unido, Francia y Alemania.

Se observa que el índice de actividad de España en Biotecnología en relación con el resto del mundo muestra una especialización en Micología, Microbiología y Biotecnología/Microbiología Aplicada, en las que España ocupa la 4ª posición entre los países de la UE-15 por su elevada producción relativa. Dicha posición se corresponde con el 4º lugar que ocupa el país en el mercado biotecnológico, detrás del Reino Unido, Alemania y Francia (13).

Desde el punto de vista geográfico, la producción española se concentra en las comunidades de Madrid y Cataluña. Este hecho no es específico del área de Biotecnología, sino que se produce en todas las áreas y es un reflejo de la concentración de recursos humanos y económicos que en general se da en estas dos comunidades autónomas (14). Sin embargo, la centralidad de Madrid va descendiendo a medida que se van creando nuevas instituciones de investigación en todo el país con la consolidación de las Comunidades Autónomas y el aumento de los fondos dedicados a la investigación de las distintas Administraciones, central, autonómica y local.

La mayor actividad en España procede del sector universitario, seguido de los hospitales y centros de investigación del CSIC. Los investigadores españoles publican en revistas de nivel muy básico y de elevada visibilidad, lo que indica la calidad de la investigación realizada que logra publicarse en las mejores revistas internacionales, mayoritariamente situadas en el primer cuartil de su disciplina. El hecho de que la Universidad y el CSIC sean los sectores que muestran una mayor contribución relativa a la producción en revistas multidisciplinares, con un elevado FI, puede indicar que es en estos sectores donde se realiza una investigación más puntera.

Los análisis detallados de centros más productivos permiten detectar centros de excelencia por su especialización temática ($IA > 1$), elevada visibilidad ($FIR > 1$) y elevado porcentaje de publicaciones en revistas multidisciplinares. Entre los centros de mayor producción sobresalen un centro mixto CSIC-Universidad seguido de dos facultades universitarias de Barcelona y tres centros del CSIC de Madrid. Estos centros de investigación destacan por su especialización y altos índices de visibilidad que los identifican como centros de excelencia. Se revela el CSIC como el principal motor en el avance de I+D en el área de Biotecnología.

Las tasas de colaboración presentes en la producción científica española en Biotecnología son muy similares a las descritas para otras áreas (14). No obstante, resulta muy interesante el llamativo incremento experimentado por el número de documentos en colaboración internacional, que indicaría que la investigación española cumple criterios de calidad, y que sus investigadores están integrados dentro de la comunidad científica internacional. Hay que señalar que el subconjunto de documentos publicados en revistas multidisciplinares mostró una mayor presencia de colaboración internacional (46% vs. 32% para el total del área). Este dato apoyaría observaciones de otros estudios que señalan que los documentos en colaboración internacional se sitúan con más facilidad que los que no la tienen en revistas de alto factor de impacto, y que también suelen obtener más citas posteriormente (15).

Los resultados de este estudio muestran una escasa actividad investigadora del sector biotecnológico industrial en España. Los resultados de la investigación descritos en este trabajo proceden casi exclusivamente del sector público español. Se observa que en España se reproduce la llamada «paradoja europea» según la cual Europa es fuerte en producción científica de calidad pero no consigue que los resultados de la I+D lleguen a las empresas para potenciar su carácter innovador y su competitividad. El caso español es extremado, el sector empresarial sólo aporta el 2,5% a la producción científica, mientras que, por ejemplo, en Suecia aporta el 7%.

Distintos factores pueden explicar la baja contribución empresarial a la producción biotecnológica española. Por un lado, la publicación de los resultados de la investigación no es una prioridad en el sector empresarial, al contrario que en el contexto universitario. Los intereses de las empresas se dirigen principalmente hacia el desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios, que generalmente no se hacen públicos hasta que el producto está en el mercado o la patente solicitada. En este sentido, podría obtenerse una visión más amplia de la actividad del sector industrial combinando los datos de publicaciones con los correspondientes a patentes. Pero además, es un hecho que en España predominan las pequeñas y medianas empresas, que en muchas ocasiones no alcanzan un tamaño crítico para resultar competitivas (13). Las grandes empresas activas en España son generalmente multinacionales. En nuestro país, todavía no se observa la consolidación que caracteriza a los

mercados maduros en Biotecnología como son el Reino Unido, Alemania o Francia (16).

La capacidad tecnológica de las empresas viene condicionada por el esfuerzo que realizan en inversión de recursos tanto económicos como humanos así como su capacidad de asimilar conocimientos. Los gastos en I+D+i contribuyen al futuro de su capacidad tecnológica y en España se ha acumulado un importante retraso en este aspecto con respecto a los países de nuestro entorno. Mientras el esfuerzo tecnológico empresarial privado medio, como gasto interno en I+D respecto del PIB, en la UE es del 1,15%, las empresas españolas emplean solamente el 0,47% (17). Las acciones del Plan Nacional de carácter fiscal y de subvenciones van encaminadas a incentivar la I+D+i de las empresas, de tal manera que contribuyan a crear un clima favorable para que las empresas incrementen su inversión y su participación en las actividades de investigación, tecnología y desarrollo. Un resultado positivo que se desprende de este trabajo es la tendencia ascendente del número de documentos empresariales en Biotecnología durante los años estudiados, cuya tasa de crecimiento se situó por encima de la de los restantes sectores institucionales, aunque hay que tener en cuenta que se está hablando de un sector con muy pocos documentos y cualquier incremento puede resultar importante relacionado con su producción, pero no en valores absolutos.

En España, parte de los fondos del Plan Nacional 2000-2003 están orientados a potenciar el proceso innovador de las empresas, incentivando la colaboración y la transferencia de conocimientos entre el sector público y el sector privado. El sector empresarial es el encargado de realizar la innovación tecnológica principalmente a través de su colaboración con los centros públicos de investigación. Hay que señalar que aunque la contribución de las empresas a la producción biotecnológica española es muy baja, sí que se ha observado una alta tasa de colaboración nacional, que indicaría la existencia de vínculos entre los distintos sectores. En concreto, el vínculo entre el sector público español y el privado estuvo presente en el 51% de los documentos procedentes de la empresa. En el caso de la industria sueca estos lazos se revelan en el 65% de las publicaciones del sector empresarial (12). La preocupación por los contactos entre el sector público y el privado está presente también en la Unión Europea, que contempla el área de la Biotecnología como área estratégica y persigue promover políticas públicas pro-activas que fomenten los lazos entre la investigación de base y el sector privado, lo que implica flujos de conocimiento entre ambos sectores.

Finalmente, hay que destacar el interés de los estudios bibliométricos para los gestores de la política científica, pues aportan información objetiva detallada de los resultados de investigación de los países, con un análisis no sólo cuantitativo sino también cualitativo a través de indicadores indirectos de calidad, y dotan a los organismos gestores de procedimientos homologados de evaluación y seguimiento de la actividad científico-técnica. Permiten conocer la estructura y dinámica del sistema de ciencia y tecnología, situar a la comunidad científica de un país dentro de la ciencia internacional y particularmente respecto a los países de su entorno, así como determinar áreas geográficas de distintos grados de especialización y centros de excelencia.

Este trabajo es parte de un estudio más amplio que servirá de herramienta de apoyo a los gestores del Plan Nacional de Investigación (2000-2003) de España para sus trabajos de seguimiento y reconducción, en su caso, de las áreas prioritarias de investigación.

5 Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la Acción Especial AE00-0354 concedida por el Plan Nacional en 2001. Agradecemos a Luis Coma del IMIM su trabajo de re-clasificación de los 313 documentos procedentes de revistas Multidisciplinares

6 Referencias

1. National Science Board. *Science & Engineering Indicators, 2000*. Arlington, VA: National Science Foundation (NSB-00-1).
2. OST. *Science & Technologie Indicateurs 2000*. Observatoire des Sciences et des Techniques. Ed. Economica & OST. París, 1999.
3. UE. *Second European Report on S&T Indicators, 1997*. European Commission. EUR 17639.
4. GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; MORILLO, F.; GONZÁLEZ, E. (2001). *Producción científica de España en el período 1994-99 atendiendo a las áreas científico-tecnológicas del Plan Nacional (2000-2003)*. CINDOC, Madrid.
5. *El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003*. Vol. I y II. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Madrid, 1999.
6. GLÄNZEL, W.; SCHUBERT, A.; CZERWON, H. J. (1999). An item-by-item subject classification of papers published in multidisciplinary and general journals using reference analysis. *Scientometrics*, 44 (3): 427-439.
7. FERNÁNDEZ, M. T.; CABRERO, A.; ZULUETA, M. A.; GÓMEZ, I. (1993). Constructing a relational database for bibliometric analysis. *Research Evaluation*, 3 (1): 55-62.
8. NOMA, E. (1986). *Subject classification and influence weights for 3,000 journals*. CHI Research/Computer Horizons, Inc. Report under Contract No. NIH-NO1-OD-5-2118. New Jersey.
9. FRAME, J. D. (1977). Mainstream research in Latin America and the Caribbean, *Inter-ciencia*, 2: 143-148.
10. SCHUBERT, A.; GLÄNZEL, W.; BRAUN, T. (1989). World flash on basic research: Scientometric datafiles. A comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields, 1981-1985. *Scientometrics*, 16 (1-6): 3-478.
11. CAMI, J.; ZULUETA, M. A.; FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; GÓMEZ, I. (1997). Producción científica española en Biomedicina y Ciencias de la Salud durante el periodo 1990-93 (SCI y SSCI) y comparación con el período 1986-89. *Medicina Clínica (Barc)*, 109: 481-496.
12. SANDSTRÖM, A.; PETERSSON, I.; NILSSON, A. (2000). Knowledge production and knowledge flows in the Swedish Biotechnology Innovation System. *Scientometrics* 48(2): 179-202.
13. ASEBIO. *Informe de la Asociación Española de Bioempresas*. Madrid, 2001 Barcelona.
14. FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; SANCHO, R.; GÓMEZ, I. (1999). Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el período 1991-1996. *Arbor*, 639: 327-345.
15. NARIN, F.; STEVENS, K.; WHITLOW, S. (1991). Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers. *Scientometrics*, 21 (3): 313-323.
16. LEMARIE, S.; DE LOOZE, M. A.; MANGEMATIN, V. (2000). Strategies of the European SMEs in Biotechnology: the role of size, technology and market. *Scientometrics*, 47 (3): 541-560.
17. COTEC. 2001 Informe COTEC. *Tecnología e Innovación en España*. Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, Madrid, 2001.

HACIA LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE INSTITUCIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Ana María Ramírez*, J. Antonio del Río*, Jane M. Russell**

Resumen: Cada área de investigación se comporta de manera diferente en cuanto a la forma de citar, de trabajar, de desarrollarse, etc., aspectos que hacen de la evaluación comparativa de diferentes disciplinas una tarea difícil e incluso que se considere injusta e inadecuada. Esto revela la forma de evaluación tradicional con limitaciones e inconvenientes, que deben ser salvados para hacer del proceso evaluativo un camino más llano hacia el análisis o cuantificación de los resultados de la investigación, que es su razón de ser. En este trabajo mostramos la utilidad de emplear una metodología cuantitativa para evaluar la producción científica de instituciones multi e inter disciplinarias, con sólo tres indicadores que de manera sencilla muestran la relevancia de la producción científica, del investigador promedio y del artículo publicado. La importancia de nuestro análisis radica en que prueba que la metodología propuesta en 2000 por Ramírez, García y del Río, es útil para comparar diferentes resultados de investigación, revela de manera sencilla información relevante, es de fácil aplicación y forma parte de un proceso de adaptación de los métodos de evaluación a las características de la ciencia y las especificidades de cada disciplina.

Palabras clave: evaluación cuantitativa, evaluación científica, instituciones multidisciplinarias, factor de impacto.

Abstract: Each research field has its own way of citing, working, progressing, etc. which makes comparative evaluations between disciplines a difficult task and, at times, an unjust and imperfect process. This shows traditional evaluations to have limitations and inconveniences that need to be corrected to smooth the path towards the analysis or quantification of research results that are their «raison d'être». In this paper we demonstrate the usefulness of a quantitative methodology for the evaluation of the scientific output of inter- and multidisciplinary institutions, using only three straightforward indicators to show the relevance of the scientific output, that of the average researcher and of the average article. The importance of our analysis is that it shows the methodology proposed in 2000 by Ramírez, García, and del Río, to be useful for comparing different research results, for revealing relevant information, is easy to apply and forms part of a process to adapt evaluation methods to the characteristics of science and the specifics of each discipline.

Keywords: quantitative evaluation, research evaluation, multidisciplinary institutions, impact factor.

* Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.

** Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, UNAM, México.

1 Introducción

El proceso de evaluación del trabajo académico ha llamado la atención de distintos sectores relacionados con la actividad científica, y uno de éstos es el directamente evaluado, los investigadores. Este gremio que son los productores del conocimiento, deben ser evaluados adecuadamente. Surge entonces la inquietud de plantear una metodología diferente, con la idea de que se considere un cambio en la política científica, especialmente en el aspecto evaluativo. Nuestra propuesta es un indicador sencillo de aplicar y de comprender, que incluye, entre otros aspectos importantes, el concepto de la multidisciplinariedad, ya que debemos resaltar que como una realidad regional, en México, el trabajo científico se desarrolla mayormente en las universidades donde se realiza investigación multidisciplinaria e interdisciplinaria.

Por otro lado, el proceso evaluativo es complejo y puede realizarse utilizando una variedad de metodologías (1), (2) algunas de éstas requieren información retrospectiva, en determinados casos difícil de obtener, otras requieren la interacción de muchas variables y el análisis de aspectos que pueden ser ambiguos, subjetivos, etc. El sobrepasar este tipo de desventajas hace que nuestros indicadores tengan muchas posibles aplicaciones.

Puesto que la investigación científica se desarrolla frecuentemente con un enfoque inter o multidisciplinario en el que participan especialistas de diferentes disciplinas, resulta necesario mostrar con la información de instituciones multidisciplinarias el buen funcionamiento del indicador propuesto. Para este propósito hemos seleccionado tres instituciones dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) para ejemplificar este análisis y que mostrarán adecuadamente las ventajas de la metodología.

El Centro de Investigación en Energía (CIE) es una dependencia multidisciplinaria creada en 1996, de tan solo cinco años de antigüedad, lo conforman 35 investigadores, agrupados en tres departamentos. El Instituto de Biotecnología fue creado en 1991, está integrado por 90 investigadores, desarrollan investigación multidisciplinaria, trabajando en cinco departamentos. El Instituto de Astronomía data de 1967, año en el que se le reconoce su categoría de instituto de investigación, lo integra una comunidad de 81 investigadores, está más dedicado a una temática, aunque actualmente no se puede hablar de que maneje una sola disciplina. Las tres instituciones están dedicadas a desarrollar conocimiento en varias áreas de investigación y podríamos decir que son muy diferentes en temática, tamaño y antigüedad.

Con la aplicación del factor de impacto renormalizado (F_r) (3) queremos mostrar las ventajas y utilidad que tienen los resultados en la evaluación de diferentes áreas de investigación, instituciones multidisciplinarias y/o investigadores, además de resaltar que es un indicador de sencilla aplicación —interactúan pocos elementos— y las diferentes comisiones evaluadoras y los investigadores involucrados pueden comprenderlo y aplicarlo fácilmente. Este indicador proporciona información para el análisis del impacto, la relevancia o calidad de la investigación realizada en cualquier periodo elegido.

2 Metodología

Se ilustra el método presentando los resultados y el análisis de la relevancia del trabajo científico realizado por estas tres instituciones universitarias en el año 2000, par-

tiendo de la información del factor de impacto (FI) del Institute for Scientific Information (ISI) (4) de las revistas donde fueron publicados los trabajos.

Los elementos que consideramos al utilizar el F_r en la evaluación del desempeño científico son: el número de artículos publicados por cada dependencia, la frecuencia de ellos en cada revista, los factores de impacto máximo y del que ocupa la mediana de las categorías temáticas de las revistas, el FI de las revistas en donde se publicaron los artículos y el número de investigadores por dependencia. En la tabla I podemos ver un resumen de los datos por institución.

Tabla I
Resumen de datos por institución

	<i>Número de investigadores</i>	<i>Número de artículos</i>	<i>Indicador tradicional P</i>	<i>Prod. pesada por el F_r P_w</i>	<i>Calidad del artículo P_d</i>	<i>Calidad del inv. promedio P_r</i>
Astronomía	81	116	1,4321	1,5764	0,1443	1,1007
Biotecnología	90	88	0,9778	1,5930	0,6152	1,6292
Energía	35	66	1,8857	1,8388	-0,0469	0,9751

Consideramos que tomando como base el método de análisis de citas, se puede proponer un parámetro para medir la relevancia o calidad de las revistas (C_r) independientemente del grupo o categoría al que pertenezcan de acuerdo con el JCR.

Esto es a través de obtener un factor de impacto renormalizado, por cada revista, en cada uno de los grupos a los que pertenezca aplicando una primera fórmula y aplicando una segunda podemos obtener la calidad de la revista para cualquier grupo. El planteamiento es el siguiente (3).

En cada categoría, se tiene una revista con un FI máximo (F_{max}) y podemos obtener el valor de la mediana de las revistas de la misma categoría (F_{med}), de tal manera que se puede construir un nuevo número para cada revista perteneciente a la categoría, de la siguiente forma

$$F_c = \frac{(F - F_{med})}{F_{max} - F_{med}}$$

donde F_c es el nuevo número de la revista considerando su categoría y F es el factor de impacto de la revista. Este tipo de parámetros frecuentemente, en ingeniería, se llama «parámetro reducido» (5). Este número es nuestro factor de impacto renormalizado con la diferencia entre el factor de impacto máximo y el factor de impacto que ocupa la mediana de cada categoría. Este nuevo número es 1 para la revista con máximo F dentro de la categoría y 0 para la revista con el F que ocupa la mediana. F_r negativo implica que la revista ocupa un lugar de menor importancia relativa en la categoría. Con este número se pueden comparar directamente revistas de una categoría con revistas de otra muy distinta, como probaremos en este análisis.

El F_r servirá para definir unívocamente a las revistas que se encuentran dentro del rango entre la revista que ocupa el lugar de la mediana en la lista de la categoría y el máximo, $F_r > 0$. Con esto se pueden presentar los resultados claramente. Cuando una revista aparece en 2 o más categorías (n) y con el afán de tener un solo número se podría obtener el promedio de los factores renormalizados:

$$F_r = \frac{\sum F_{ci}}{n}$$

Si el resultado de esta fórmula es 1 la revista será considerada la más relevante, en tanto vaya siendo menor a 1 hasta 0 la revista es relevante, pero si es menor de cero entonces la revista se considera secundaria dentro de la comunidad científica.

Para subsanar el hecho de que el F_r no tiene acotación inferior, hemos añadido una unidad al valor obtenido ($1 + F_r$) y se puede utilizar el mismo indicador como una función pesada del número de artículos y de investigadores (6). Aquí se usarán tres indicadores:

$$P_w = \sum a_j(1 + F_r)$$

La producción pesada por el F_r será P_w , indicador que incluye la calidad de la revista en que se publica y la frecuencia de publicación,

$$P_d = P - P_w$$

P_d representa la relevancia del investigador promedio, siendo P el número de artículos dividido entre número de investigadores. Finalmente P_r indica la relevancia del artículo promedio.

$$P_r = \frac{P}{P_w}$$

Para el primero revisamos la frecuencia de artículos por revista, la multiplicamos por $(1 + F_r)$ y obtenemos P_w , que será utilizado para obtener los otros dos indicadores.

Con este análisis es evidente la diferencia de resultados, entre considerar sólo el FI y ver la información en gráficas para cada área/dependencia y analizar la información visual que brinda el F_r para las mismas áreas.

Los resultados se presentan resumidos en la tabla I que incluye número de investigadores, número de publicaciones, la frecuencia en las revistas, y los tres indicadores resultantes (P_w , P_d y P_r). En las figuras con los resultados de la aplicación del F_r apreciaremos cómo este indicador permite sin mayores complicaciones estimar el desempeño en la investigación de cada temática.

Se puede objetar el que nuevamente nos basamos en el método creado por Garfield, la respuesta sería que el trabajo que el ISI realiza incluye lo más importante de la literatura que circula en el mundo y para nuestro objetivo primero este reporte es adecuado aunque se puede usar cualquier otro factor de impacto, por ejemplo el de Moed y Leewen (1995)(7).

3 Resultados y discusión

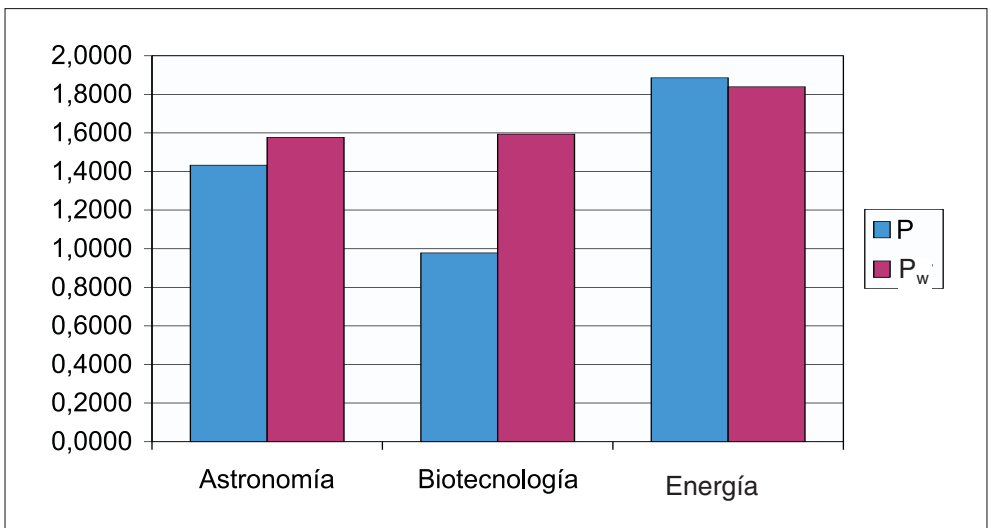
Encontramos que el área de biotecnología (representada por el Instituto de Biotecnología) publica en revistas con FI muy altos, incluso de los más altos incluidos en el *Journal Citation Reports (JCR) 2000* (4) y es de las tres áreas estudiadas aquí, la que más publicó en ese año (88 artículos publicados en 48 revistas de circulación internacional e incluidas en el JCR). Consideramos que esto se debe a las características del

área de investigación. Para el área de astronomía, a través del Instituto de Astronomía (IA), se observa que también tiene una gran cantidad de artículos pero, a diferencia de biotecnología, publican en pocas revistas diferentes pero con una alta frecuencia (116 artículos distribuidos en sólo 15 revistas de circulación internacional). Se incluye en este estudio una dependencia más joven (con cinco años desde su fundación), el Centro de Investigación en Energía, su producción científica en revistas internacionales en el mismo año es de 66 artículos distribuidos en 38 revistas.

Al tomar la información del FI de las revistas de cada área apreciamos que algunas se colocan en lugares relevantes dejando a otras muy lejos de serlo; pero esta apreciación obedece a aspectos subjetivos y no objetivos. Es precisamente de este análisis que surge la necesidad de generar un método adecuado para la evaluación de la investigación en cada área. Una vez que aplicamos el F_r podemos hacer algunas apreciaciones globales, para evitar la consideración a priori sobre la relevancia de los temas. De aquí se puede afirmar que el impacto que cada área científica tiene a nivel internacional es diferente, pero cada una tiene su propia importancia y relevancia.

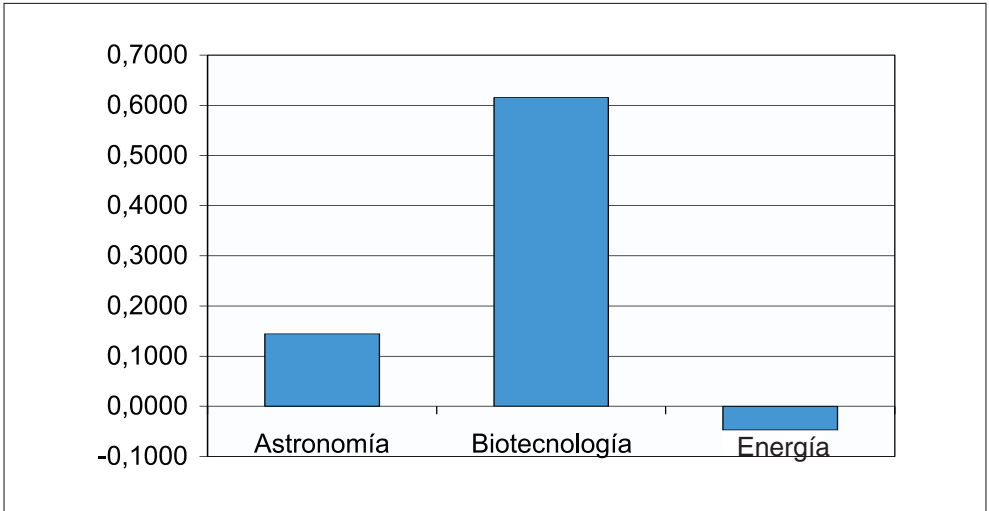
En la figura 1 se muestran los resultados de la aplicación del método tradicional de evaluación P (producción por investigador) comparado con el resultado de pesar los mismos datos P_w . Es evidente la forma en que este indicador equipara las disciplinas, al ver las gráficas con los valores resultantes más cercanos entre sí. Claramente todas estas instituciones publican en promedio en revistas relevantes.

Figura 1
Indicadores producción (P) y la producción pesada (P_w)



En la figura 2 se aprecia que añadiendo la unidad al valor obtenido — F_r — obtenemos nuevos datos y podemos utilizar el mismo indicador como una función pesada por el número de artículos y de investigadores.

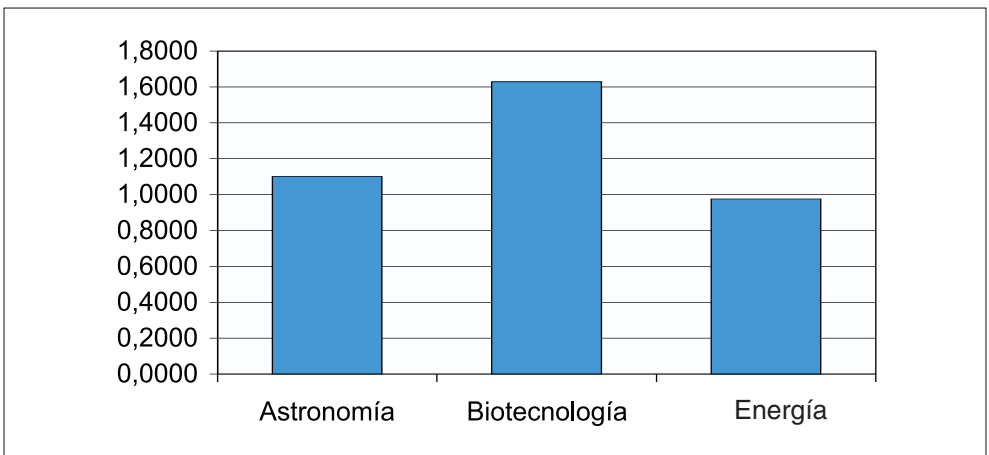
Figura 2
Indicador de relevancia del investigador promedio (P_d)



Definimos la relevancia de la producción de los investigadores de estas tres instituciones con el indicador P_d , y vemos cómo el área de biotecnología casi llega al máximo nivel de relevancia, astronomía está en una posición de ascenso lo que representa valores positivos. El resultado sorprendente es ver al CIE con valores negativos, lo que implica la necesidad de analizar con mayor detalle este caso, y la Institución requiere dar especial atención a este hecho.

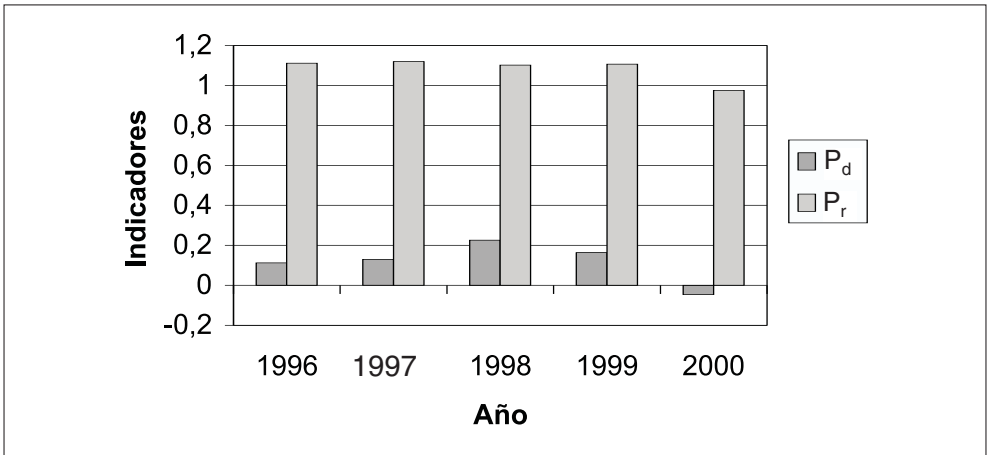
En la figura 3, la calidad promedio del investigador del CIE es por debajo de las otras dos instituciones, pero con valores positivos.

Figura 3
Indicador de calidad del artículo promedio (P_c)



Para hacer un análisis evaluativo de la relevancia del trabajo de investigación del CIE analizamos la historia de la dependencia. En la figura 4 se observan los valores de P_d y P_r , desde 1996 hasta 2000, y apreciamos que hay un cambio drástico en ellas. Seguramente en 2000 se publicaron más artículos, pero en revistas con bajo FI o de nuevo ingreso al JCR, o incluso que algunas en las que ya venían publicando bajaron su relevancia.

Figura 4
Centro de Investigación en Energía 96-00. P_d y P_r



Es también evidente en las gráficas que el CIE ha tenido en los dos últimos años una caída en la relevancia de sus artículos. Podemos decir que el CIE requiere de una revisión minuciosa de su política de publicación porque los resultados que se muestran denotan que hay factores importantes que pueden estar afectando su impacto.

4 Conclusiones

Aunque las áreas de investigación sean muy diferentes hemos ilustrado cómo existen metodologías que facilitan hacer comparaciones objetivas que permitan, sin entrar en consideraciones sobre la mayor o menor importancia de un área, medir el impacto de los trabajos publicados en el ambiente internacional.

Al aplicar el F_r solamente para un año de información permite probar que nuestra metodología aplicada a los resultados de investigación de instituciones multidisciplinares funciona igual para periodos de un año como para intervalos más largos.

Con esta metodología superamos parcialmente las limitaciones que hemos encontrado al uso de los FI, resultando ser una herramienta útil y finalmente necesaria, que facilita aproximarnos a una nueva alternativa de evaluación.

El Factor de impacto renormalizado (F_r) es útil para realizar evaluación del trabajo científico a dos niveles: Uno general que consiste en revisar el impacto científico internacional de las revistas incluidas en el JCR, y otro particular, la aplicación de esta misma metodología a la evaluación de la producción científica de una institución académica multidisciplinaria de cualquier nivel.

5 Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo obtenido para este trabajo de la Secretaría de Educación Pública, a la Lic. Esther García en el manejo de las bases de datos y en la generación de las gráficas, Proyecto DGAPA IN-113100.

6 Referencias

1. KOSTOFF, R. N. y DEL RÍO, J. A. The impact of physics research. *Physics World*, junio 2001, p. 47-51.
2. INGWERSEN, P., LARSEN, B., ROUSSEAU, R. y RUSSELL, J.M. The publication-citation matrix and its derived quantities, *Chinese Science Bulletin*, 2001, vol. 46, p. 524-528.
3. RAMÍREZ, A. M., GARCÍA, E. O. y DEL RÍO, J. A. Renormalized Impact Factor. *Scientometrics*, 2000, vol. 47, p. 3-9.
4. Journal Citation Reports. A Bibliometric Analysis of Science in the ISI Database, Institute for Scientific Information. 2000.
5. CUEVAS, S. y RAMOS, E. Heat transfer in a MHD channel flow with boundary conditions of the tirad kind. *Applied Science Research*, 1991, vol. 48, p. 11-33.
6. RAMÍREZ ROMERO, A. M., GARCÍA M., E. O. GONZÁLEZ, H. D. and DEL RÍO, A. An Approach to Quantitatively Evaluating the Relevance of Articles in Multidisciplinary Institutions. *Proceedings of the 8th International Conference on Scientometrics and Informetrics*, 2001, julio, 16-20, Sydney, Australia, vol. 2, p. 557-563.
7. MOED, H. F. and LEEWEN, T. N. Improving the accuracy of Institute for Scientific Information's journal impact factors. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 1995, vol. 46, p. 461-465.

DINÁMICA DE LA LITERATURA CITADA EN LA FÍSICA MEXICANA EN EL PERÍODO DE MAYOR CRECIMIENTO

Francisco Collazo-Reyes*

Resumen: Se realizó un análisis de las categorías temáticas de las referencias reportadas en la literatura científica de la física mexicana en el periodo de 1990-1999, con el fin de determinar las líneas temáticas de influencia del área en su momento de mayor crecimiento. Se utilizaron dos módulos: uno de referencias y otro de categorías temáticas JCR, y el sistema de clasificación PACS. Se encontraron dos situaciones distintas: por un lado, en términos cuantitativos un patrón de influencias claramente endógeno, fuertemente dependiente de la literatura central del área y, por otro lado, de acuerdo a la diversidad de áreas temáticas, un patrón de influencias naciente para la década de los años 90.

Palabras clave: Física, México, análisis de citas, influencias temáticas, bibliometría.

Abstract: An analysis of the thematic categories of the reported references in the scientific literature of the Mexican physics in the period 1990-1999 was made, with the purpose of determining the thematic lines of influence of the area at the moment of its greatest growth. Two modules were used: one of references and another of JCR thematic categories and the PACS classification system. Two different situations were found: on the one hand, in quantitative terms a clearly endogenous pattern of influences, strongly dependent on central literature of the area and, on the other hand, according to the diversity of thematic areas, a rising pattern of influences for the decade of the nineties.

Keywords: Physics, Mexico, citation analysis, thematic influences, bibliometrics.

1 Introducción

El estudio bibliométrico de la literatura nos permite seguir el proceso de evolución de las disciplinas científicas (1) y la identificación de sus diferentes estados de desarrollo nos ayuda a caracterizar las dinámicas particulares de sus fases de crecimiento (2). Las etapas de mayor crecimiento de la literatura están asociadas más claramente con dinámicas de dispersión e inlfujos de la información y las ideas (3), con efectos de expansión epidémica (4, 5) y de fertilización temática, que han dado lugar a nuevas disciplinas de cruce temático o de orígenes temáticos multidisciplinarios.

* Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Biblioteca de Ciencias Exactas. México. Correo-e: franc@csb.cinvestav.mx.

Este esquema de evolución ha venido ganando aceptación entre las disciplinas científicas, incluyendo las ciencias físicas, en las que se ha ponderado la importancia de su rol en la interacción con otras disciplinas, identificando las principales áreas y formas de fertilización (6), así como el espectro de influencias que ha recibido el desarrollo de sus principales teorías e ideas (7).

Las referencias bibliográficas representan rutas e hilos que conducen a las fuentes de las ideas contenidas en los trabajos y el análisis de las referencias efectuadas a trabajos anteriores que reflejan los rasgos característicos del interés de la comunidad (8). Generalmente estos estudios se apoyan en la organización temática de las referencias.

Con base en un análisis de referencias, se identifica y se analiza la composición temática de las influencias recibidas por la literatura científica de la física mexicana (FM) en el momento de mayor crecimiento de su proceso de maduración y arraigo a las circunstancias locales, basado en una importante secuenciación de esfuerzos generacionales de cinco décadas previos a esta etapa de crecimientos acumulados y de tendencia exponencial. Ello tanto en los aspectos referentes a los insumos como a los productos que han posicionado a la física como la disciplina más productiva de la comunidad científica mexicana, en términos de literatura científica publicada en revistas incluidas en el Science Citation Index (SCI).

Este crecimiento se encuentra monitoreado regularmente a través de diferentes aspectos, metodologías y niveles de estratificación; por ejemplo: 1) por áreas temáticas y para propósitos de desarrollo de política científica y tecnológica, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (9) (CONACYT 2000), desarrolla indicadores de insumos, recursos humanos, producción e impacto científicos; 2) por programas de investigación y docencia, para evaluar la evolución de la matrícula, eficiencia terminal, plantillas académicas (edades, perfiles, roles), producción científica y fuentes de publicación, desarrollados por Pérez Angón y Torres Vega, (10, 11, 12, 13), apoyados en los repertorios de información anual (Catálogos de Programas y Recursos Humanos en Física) (14) elaborados por la Sociedad Mexicana de Física (SMF); y 3) por instituciones de filiación de los autores, como parte de un sistema de información local sobre la literatura científica desarrollado en la Biblioteca de Ciencias Exactas (BCE) del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), para propósitos de investigación bibliométrica-cienciométrica que nos ha permitido identificar el perfil bibliométrico de la disciplina referente a los aspectos de la dinámica, patrones de crecimiento y correlación entre los recursos humanos, la producción científica (15), el impacto (16) y la colaboración científica (17), tanto en forma global como a nivel de las aportaciones específicas de cada una de las instituciones.

Esta investigación es parte de los trabajos desarrollados en la BCE y está apoyada, por un lado, en la base de datos local de la FM y dos nuevos módulos: uno que incluye las referencias hechas en el cuerpo de la literatura científica de la FM y otro que contiene las categorías temáticas (Journal Citation Reports) correspondientes y, por otro lado, en los esquemas de clasificación (PACS), que permitieron organizar las categorías temáticas por niveles de pertenencia a la literatura central de física y astronomía.

La dinámica de la literatura científica está representada por la estratificación de las áreas temáticas de influencia por grados de pertenencia o alejamiento al área analizada, por niveles cuantitativos de preferencias, por dinámicas de crecimiento, identificación de temáticas nuevas y en desuso, así como por la ponderación de cambios en las preferencias.

2 Materiales y métodos

Fuentes de información:

- Base de datos local sobre la física mexicana. Biblioteca de Ciencias Exactas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del –IPN (CINVESTAV).
- Journal Citation Reports (JCR), 2000 (18).
- Physics and Astronomy Classification Scheme (PACS), 2000.
- Science Citation Index, en línea (Web of science).

Metodología

Se identificaron en el SCI las referencias de los trabajos correspondientes a la física mexicana existentes en la base de datos local y se organizaron en un módulo de referencias. Se asignaron categorías temáticas JCR a las referencias y se organizaron en una tabla relacional.

Las referencias fueron organizadas en los dos arreglos temáticos siguientes: 1) de acuerdo a las categorías temáticas JCR; y 2) reagrupadas en áreas generales de acuerdo al esquema de clasificación PACS.

Tratamiento estadístico

Se compararon las dinámicas de crecimiento de la producción científica y las referencias en base al modelo de regresión lineal y al uso de medidas de tendencia central como datos divisores base de las series de ambas variables.

3 Resultados

En total se encontraron 102.343 referencias hechas en 7.310 trabajos, con un promedio general de 14 referencias por trabajo y un incremento de 10,8 en 1990 a 16,5 en 1999.

El 89% (91.589) de estas referencias se refieren a artículos publicados en revistas y el 11% (10.754) restante a trabajos aún no publicados comercialmente como son: tesis, reportes técnicos, notas, preprints, eprints, en prensa, enviados a publicación, aceptados para publicación y trabajos presentados en congresos, conferencias, talleres, escuelas y seminarios.

Las referencias están dispersas en varios cientos de fuentes distintas pero con diferentes niveles de preferencia entre éstas, como se puede apreciar en la tabla I, que incluye las fuentes de mayor influencia en el área.

La tabla I muestra los 50 títulos de revistas científicas más citadas en la literatura de la física mexicana en el periodo de 1990 a 1999, organizadas de mayor a menor número de referencias con su categoría JCR correspondiente. El 82% (41) de estos títulos pertenecen a las áreas propias del estudio y el 18% restante a las categorías de química, electroquímica y ciencias multidisciplinares. En la mayoría de los casos

Tabla I
Fuentes de mayor influencia referidas en la literatura de la física mexicana

Núm.	Fuentes	JCR*	Refs.	Núm.	Fuentes	JCR*	Refs.
1	ASTROPHYS J	1	5648	26	PHYS LETT A	2	457
2	PHYS REV LETT	2	3019	27	SCIENCE	8	449
3	PHYS REV B	3	2867	28	J CATAL	10	442
4	ASTRON ASTROPHYS	1	2419	29	SURF SCI	10	422
5	PHYS REV D	4	1869	30	SOLID STATE COMMU	3	405
6	J CHEM PHYS	5	1843	31	MOL PHYS	5	384
7	PHYS LETT B	2	1603	32	P ASTRON SOC PAC2	1	379
8	M NOT R ASTRON S	1	1509	33	REV MEX FIS	2	379
9	PHYS REV A	5	1308	34	PHYS REV E	9	369
10	J APPL PHYS	6	1171	35	IAU SYMP2	1	362
11	ASTRON J	1	1168	36	THIN SOLID FILMS	6	357
12	PHYS REV	2	916	37	REV MEX AST ASTR	1	326
13	APPL PHYS LETT	6	905	38	J ELECTROCHEM SOC	13	314
14	NUCL PHYS B	4, 7	814	39	OPT COMMUN	12	297
15	NATURE	8	759	40	C QUANT GRAV	2	282
16	J MATH PHYS	9	680	41	AM J PHYS	2	280
17	PHYS REV C	7	572	42	REV MOD PHYS	2	266
18	ASTRON ASTRO SUP	1	558	43	NUCL INS METH B	7	264
19	ASTROPHYS J SUPPL S	1	557	44	OPT LETT	12	258
20	J PHYS CHEM US	10	555	45	PHYSICA C	6	256
21	J AM CHEM SOC	11	501	46	PHYS REP	2	249
22	J PHYS A	2	501	47	PHYSICA A	2	244
23	NUCL PHYS A	7	487	48	P NATL ACAD SCI USA	8	232
24	APPL OPTICS	12	468	49	J VAC SCI TECHNOL A	6	228
25	CHEM PHYS LETT	5	462	50	P ROY SOC LOND A3	8	225

*No. *Categorías JCR

1	Astronomy & Astrophysics	8	Multidisciplinary Sciences
2	Physics	9	Physics, Mathematical
3	Physics Condensed Matter	10	Chemistry, Physical
4	Physics, Particles & Fields	11	Chemistry
5	Physics, Atomic, Molecular & Chemical	12	Optics
6	Physics, Applied	13	Electrochemistry
7	Physics, Nuclear		

se trata de los títulos más representativos en sus categorías. Por ejemplo, los títulos *Astrophys J*, *Astron Astrophys*, *Mon Not R Astron Soc*, *Astron J* y *Astrophys J Sup*, se encuentran entre los 10 primeros lugares de la categoría de Astronomy & Astrophysics en JCR; asimismo los títulos *Phys Rev Lett*, *Phys Rev B*, *Phys Rev D*, *J Chem Phys*, *Phys Lett B*, *Phys Rev A* y *J Appl Phys*, ubicados entre los 10 primeros lugares de la tabla I, representan los títulos de corriente principal en las ciencias físicas: general, de materia condensada, de partículas y campos, atómica-molecular-química y aplicada. Algo similar ocurre con los títulos *Nature*, *Science*, *P Natl Acad Sci* y *P Royal Soc London A*, considerados los más prestigiados en las ciencias naturales y exactas y rankeados, de acuerdo a su factor de impacto JCR-2000, en los lugares 1, 2, 3 y 7, respectivamente, en la categoría de Multidisciplinary Sciences.

Excepto los títulos de *P Astron Soc Pac* e *IAU Symp*, correspondientes al área de astronomía, el resto son considerados por el SCI, incluyendo los títulos *Rev Mex Fis* y *Rev Mex Ast Astr* que son las revistas nacionales más importantes de la comunidad en física mexicana.

La posición que ocupan los títulos *J Am Chem Soc*, *Chem Phys Lett*, *J Catal* y *J Electrochem Soc*, correspondientes a categorías del área de química general y electroquímica, reflejan que la relación o la influencia exógena más fuerte de la comunidad física mexicana la reciben de estas áreas y representan importantes áreas de cruces temáticos con las ciencias físicas.

Las referencias fueron clasificadas de acuerdo al JCR en 119 categorías diferentes organizadas de mayor a menor número de referencias recibidas en la tabla II. Esta tabla muestra, por un lado, una alta concentración del 90 % de las referencias en las categorías tradicionales de la física y astronomía y, por otro lado, una diversificación del doble de las categorías con respecto a las aparecidas en el primer año del estudio.

Las 59 nuevas categorías, marcadas en la tabla II con el número dos, aparecidas a lo largo del periodo estudiado, presentan una alta concentración del 75 % en un periodo corto de 4 años: 1993 a 1996.

En términos cuantitativos la influencia de las nuevas categorías temáticas representa un 10% del total de las referencias, lo que parece todavía una aportación modesta, pero en términos de la diversificación temática provocada representan una situación novedosa en el área atribuible a las circunstancias de la dinámica de crecimiento de la física mexicana en la década de los años 90.

La mayoría de las nuevas categorías presentan una situación intermitente a lo largo del periodo y poco predecible en cuanto al número de citas entre un año y otro. Las categorías que más se incorporan corresponden a las áreas de biología molecular, biomedicina y medicina general.

La tabla III agrupa las categorías JCR de acuerdo a su correspondencia con las clasificaciones temáticas del PACS, resultando tres conjuntos: el primero que incluye las referencias a la literatura central del área, y que se refiere a las categorías que coinciden con alguna clasificación de las 9 áreas del PACS, consideradas como principales: General (00), Physics of Elementary Particles and Fields (10), Nuclear Physics (29), Atomic and Molecular Physics (30), Electromagnetism, Optics, Acoustic, Heat Transfer, Classical Mechanics and Fluid Dynamics (49), Physics of Gases, Plasmas and Electric Discharges (50), Condensed Matter: Structure, Mechanical and Thermal Properties (60), Condensed Matter: Electronic Structure, Electrical Magnetic and Optical Properties (70) y Geophysics, Astronomy and Astrophysics (90). El segundo se refiere a las categorías que en este caso son consideradas como interdisciplinarias o relacionadas con la física, agrupadas en la categoría 80 como Interdisciplinary Physics and Related Areas of Science and Technology.

El tercero denominado periféricas se refiere a las categorías que no cuentan con una clasificación específica dentro del PACS y que tampoco se encuentran dadas de alta en el índice temático.

Las categorías agrupadas como literatura central recibieron el 75,8% de las referencias, las interdisciplinarias el 20% y las periféricas el 5% restante.

Tabla II
Lista de categorías temáticas JCR y número de referencias

<i>Categoría</i>	<i>Refs.</i>	<i>Categoría</i>	<i>Refs.</i>	<i>Categoría</i>	<i>Refs.</i>
Astronomy & Astrophysics ¹	18.714	Geochemistry & Geophysics ²	412	Water Resources ¹	92
Physics ¹	18.672	Fisheries ¹	412	Computer Sci, Artificial Intellig ²	89
Physics, Condensed Matter ¹	8.597	Thermodynamics ¹	397	Immunology ²	89
Chemistry, Physical ¹	6.091	Radiol, Nucl Med & Med Imag ²	395	Dentistry, Oral Surgery & Med ²	89
Physics, Applied ¹	6.017	Multidisciplinary Science ¹	387	Engineering, Civil ¹	87
Materials Science ¹	4.553	Cell Biology ¹	385	Forestry ²	85
Physics, Particles & Fields ¹	3.939	Engineering ¹	362	Pathology ²	77
Chemistry, Mathematical ¹	3.827	Biotechnol & Applied Microb ²	331	Medicine, General & Internal ²	68
Physics, Atomic, Mole & Chem ¹	3.827	Biophysics ¹	330	Engineering, Petroleum ²	66
Physics, Nuclear ¹	3.636	Chemistry, Applied ²	329	Construction & Building Technol ²	64
Optics ¹	2.607	Zoology ²	303	Pharmacology & Pharmacy ²	60
Physics, Fluids & Plasmas ¹	2.154	Mathematics, Applied ¹	291	Computer Sci, Theor & Meth ²	59
Nuclear Science & Technology ¹	1.621	Neurosciences ²	289	Entomology ²	58
Chemistry ¹	1.425	Engineering, Mechanical ¹	282	Biochemical Research Methods ²	51
Mechanics ¹	1.302	Mathematics ¹	281	Public, Env & Occupat Health ²	49
Chemistry, Inorganic & Nuclear ¹	1.291	Robotics & Automated Control ¹	276	Rheumatology ²	47
Engineering, Chemical ¹	1.261	Parasitology ²	240	Materials Science, Biomaterials ²	47
Polymer Science ¹	1.255	Computer Sci, Interdiscipl Appl ¹	229	Physiology ²	45
Marine & Freshwater Biology ¹	1.193	Aerospace Eng & Technol ²	211	Transplantation ²	44
Environmental Sciences ¹	1.151	Engineering, Biomedical ²	208	Rheumatology ²	43
Materials Sci, Coatings & Films ¹	1.145	Microscopy ¹	190	Engineering, Marine ¹	43
Engineering, Electrical & Electr ¹	1.127	Food Science & Technology ²	189	Education, Scientific Disciplines ¹	39
Biology ¹	946	Respiratory System ²	182	Oncology ²	38
Energy & Fuels ¹	902	Chemistry, Organic ²	173	Agriculture, Soil Science ²	37
Biochemistry & Molr Biology ¹	883	Developmental Biology ¹	172	Emergency Med & Critical Care ²	35
Metallurgy & Metallurgical Eng ¹	760	Biology, Miscellaneous ²	170	Tropical Medicine ¹	34
Geosciences, Interdisciplinary ¹	639	Engineering, Environmental ²	164	Cardiac & Cardiovasc Systems ¹	30
Ecology ¹	619	Mineralogy ²	155	Infectious Disease ²	29
Chemistry, Analytical ¹	554	Mathematics, Miscellaneous ²	153	Endocrinology & Metabolism ²	27
Plant Sciences ¹	547	Mining & Mineral Processing ¹	150	Reproductive Biology ²	26
Meteorology & Atmospheric Sci ²	523	Medicine, Research & Exp ²	137	Urology & Nephrology ²	25
Genetics & Heredity ²	509	Microbiology ²	136	Telecommunications ²	21
Oceanography ²	509	Medical Informatics ²	128	Behavioral Sciences ²	19
Crystallography ¹	479	Geology ¹	121	Materials Sci, Paper & Wood ²	19
Materials Science, Ceramics ¹	470	Toxicology ²	116	Horticulture ²	14
Spectroscopy ¹	442	Acoustics ¹	114	Statistics & Probability ²	13
Paleontology ²	435	Mycology ²	100	Medical Laboratory Technology ²	11
Instruments & Instrumentation ¹	426	Limnology ¹	98	Remote Sensing ²	10
Electrochemistry ¹	413	Materials Science, Composites ²	93	Materials Sci, Character & Test ²	10
		Agriculture ²	92	Computer Sci, Hard & Architect ²	8

¹ Corresponden a las categorías citadas en el primer año del estudio: 1990.

² Corresponden a las áreas citadas por primera vez en el periodo de 1993 a 1999.

Tabla III
Correspondencia entre las clasificaciones PACS y las categorías JCR

<i>Literatura central</i>		<i>Interdisciplinarias</i>		<i>Periféricas</i>
Clasific. PACS	Categorías JCR	Clasific. PACS	Categorías JCR	Categorías JCR
43	Acoustics	87.65y	Aerospace Engineering & Technology	Agriculture & Soil Sciences
95	Astronomy & Astrophysics	87.15R 82.80d	Biochemistry & Mol. Biol. Biophysics	Behavioral Sciences
92	Atmospheric & Meteorology Sciences	87.16b	Cell Biology	Biotechnology & Applied Microbiology
07.05Bx	Computer Science. Hardware & Architecture	89.80	Computer Sciences; Theory Methods	Construction & Build. Technology
61	Crystallography	82 82.80d 82.55	Chemistry: Physics Analytical Inorganic & Nuclear	Chemistry: Applied Medicinal Organic
1.4	Education, Scientific Disciplines	80	Dentistry	Biology: Development Reproductive
07.10h 91.65n	Engineering Mechanical Petroleum	87.23n	Ecology & Environmental Sciences	Endocrinology & Metabolism
91.65	Geosciences, Geochemistry	82.35Tv	Electrochemistry	Engineering Civil
07.07a	Instruments & Instrumentation	84.60h	Energy Fuels	Food Sciences Technology
92.40Ni 92.20	Limnology Marine, Oceanography & Water Research	87.80 81 89.60	Engineering: Biomedical Chemical Electric Environmental	Forestry
02	Mathematics Applied	87.14 81.05Je 81.15 81.20 81.70 81.05Lg	Material Sciences: Biomaterials Ceramics Coatings & Films Composites Characterizat. & Testing Paper & Wood	Genetics & Heredity
91.65n	Mineralogy	87.19 87 87.16b 87.19x 89.60x 89.50r 87.50a 87.58b	Medicine: Cardiac & Cardio. System Laboratory Technology General & Internal Infectious Diseases Public Environmental Occupational Health Radiology Nuclear Medicine	Horticulture

Tabla III (continuación)
Correspondencia entre las clasificaciones PACS y las categorías JCR

<i>Literatura central</i>		<i>Interdisciplinarias</i>		<i>Periféricas</i>
Clasific. PACS	Categorías JCR	Clasific. PACS	Categorías JCR	Categorías JCR
41	Optics	81	Metallurgy & Metallurgical Engineering	Immunology
40 30 60 50 47.10g 20 10 20	Physics: Applied Atomic-Molecular-Chem Condensed Matter Fluids & Plasmas Mathematical Nuclear Particles & Fields Nuclear Sciences	87.64t	Microscopy	Medicine Research Experimental Tropical Respiratory System Pathology Rheumatology Urology & Nephrology Transplantation
82.35x	Polymer Sciences	80	Multidisciplinary Sciences	Mycology
07.07Df	Remote Sensing	87.15v	Physiology & Neurosc.	Oncology
45.40In	Robot & Automat. Control	80	Paleontology	Parasitology
29.30h	Spectroscopy			Pathology
05.70a	Thermodynamics			Pharmacol & Pharmacy, Toxicology
				Plant Sciences
				Zoology

Nota: Clasificaciones PACS.

Literatura central

- 00 Physics
 - 01.04 Education
 - 02 Mathematical Methods in Physics
 - 05.70a Thermodynamics
 - 07 Instruments, Apparatus, Components, and Techniques
 - 07.05Bx Computer systems: Hardware, operating systems
 - 07.05Mh Neural Networks, Fuzzy Logic, Artificial Intelligence
 - 07.07a General equipment
 - 07.07Df Sensors (Chemical, Optical, Electrical) Remote Sensing
 - 07.10h Mechanical Instruments, Equipment and Techniques
- 10 Physics of Elementary Particles and Fields
- 20 Physics, Nuclear
 - 29.30h Spectrometers and Spectroscopic Techniques
- 30 Physics, Atomic and Molecular
- 40 Physics of Electromagnetism, Optics, Acoustics, Heat Transfer, Classical Mechanics and Fluid Dynamics
 - 41 Electromagnetism; electron and ion optics
 - 43 Acoustics
 - l43.64Gz Biochemistry and pharmacology of the auditory system
 - 45.40 Robotics
 - 47.17 Mechanical Properties of Fluids
- 50 Physics of Gases, Plasmas and Electric Discharges
- 60 Physics of Condensed Matter: Structure, Mechanical and Thermal Properties
- 61 Structure of Solids and Liquids: Crystallography

- 61.66Fn Inorganic Compounds
- 70 Physics of Condensed matter: Electronic Structure, electrical, Magnetic and Optical Properties
- 90 Geophysics, Astronomy and Astrophysics
 - 91.65n Geophysical aspects of geology, mineralogy, and petrology
 - 92.40Ni Limnology
 - 92.20h Interdisciplinary aspects of oceanography
- 95 Fundamental Astronomy and Astrophysics

Interdisciplinarias

- 80. Interdisciplinary Physics and Related Areas of Science and Technology
 - 80 Materials Science
 - 81.05Je Ceramics and Refractories
 - 81.05lg Polymers and Plastics; rubber; synthetic and natural fibers
 - 81.15 Methods of Deposition of Films and Coatings
 - 81.20 Methods of Materials Synthesis and Materials Processing
 - 81.40 Treatment of Materials and its Effects on Microstructure and Properties
 - 81.70 Methods of Materials Testing and Analysis
 - 82 Physical Chemistry
 - 82.35x Polymers: properties, reactions; reactions and polymerization
 - 82.45Tv Bioelectrochemistry
 - 82.55 Nuclear Chemistry
 - 82.80d Chemical analysis and related physical methods of analysis
 - 84.60h Direct energy conversion and storage
 - 87 Biological and Medical Physics
 - 87.14 Biological Materials
 - 87.10e General theory and mathematical aspects
 - 87.15R Biochemistry
 - 87.15v Biomolecules: Structure and Physical Properties
 - 87.16b Subcellular structure and processes
 - 87.19 Cardiac Dynamics
 - 87.19x Diseases
 - 87.23n Ecology and Evolution
 - 89.50r Urban Planning and Development
 - 87.50a Effects of Radiation and external Fields on Biomolecules, Cells...
 - 87.58b Nuclear Medicine Imaging. Dosimetry, Labeling, Metabolic Studies
 - 87.60x Environmental and Ecological Studies
 - 87.64t Spectroscopy and microscopic techniques
 - 87.65y Aerospace bio- and medical physics (effects of acceleration, weightlessness, and space environment)
 - 87.80 Biological Techniques and Instrumentation; Biomedical engineering
 - 89.80 Computers Science and Technology

Periféricas

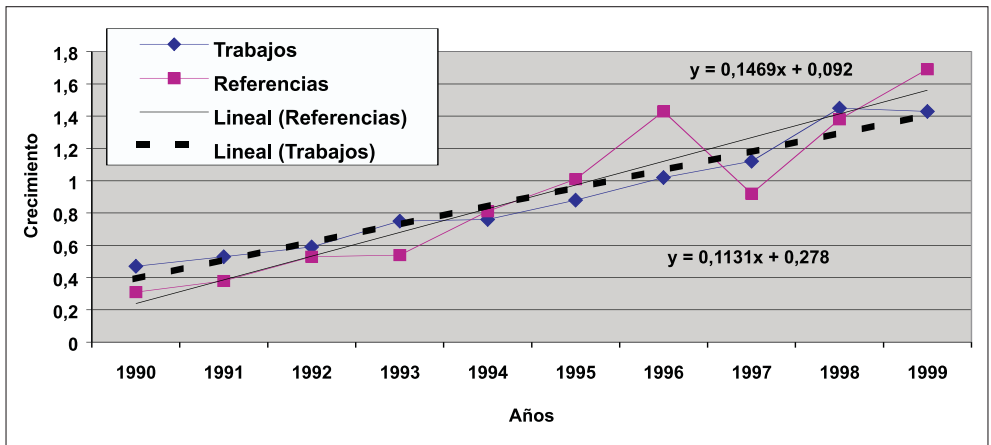
Sin clasificación PACS

Crecimiento de la literatura citada

La figura 1 muestra que la dinámica de crecimiento de las referencias alcanzó y rebasó a la correspondiente a la literatura científica en el periodo analizado, como se puede observar en el cruce de las pendientes resultantes del ajuste lineal de ambas variables y los valores de las pendientes de 0,1469 para el primer caso y de 0,1131 para el segundo.

Este incremento en la dinámica de las referencias refleja el crecimiento en los promedios de referencias por trabajo de 10,84 a 16,55 entre el primero y el último año del periodo analizado.

Figura 1
Física mexicana



La escala de valores del eje «y» representa la dinámica de crecimiento resultante de utilizar el promedio aritmético de ambas variables (trabajos y referencias) como dato divisor base para cada uno de los valores de las 10 series en cada caso.

Con base en esta dinámica general de crecimiento de las referencias, se comparó la dinámica de cada una de las categorías, resultando siete grupos de categorías con dinámicas distintas organizadas en la tabla IV en tres diferentes grupos: con crecimiento, impredecibles e intermitentes.

El primer grupo de la tabla IV incluye las categorías con crecimiento en tres modalidades distintas: 1) se refiere a las categorías con crecimiento mayor al de la dinámica general, mostrada en la figura I, 2) incluye las categorías con crecimientos exponenciales pero con dinámicas menores a la general, 3) se refiere a las categorías con crecimientos mínimos a lo largo de la década.

El segundo grupo de la misma tabla incluye las categorías con comportamientos difíciles de predecir entre un año y otro, divididas en dos subgrupos: 4) las que manifestaron crecimientos y decrecimientos a lo largo del periodo y 5) las que mostraron tendencias de tipo decreciente.

El tercer grupo se refiere a las categorías con las dinámicas más inconsistentes y con apariciones intermitentes a lo largo del periodo: 6) incluye las categorías que tuvieron más de una aparición en la década y 7) las que aparecieron solo una vez.

Las categorías consideradas como parte de la literatura central del área se encuentran en el grupo con dinámicas de crecimiento y las periféricas o de más reciente aparición entre las de comportamiento intermitente. Sin embargo, el grupo con mayor dinámica de crecimiento está integrado principalmente por categorías consideradas como interdisciplinarias como son: Chemistry-Physics, Crystallography, Energy and Fuels, Materials Sciences, Environmental Sciences, Engineering, Metallurgy y Radiology-Nuclear Medicine, complementado con algunas categorías de física. En este grupo no aparecen las áreas de Astronomía y Astrofísica, que son las de mayor influencia.

Tabla IV
Categorías JCR agrupadas de acuerdo a su dinámica de crecimiento

<i>Con crecimiento</i>	<i>Impredecibles</i>	<i>Intermitentes</i>
<p>1 de mayor dinámica Chemistry, Physical Crystallography Energy & Fuels Engineering Engineering, Electrical & Electronic Environmental Sciences Materials Science Materials Science, Ceramics Materials Science, Coatings & Films Metallurgy & Metallurgical Eng. Nuclear Science & Technology Optics Physics Physics, Condensed Matter Physics, Fluids & Plasmas Physics, Nuclear Physics, Particles & Fields Radiology, Nuclear Medicine Robotics & Automated Control</p> <p>2 de tendencia exponencial Astronomy & Astrophysics Biochemistry & Molecular Biology Chemistry, Inorganic & Nuclear Mathematics, Applied Mechanics Oceanography Paleontology Physics, Mathematical Physics, Applied</p> <p>3 discretos Acoustics Aerospace Engineering & Technol Biology, Miscellaneous Biotechnology & Applied Microbiol. Chemistry, Applied Chemistry, Organic Computer Science, Interdisc Appl. Engineering, Chemical Engineering, Environmental Food Science & Technology Geochemistry & Geophysics Marine & Freshwater Biology Mathematics Mathematics, Miscellaneous Mineralogy Mining & Mineral Processing Multidisciplinary Science Physics, Atomic, Mol & Chem. Polymer Science Respiratory System Robotics & Automated Control Spectroscopy Thermodynamics</p>	<p>4 incrementos y decrementos Biology Chemistry, Analytical Ecology Electrochemistry Engineering, Biomedical Engineering, Chemical Engineering, Mechanical Fisheries Genetics & Heredity Geosciences, Interdisciplinary Instruments & Instrumentation Meteorology & Atmospheric Sci. Microbiology Parasitology Plant Sciences Polymer Science</p> <p>5 con tendencia a decrecer Biophysics Cell Biology Construction & Build Technol Geosciences, Interdisciplinary Medical Informatics Mycology Neurosciences Toxicology Zoology</p>	<p>6 con más de una aparición Agriculture Developmental Biology Engineering, Civil Limnology Medicine, Research & Exp. Microbiology Dentistry, Oral Surgery & Medicine Engineering, Petroleum Materials Science, Composites Mineralogy Pharmacology & Pharmacy</p> <p>7 con una sola aparición Cardiac & Cardiovascular Systems Computer Science, Hard & Archit Education, Scientific Disciplines Emergency Medicine & Critical Care Endocrinology & Metabolism Horticulture Immunology Infectious Disease Materials Science, Composites Materials Science, Paper & Wood Medical Laboratory Technology Medicine, General & Internal Remote Sensing Reproductive Biology Statistics & Probability Telecommunications Transplantation Urology & Nephrology</p>

4 Discusión

Los fenómenos de crecimiento rápido de la literatura científica, como es el caso de la física mexicana de la década de los años 90, ocurren acompañados de circunstancias de apertura para la influencia de nuevas áreas temáticas y de cambios en las preferencias, tanto entre las áreas propias de la disciplina, como en algunas áreas que parecían alejadas tradicionalmente.

Los resultados más generales de este estudio reflejan dos situaciones distintas: por un lado, en términos cuantitativos, un patrón de influencias claramente endógeno en la física mexicana, es decir, fuertemente influenciado por la literatura central del área que tiene que ver con las preferencias por las áreas y fuentes temáticas de corriente principal más tradicionales de la física y la astronomía.

Por otro lado, en términos de la diversidad de áreas temáticas, se presenta una situación nueva en el patrón de citación del área, que tiene que ver con la diversificación de influencias de temáticas exógenas, manifestado en la duplicación de la cantidad de áreas temáticas en el periodo analizado y que aunque en términos cuantitativos del número de referencias resulta todavía modesta y la presencia de las nuevas categorías es intermitente, existe un nuevo patrón de influencias de la física mexicana en la década de los años 90. Este patrón naciente cuenta con un nuevo tejido de hilos de influencia y puntos de intersección temáticos de disciplinas externas y tradicionalmente alejadas a las áreas propias de la física.

Las categorías externas de mayor intersección con las ciencias físicas corresponden a las áreas de biomedicina, biología molecular, medicina, ciencias del medio ambiente y las de mayor dinámica corresponden a las categorías consideradas como interdisciplinarias, donde se destaca el crecimiento de las ciencias de los materiales, química-física e ingenierías.

5 Referencias

1. TABAH, N. T. Literature Dynamics: Studies of growth, diffusion, and Epidemics. *Annual Review of Information Sciences and Technology*, 1999, vol. 34, p. 249-286
2. TABAH, N. T. Nonlinear Dynamics and the Growth of Literature. *Information Processing Management*, 1992, vol. 28, p. 61-73
3. WILSON, C. S. Informetrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 1999, vol. 34, p. 107-247
4. GOFFMAN, W. y NEWILLS, V. A. Communication and epidemic processes. *Proceedings of the Royal Society of London. Serie A. Mathematical and Physical Sciences*, 1967, 298, p. 316-334
5. GOFFMAN, W. y NEWILLS, V. A. Generalization of Epidemic Theory. An Application to the Transmission of Ideas. *Nature*, 1964, vol. 204 (4955), p. 225-228
6. Kostoff, R.N. y Del Río, J. A. The impact of Physics Research. *Physics World*, 2001, June, p. 47-51
7. HOLTON, G. Thematic Origins of Scientific Thought; Kepler to Einstein. Cambridge; Harvard University Press, 1974.
8. SANCHO, R. Los indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 1990, vol. 13, p. 3-30.

9. MÉXICO. CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Indicadores de actividades científicas y tecnológicas. Science and technology indicators at a glance. México; SEP; CONACYT. Edición de bolsillo, 1999. <http://www.main.conacyt.mx/>
10. PÉREZ ANGÓN, M. A.; TORRES VEGA, G. Situación de la física mexicana: 1988-1992. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 1993, vol. 7 (3), p. 107-117.
11. PÉREZ ANGÓN, M.A.; TORRES VEGA, G. Retos y perspectivas de la física mexicana: 1989-1993. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, 1994, vol. 8 (3), p. 119-130.
12. PÉREZ ANGÓN, M. A.; TORRES VEGA, G. Una visión de la física mexicana. *Avance y Perspectiva*, 1996, vol. 15 (julio-agosto), p. 203-210
13. PÉREZ ANGÓN, M. A.; TORRES VEGA, G. La física mexicana en perspectiva: 1986-1996, *Interciencia*, 1998, vol. 23 (3), p. 63-175.
14. SOCIEDAD MEXICANA DE FÍSICA. Catálogo de Programas y Recursos Humanos en Física: 1987- 1996. A partir de la edición de 1996 incluye en su cobertura a los países de Centroamérica y del Caribe. En 1997 cambió a «Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física» coeditado entre la Sociedad Mexicana de Física y la Federación Latinoamericana de Sociedades de Física. La edición del 2000-2001 incorporó información sobre la física de los países de la Península Ibérica y modificó su nombre anterior por «Catálogo Iberoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física».
15. MARISCAL RIOS, O. La Física Mexicana 1990-1999: Indicadores Bibliométricos de producción científica documental y recursos humanos. México: Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivonomía, 2002. *Tesis*. 144 p.
16. RAMIREZ NUÑEZ, A. La física mexicana: análisis de citación y su repercusión internacional. *Tesis*. México; Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivomía, 2002. *Tesis*. 114 p
17. HERNÁNDEZ GARCIA, Y. I. Estudio bibliométrico de la colaboración científica en la Física Mexicana: 1990-1999. México: Escuela Nacional de Biblioteconomía y Archivomía, 2002. *Tesis*. 134 p.
18. INSTITUTE FOR SCIENTIFIC INFORMATION. (2000). Journal Citation Reports (science edition): a bibliometric analysis of science journals in the ISI Databases. Philadelphia; ISI Press.

EL SÍNDROME «BIG SCIENCE» Y SU INFLUENCIA EN EL PROCESO DE MADURACIÓN DE LA FÍSICA MEXICANA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES

M.^a Elena Luna Morales*, Francisco Collazo Reyes**

Resumen: Identificamos la influencia de las circunstancias internacionales sobre la evolución de la física de partículas elementales en el proceso de maduración de la disciplina en el ámbito local mexicano, a través de un estudio bibliométrico de la producción e impacto científicos y los recursos humanos de la física mexicana de partículas elementales (FMPE). El estudio se apoya en tres fuentes de información: (1) un sistema internacional de información especializado en el área de física de altas energías (SLAC-SPIRES-HEP); (2) Los Catálogos Latinoamericanos de Programas y Recursos Humanos en Física 1985-2001; (3) una base de datos desarrollada localmente sobre la producción e impacto de la Física mexicana en el área, durante el periodo 1971-2000. Encontramos que la influencia «big science» ha dado lugar a una nueva estructura organizacional de la FMPE y a una nueva dinámica de crecimiento de recursos y productos. Esta dinámica se encuentra cuantificada en este trabajo en forma de indicadores bibliométricos de entrada (crecimiento de los recursos humanos, programas y grupos de investigación) y de salida (incrementos en la producción e impacto científicos).

Palabras clave: gran ciencia, Física, México, colaboración científica multi-institucional, Bibliometría.

Abstract: The influence of the international circumstances on the evolution and the process of research maturation in elementary particle physics in Mexico is identified. For this purpose a bibliometric study of the scientific production and impact, as well as the human resources involved have been employed. The study is conformed in the following three information sources: (1) an international information system specialized in the area of High Energy Physic (SLAC-SPIRES-HEP); (2) the Latin American Catalogs of Programs and Human Resources in Physics 1985-2001; and (3) a database locally developed about the production and impact of Physics in Mexico, during the period 1971-2000. Big science research has given place to a new organizational structure of the FMPE and a new dynamic of growing resources and products. This was quantified in the present work in terms of input and output bibliometric indicators, mainly to the increase of human resources, research programs and groups; and in the increment of the production and scientific output.

Keywords: big science, Physics, Mexico, scientific collaboration multi-institutional, Bibliometrics.

* Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Departamento de Servicios Bibliográficos. México. Correo-e: elena@csb.cinvestav.mx.

** Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN. Biblioteca de Ciencias Exactas. México. Correo-e: collazo@linux.bfm.cinvestav.mx.

1 Introducción

La investigación científica y tecnológica ha seguido procesos de evolución cada vez más complejos que implican la coordinación de grandes grupos de investigación, como consecuencia a la solución de grandes problemas. Con frecuencia es cada vez más evidente la colaboración entre científicos: desde hace más de medio siglo la idea del científico aislado va quedando como recuerdo de imágenes borrosas, (1) para dar lugar a las conocidas redes sociales de colaboración científica (2). El tamaño del grupo en una colaboración, o «colaboratorio» está en función del área de investigación de que se trate y no representa otra cosa que la integración de esfuerzos para desarrollar y aplicar investigación a un área científica (3). Actualmente estos «colaboratorios» son punta de lanza (4) en varios campos de la investigación científica, particularmente en la biología molecular y en la física de altas energías, desarrollando los proyectos de investigación a mayor escala y los más representativos dentro del fenómeno de la gran ciencia («big science»).

El síndrome «big science» como señala Moravcsik (5) se ha extendido a diferentes disciplinas, agregando nuevas modalidades y mecanismos efectivos de consolidación a la cultura de la colaboración, compartiendo laboratorios, instrumentos, datos, tecnologías y la información a través de bibliotecas digitales (3) con la participación de distintos países, instituciones y universidades, no sólo para hacer frente a problemas, sino porque el mismo implica la integración de recursos en distintos niveles (6) desde el esfuerzo físico y mental del científico hasta la participación económica, tecnológica y cultural de los participantes.

La física de partículas elementales es un área de investigación relativamente joven (7, 8), su progreso está asociado al desarrollo de los grandes aceleradores de partículas, dando origen a uno de los desarrollos más espectaculares en el campo de la física y generando la incorporación de una nueva área de estudio dirigida al sondeo de la materia nuclear, asociada a la evolución generacional de los aceleradores dependientes de los estados del arte de la tecnología y una secuenciación de descubrimientos importantes correspondientes a cada una de estas generaciones (9).

A mitad de los años 60 la colaboración en esta área de investigación fue de grupos pequeños no mayores de 10 participantes, para los años 70 se incrementaron a 50 integrantes; actualmente estas colaboraciones involucran a 200 y 400 científicos (9), principalmente si se trata de colaboraciones realizadas en los grandes centros experimentales localizados en Estados Unidos y Europa. Estas actividades han dado a la investigación una circunstancia sociológica distinta y no es una actividad exclusiva del campo de la física, también ocurre en el ámbito de la biología molecular, principalmente en el proyecto sobre el genoma humano (8).

El concepto «big science» acuñado por Weimberg (10) y Price (11) se refiere a la ciencia de los laboratorios a gran escala como parte de un fenómeno de transición de la pequeña a la gran ciencia. La acepción del concepto «big science» como «síndrome» usada en este trabajo, tiene que ver con la interpretación de Moravcsik (5), del concepto como un fenómeno que expande sus síntomas a nuevas disciplinas, aplicado en este caso a revisar la presencia del fenómeno «big science» representado por los esfuerzos en torno al desarrollo de trabajo experimental en la Física de Partículas Elementales (FPE), aspectos altamente dependientes de los países de incubación del fenómeno.

En México, la FPE presenta sus primeros antecedentes a partir de 1961, impulsada particularmente por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (12). En la década de los años 70 se incorporó el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) a través del Departamento de Física, convirtiéndose con el tiempo en pionero en la formación de recursos humanos en el área. En este mismo periodo se sumó la Escuela Superior de Física-Matemáticas del IPN (ESFM-IPN).

Para los años 80 se incorporaron la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), la Universidad de Guanajuato (UGto.), la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y la Universidad Autónoma de Puebla (UAP), entre otras, sumando en la actualidad 10 dependencias de instituciones mexicanas dedicadas a la formación e investigación en FPE.

Los esfuerzos para crear viabilidad a la investigación experimental en la FMPE, comenzaron a principios de los años 80 con la visita a México del entonces director del Fermi National Accelerator Laboratory (FERMILAB), Leon Lederman, quien con la idea de promover la física de partículas en América Latina, respaldó la participación de mexicanos en el primer proyecto de colaboración, denominado E766 (13) y la formación de físicos experimentales en el área en la misma institución donde éste era líder.

En 1989, Clicerio Avilez, físico experimental en el área, creó el primer grupo orientado a la investigación experimental en el Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato. Por su parte el CINVESTAV, a través de su Departamento de Física, negoció programas de colaboración con FERMILAB y otros laboratorios para la formación de recursos humanos que incluyen cursos de verano, estancias de trabajo, formación de estudiantes de Maestría, Doctorado y Posdoctorado, en los principales centros internacionales de experimentación como son: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN), Deutsches Elektronen Synchrotron (DESY) y FERMILAB. Actualmente la Universidad de Guanajuato y el CINVESTAV ofrecen la especialización en el área (12).

La base de datos sobre FMPE desarrollada en la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV, reporta la participación de investigadores adscritos a instituciones mexicanas en 15 proyectos de investigación (tabla I), cada uno de éstos en distintas etapas de desarrollo y con funciones muy específicas y distintas en cada proyecto, incluyendo aspectos que tienen que ver con la planeación y construcción de detectores, con sede en FERMILAB, CERN y DESY. La participación en la Colaboración Pierre Auger, representa para México la representación más grande en recursos humanos e instituciones y la primera participación en la modalidad de astro partículas.

Ante este panorama analizamos la influencia de las circunstancias internacionales de evolución de la disciplina en el proceso local de maduración de la FMPE, a través del estudio bibliométrico de los siguientes aspectos: 1) los escalamientos en la formación de recursos humanos que representan los esfuerzos orientados a la institucionalización y profesionalización de la actividad científica en el área, 2) la dinámica de crecimiento de la literatura, y 3) la producción e impacto científicos.

2 Fuentes de información y metodología

Fuentes de información:

- Bases de datos del Stanford Linear Accelerator Centre (SLAC) complementado con el sistema administrador y recuperador de información, Stanford Physics Information REtrieval System (SPIRES) en física de altas energías (HEP), 1971-2000.
- Base de datos local sobre FMPE, 1971-2000 (Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN).
- Catálogos Latinoamericanos de Programas y Recursos Humanos en Física (CLPRHF) 1985-2001.

Tratamiento de la información

Se identificaron en el sistema SLAC-SPIRES las citas correspondientes a los trabajos existentes en la base de datos de la FMPE y se adicionaron como un nuevo módulo de la misma. De igual manera se localizaron y organizaron los recursos humanos correspondientes al área de la FMPE en los CLPRHF.

Tratamiento estadístico

Se realizó un análisis de las series de datos correspondientes a los recursos humanos, producción e impacto científicos, basado en el modelo de regresión lineal y en el ajuste de diferentes líneas de tendencia para determinar el patrón de crecimiento de las variables mencionadas.

Se determinaron las dinámicas de crecimiento de las variables correspondientes a recursos humanos, producción e impacto, a partir del uso de medidas de tendencia central como datos divisores base de las series de cada variable.

3 Resultados

3.1 Recursos humanos

La tabla I presenta el crecimiento por décadas en recursos humanos para la FMPE. Estos recursos fueron formados en cinco instituciones nacionales y quince extranjeras localizadas en diez países diferentes. La misma tabla muestra que la responsabilidad y los lugares de formación de los recursos humanos se han diversificado hacia nuevas instituciones y países entre una década y otra.

De los 67 especialistas del área, 50 (75%) están dedicados fundamentalmente al trabajo de tipo teórico y 17 (25%) al experimental (tabla II), que también muestra que los esfuerzos en la formación de físicos experimentales tiene un periodo de apenas 16 años (1984-2000), en el cual se han formado 17 doctores, la mayoría incorporados en distintos grupos de investigación establecidos en diferentes instituciones del país, par-

Tabla I
Recursos humanos en FMPE

<i>Años</i>	<i>Rec. humanos por década</i>	<i>Grado otorgado por</i>	<i>País</i>	<i>Instituciones Adscripción</i>
1971-1980	10	Cinvestav ESFM-IPN UNAM Univ. Católica de Lovaina Univ. de California Univ. de Chicago Univ. de Varsovia Univ. Trieste	México Polonia EUA Italia Bélgica	CINVESTAV ESFM-IPN UNAM
1981-1990	19	Cinvestav ESFM-IPN UNAM Univ. Cat. de Lovaina Univ. de Florida Univ. de Oxford Univ. de Texas Univ. Estatal de Michigan	México EUA Inglaterra Bélgica	CINVESTAV-UM ESFM-IPN UNAM UAM UAP UGto UMSNH UAEMo UAS
1991-2000	37	Cinvestav ESFM-IPN UNAM UGto. UAP Univ. de Dortmund Univ. de Durham Univ. de Minnesota Univ. de Utkal Univ. Heidelberg Univ. Nal. de la Plata Univ. Oxford Univ. Texas A&M	México Argentina EUA India Inglaterra Alemania Rusia	CINVESTAV CINVESTAV-UM ESFM-IPN FCFM-UAP UNAM UAM UASLP UGto UMSNH UAEMo UAS UAZ UNISON UGuadalajara
Subtotal	67		10	14

Fuente. Catálogo Latinoamérica de Programas y Recursos Humanos en Física. Base de datos de la Sociedad Mexicana de Física.

ticularmente CINVESTAV-Zacatenco, CINVESTAV-UM, UGto, UASLP, UAP, UMSNH. La formación de estos recursos está asociada a la física experimental de altas energías desarrollada con aceleradores de partículas, establecidos en los principales centros internacionales como son: FERMILAB, CERN y DESY.

La incorporación de estos nuevos perfiles experimentales a las instituciones mencionadas, representa un cambio novedoso en la organización de las plantillas del personal académico de la FMPE, compuestos tradicionalmente sólo con perfiles teóricos.

Tabla II
Formación de recursos humanos experimentales en FMPE

Formación		Recursos formados N.º científicos	Laboratorio y/o Universidad	Adscripción actual
Año inicio	Año fin			
1984	1989 1992	Científico 1 Científico 2	FERMILAB FERMILAB	IF-UGto. IF-UASLP
1985 1987	1990 1992	Científico 3 Científico 4	FERMILAB HEIDELBERG	U Puerto Rico IF-UASLP
1988	1991	Científico 5 Científico 6 Científico 7	CERN FERMILAB CERN	CINVESTAV-DF CINVESTAV-DF IF-UGto.
1991	1992	Científico 8	FERMILAB	FCFM-UAP
1993 1997 1997	1994	Científico 9 Científico 10 Científico 11	CERN DESY FERMILAB	IF-UGto. CINVESTAV-M Tecnológico-Morelia
1996 1994 1998	1998	Científico 12 Científico 13 Científico 14	FERMILAB FERMILAB FERMILAB	IF-UGto. UVeracruzana IF-UMSNH
1995 1996	1997 2000	Científico 15 Científico 16 Científico 17	FERMILAB FERMILAB FERMILAB	CINVESTAV-DF CINVESTAV-DF ICN-UNAM

Fuente. Catálogo Latinoamericano de Programas y Recursos Humanos en Física, 1987-

3.2 Producción e impacto científicos

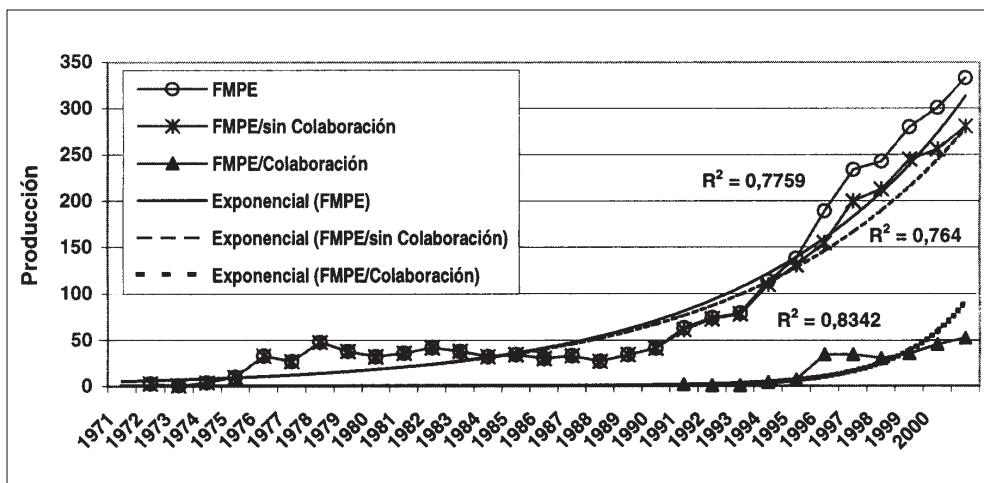
Producción

La FMPE ha generado 2.301 trabajos publicados en el periodo 1971-2000, dispersos en distintos tipos de fuentes que incluyen artículos en revistas, libros, congresos, tesis, pre-prints, experimentos y reportes técnicos.

La figura 1 muestra los crecimientos de la producción científica del área, representados por tres líneas: la primera se refiere a la producción general; la segunda a la producción sin los trabajos realizados en colaboración y la tercera a los trabajos producidos en colaboración internacional.

El cambio en el ritmo de crecimiento manifestado por la FMPE a principios de la década de los 90, muestra crecimientos ajustados a líneas de tendencia exponencial muy similares, con valores de $R^2 = 0,7759$, para el primer caso, $R^2 = 0,7640$ para el segundo y $R^2 = 0,8342$ para el tercero. Lo anterior permite interpretar que la FMPE mantiene esfuerzos paralelos de maduración con dinámicas propias entre los grupos teóricos y experimentales.

Figura 1
Patrón de producción de la FMPE: 1971-2000

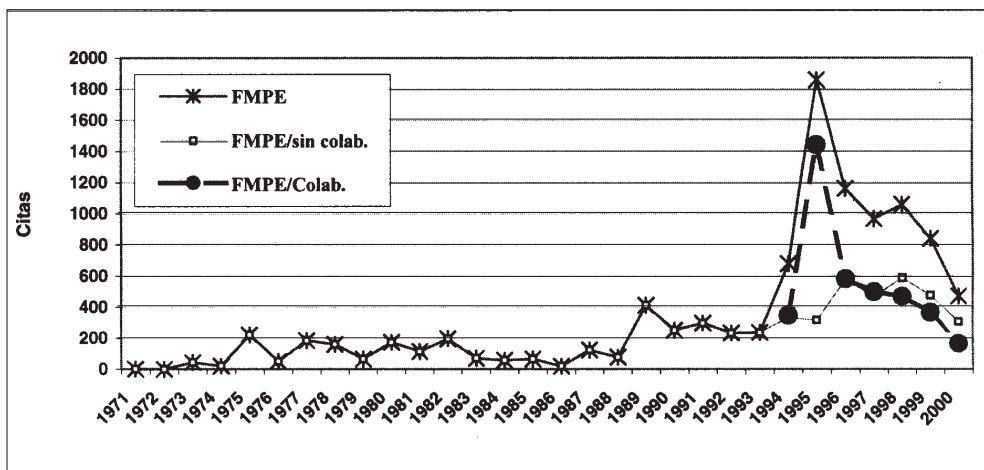


Fuente. Base de datos de la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN.

Impacto

El impacto de la FMPE constituye una auténtica red de citación que involucra 10.170 citas, con ligas a cientos de nodos representados por fuentes de publicación, categorías temáticas, autores e instituciones de adscripción. La figura 2 muestra en forma gráfica la evolución del impacto relacionada con series anuales de tiempo, apoyados en tres trazos referentes a: 1) el impacto global de la FMPE, 2) el impacto de los

Figura 2
Dinámica del Impacto reportado en la FMPE: 1971-2000



Fuente: Base de datos de la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN.

trabajos desarrollados por los grupos teóricos, y 3) el impacto de los trabajos desarrollados por los grupos experimentales en proyectos «big science». De acuerdo con estos datos y a diferencia del caso de la producción, las citas hechas a los trabajos en colaboración sí determinan la dinámica de crecimiento del impacto de la FMPE en la década de los años 90, situación que se puede ver en el gráfico a través de la línea correspondiente al impacto sin la colaboración.

El crecimiento de las citas, a partir de la influencia de los trabajos en colaboración, resulta completamente atípico con relación a la tendencia de las décadas anteriores y está fuertemente determinado por el impacto logrado por los trabajos publicados en 1995 y que tienen que ver con la participación del grupo de investigación del CINVESTAV en el hallazgo más importante realizado en el proyecto de colaboración D0, titulado «Observations of the Top Quark» publicado en la revista *Physics Review Letters* y que hasta el 2001 tiene reportadas 816 citas hechas principalmente en los dos años siguientes a su publicación. Lo que también explica el decremento en las citas de los años posteriores.

3.3 Colaboración en Big Science

De acuerdo con el sistema SLAC-SPIRES-HEP y nuestra base de datos local, México inicia la participación en proyectos de colaboración en «big science» a partir de 1990, a través del proyecto EMPACT del que se originaron los dos primeros trabajos mostrados en la tabla III, misma que señala los 15 proyectos con participación de mexicanos. Estos proyectos han generado un total 245 trabajos que representan 14% de la producción del área en la década de los años 90.

El proceso de acercamiento a los grandes centros experimentales como estrategia para la formación de recursos, ha traído como consecuencia el arraigo de algunos investigadores a los proyectos y el reconocimiento de varios liderazgos (tabla IV) jugando un rol importante en la coordinación y formación de recursos humanos en el área.

La tabla V reporta 3.845 citas para los trabajos en colaboración, que representan el 47% del impacto logrado en el ámbito nacional en la década de los años 90. Destacan las citas obtenidas a los trabajos de colaboración D0 y E791, 3.024 citas para el primero y 604 para el segundo, con aportación del 44% con respecto al impacto global de la FMPE durante el mismo periodo. En tanto que su aportación en el ámbito de la colaboración es de 78% (D0) y 15% (E791), sumando entre ambos el 93% de las citas acumuladas.

4 Discusión

Los resultados bibliométricos presentados en este trabajo, muestran en términos cuantitativos una disciplina en el momento de mayor crecimiento, producto de un estado dinamizado por un doble escalamiento de esfuerzos realizados en torno al proceso de complementación entre el desarrollo tradicional de los grupos teóricos y la aparición, en este entorno local, de los primeros grupos de investigación experimental, desarrollados en condiciones altamente dependientes de las circunstancias internacionales del fenómeno «big science».

Tabla III
Participación de instituciones mexicanas en colaboraciones Big Science

Número	Nombre proyecto	Tra- bajos	Año pub.	Instituciones participantes	Institución sede	País sede
1	E791	156	1993	CINVESTAV-DF	FERMILAB	EUA
2	E791	31	1996	CINVESTAVDF IF-UAP	FERMILAB	EUA
3	H1	23	1999	CINVESTAV-UM CINVESTAV-DF	DESY	Alemania
4	SELEX-E781	10	1999	IF-UASLP	FERMILAB	EUA
5	FOCUS/ E831	5	2000	CINVESTAV-DF IF-UAP	FERMILAB	EUA
6	ALICE	5	1996	CINVESTAV-DF IF-UAP	CERN	Europa
7	E690 (E766)	4	1998	UGTO	FERMILAB	EUA
8	E766	3	1994	UGTO	BROOKHAVEN	EUA
9	GEM	2	1991	CINVESTAV-DF UGTO		
10	EMPACT	2	1990	UGTO	FERMILAB	EUA
11	E789	1	1993	CINVESTAV-DF	FERMILAB	EUA
12	E756	1	1999	CINVESTAV-DF	FERMILAB	EUA
13	E687	1	1992	CINVESTAV-DF	FERMILAB	EUA
14	Auger	1	1996	CINVESTAV-DF, UNAM, IF-UAP, UMNH INAOE	FERMILAB	EUA y Arg.
15	BTeV	1	1998	CINVESTAV-DF	FERMILAB	EUA

Fuente. Base de datos de la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN.

Tabla IV
Líderes mexicanos en colaboraciones Big Science

Líder de proyecto	Proyecto y/o experimento	Laboratorio	Año proyecto	Adscripción de líder
Científico 1	E766/BNL766	BROOKHAVEN	1986	IFUGto.
Científico 1	FNAL690	FERMILAB	1988	IFUGto.
Científico 2	D0	FERMILAB	1996	CINVESTAV-DF
Científico 3	Pierre Auger Collaboration	FERMILAB, CERN	1996	CINVESTAV-DF
Científico 4	H1	DESY	2000	CINVESTAV-UM
Científico 5	Selex	FERMILAB	1985	IF-UASLP
Científico 6	ALICE	CERN	2000	CINVESTAV

Fuente. Base de datos de la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN.

El crecimiento de los grupos experimentales determinado en este estudio, es parte de un proceso reciente de expansión de la disciplina hacia la región latinoamericana, promovido y regulado desde los países sede de los grandes centros experimentales, pero con un importante impacto en los aspectos locales de la producción e impacto

Tabla V
Impacto de la FMPE en colaboraciones Big Science

<i>Años</i>	<i>Experimento citado por año</i>	<i>Citas a experimentos por año</i>	<i>Citas acumuladas a cada experimento</i>	<i>Porcentaje por experimento</i>
1994	D0	347	347	0,78
1995	“	1.441	1.788	
1996	“	441	2.229	
1997	“	407	2.636	
1998	“	343	2.979	
1999	“	45	3.024	
1998	Btev	1	1	0
1997	E756	1	1	0
1996	E791	247	247	0,15
1997	“	91	338	
1998	“	161	499	
1999	“	100	599	
2000	“	5	604	
2000	FOCUS	12	12	
1999	H1	100	100	0,003
2000	“	103	203	0,052

Fuente. Base de datos de la Biblioteca de Ciencias Exactas del CINVESTAV-IPN.

científicos, la formación y crecimiento de los recursos humanos y grupos de investigación, el crecimiento de los roles de los investigadores y de las instituciones en los proyectos de colaboración. Todos estos escalamientos de esfuerzos forman parte de los aspectos internos del ámbito académico-científico de la disciplina y, de acuerdo con los historiadores de la ciencia (14, 15, 16) y los especialistas en política científica (17, 18, 19), estas influencias corresponden a las etapas de institucionalización y profesionalización del proceso de maduración de las disciplinas científicas a las condiciones locales de países con menor tradición científica.

Los estudiosos del proceso de evolución de las disciplinas «big science» (20, 21, 22, 23), recomiendan no confundir los aspectos de crecimiento cuantitativo con elementos propios de una tercera etapa del proceso de maduración de las ciencias, que se refiere a la industrialización o endogenización como un desarrollo largo y complejo de lograr que tiene que ver con la repercusión del quehacer científico en la sociedad (18, 24), efectos que sólo pueden ser identificados y evaluados en los países de incubación de la disciplina. En tanto que la influencia «big science» en el ámbito local mexicano ocurre únicamente dentro de los límites de la actividad científico-académica.

La reciente integración de laboratorios en la UGto., UASLP y en CINVESTAV, el nacimiento de la primera colaboración con países de la región México-Brasil (25), la presentación de resultados a partir de la instalación de un detector de superficie (prototipo) instalado en la Universidad de Puebla, como parte del proyecto de colaboración Auger (26), generan expectativas en torno a la posibilidad de desarrollar trabajo experimental en el ámbito local.

5 Conclusiones

El síndrome «big science» se ha extendido a la comunidad científica mexicana de partículas elementales influyendo en las primeras etapas del proceso de maduración local (institucionalización y profesionalización), desarrollado principalmente en torno a los grupos de investigación teórica. La influencia «big science» ha dado lugar a una nueva estructura organizacional de la FMPE y a una nueva dinámica de crecimiento de sus recursos y productos. Esta dinámica se encuentra cuantificada en este trabajo en forma de indicadores bibliométricos de entrada (crecimiento de los recursos humanos, programas y grupos de investigación) y de salida (incrementos en la producción e impacto científicos).

6 Agradecimientos

A los Drs. Miguel Angel Pérez Angón por la revisión del trabajo, y a Alberto Sánchez por su colaboración en la integración de la base de datos local sobre Física Mexicana de Campos y Partículas Elementales.

El presente trabajo fue apoyado parcialmente con recursos del proyecto CONACYT-G28102-E.

7 Bibliografía

1. GÓMEZ ROMERO, P. ¿Se acabó la ciencia en el garaje? *El País*, 2000, sep. 6.
2. NEWMAN, M. E. Scientific collaboration networks. I. Network construction and fundamentals results. *Physical Review*, 2001, vol. 64, p. 016131-1016131-8.
3. GLASNER, P. From community to 'collaboratory'? The Human Genome Mapping Project and the changing culture of science. *Science and Public Policy*, 1996, vol. 23(2), p. 109-116.
4. RUSSELL, J. M. Scientific communication at the beginning of the twenty-first century. *International Social Science Journal*, 2001 vol. 168 (june), p. 273-282.
5. MORAVCSIK, M. J. The contemporaneous assessment of a big science discipline. En *The Evaluation of scientific research*. Chichester, London: Wiley; Ciba Foundation Conference, 1989, p. 188-200.
6. PICKERING, A. R. y TROWER, W. P. Sociological problems of high-energy physics. *Nature*, 1985, vol. 318(21), p. 243-245.
7. TIGNER, M. Does accelerator-Based particle physics have a future? *Physics Today*, 2001 (January), p. 36-40.
8. TRILLING, G. U.S. Collaboration on the LHC program. *Beam Line*, 1997 (winter), p. 20-26.
9. ROSEN, S. P. The march toward higher energies. En NECIA GRAND y GEOFFREY B. (editor). *Particle physics*. New York: Cambridge Press, 1988, p. 150-155.
10. WEINBERG, A. M. Impact of large-scale science on the United States. *Science*, 1961, vol. 134 (Julio), p. 164-168.
11. PRICE, DJ DE SOLLA. *Little science, big science*. New York: Columbia University Press, 1963.
12. ZEPEDA, A. La Física de partículas elementales en México. *Foros: diagnóstico de la física en México. México; Academia Mexicana de Ciencias: Presidencia de la República; CONACYT*, 1998, p. 118-124.

13. HERRERA CORRAL, G. Leon M. Lederman and the High Energy Physics in Mexico. En AYALA, A., CONTRERAS, G. y HERRERA, G. (editores). *Particles and Fields. Seventh Mexican Workshop (Nov. 10-17: Mérida, Yucatán, 1999)*. New York: AIP, 2000, p. 250-251.
14. SALDAÑA, J.J. El perfil de la ciencia en América. *XI Congreso Interamericano de Filosofía*, 1986, Guadalajara, Jal., p. 57-80.
15. SALDAÑA, J. J. y AZUELA, L. F. De amateurs a profesionales: las sociedades científicas Mexicanas en el siglo XIX. *Quipu*, 1994, vol. 11(2), p. 135-172.
16. POLANCO, X. La ciencia como ficción. Historia y contexto. *XI Congreso Interamericano de Filosofía. 1986*, Guadalajara, Jal., p. 41-56.
17. VESSURI, H. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados. *XI Congreso Interamericano de Filosofía*. 1986, Guadalajara, Jal., p. 7-30.
18. LEITE LOPEZ, J. Science and the making of contemporary civilization. En MALEK, A., BLUE, G. y PECUJLIC, M. (editores). *Science and Technology in the transformation of the world*. Japan: United Nations University, 1982, p. 1-11.
19. SALOMON, J. J. Modern science and technology. En SALOMON, J. J., SAGASTI, F. y SACHS, C. (editores). *The Uncertain quest: science, technology, and development*. New York: United Nations University, 1994, p. 46-79.
20. MORAVCSIK, M. J. The crisis in particles physics. *Research Policy*, 1977, vol. 6, p.78-107.
21. IRVINE, J. y MARTÍN, B .R. CERN: Past performance and future prospects. I. CERN's position in world high-energy physics. *Research Policy*, 1984, vol. 13, p. 183-210.
22. IRVINE, J. y MARTÍN, B. R. CERN: Past performance and future prospects. II. The scientific performance of the CRN accelerators. *Research Policy*, 1984, vol. 13, p. 247-284.
23. IRVINE, J. y MARTÍN, B. R. CERN: Past performance and future prospects. III. CERN and the future of world high-energy physics. *Research Policy*, 1984, vol. 13, p.311-342.
24. SALOMON, J. J.; SAGASTI, F. R. y SACHS JEANTET, C. Introduction : from tradition to modernity. En SALOMON, J. J., SAGASTI, F. y SACHS, C. (editors). *The Uncertain quest: science, technology, and development*. New York; United Nations University, 1994, p. 15-43.
25. ANJOS, J. C. y CUAUTLE, E. Recent results on charm physics from Fermilab. En AYALA, A., CONTRERAS, G. y HERRERA, G. (editores). *Particles and Fields. Seventh Mexican Workshop (Nov. 10-17: Mérida, yucatán, 1999)*. New York; AIP, 2000, p. 172-198.
26. COTTI, U. y ZEPEDA, A. EL Proyecto Pierre Auger: astropartículas y rayos cósmicos ultraenergéticos. *Avance y Perspectiva*, 1998, vol. 17, p.131-135.

ANÁLISIS DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD DE LOS INVESTIGADORES PUERTORRIQUEÑOS EN CIENCIAS QUÍMICAS DURANTE EL PERÍODO 1992-1999

Elías Sanz*, Carmen Martín*, Mariano Maura**, Beatriz Rodríguez**, Carlos García-Zorita* y María Luisa Lascuraín*

Resumen: La interdisciplinariedad es uno de los aspectos del proceso de producción de conocimiento que reviste hoy en día mayor interés, puesto que permite establecer sinergias entre los distintos campos científicos, con el fin de aumentar la eficiencia de la actividad investigadora. Para conocer esta interdisciplinariedad existen varios métodos que van desde los más tradicionales que derivan de la sociología, hasta aquellos que requieren la aplicación de indicadores bibliométricos. La actividad científica de los investigadores puertorriqueños del departamento de Química de la Universidad de Puerto Rico, en su conjunto, ha sido abordada y analizada bibliométricamente, pero en este trabajo se estudian los distintos aspectos vinculados a la interdisciplinariedad de los investigadores de ciencias químicas, a través del estudio temático de las revistas en las que publican sus trabajos, y el de las referencias bibliográficas que consultan. La información se ha obtenido de la base de datos *Science Citation Index* (SCI), que recoge las aportaciones más significativas de estos científicos. Otros de los aspectos que se analizan son las relaciones observadas entre interdisciplinariedad de la investigación y la colaboración existente entre los científicos, o con el impacto o visibilidad de la investigación.

Palabras clave: Producción científica, interdisciplinariedad, química, indicadores bibliométricos.

Abstract: Interdisciplinarity is one of the most relevant aspects in the process of knowledge production today, for the synergies it affords between the various fields of science to enhance the efficiency of research. The methods for ascertaining such interdisciplinarity range from the most traditional sociological approaches to the deployment of bibliometric indicators. Bibliometric methods have been used to study and analyse scientific activity of the Department of Chemistry of University of Puerto Rico as a whole, but the present study addresses a series of questions relating specifically to interdisciplinarity among research chemists, by studying the subjects covered in the journals where their papers are published and the bibliographic references consulted. The information used was taken from the *Science Citation Index* (SCI) database, which includes the most significant contributions made by these scientists. Other aspects analysed were the relationships observed between interdisciplinary research and collaboration among scientists or between the interdisciplinarity and the impact or visibility of papers.

Key words: Scientific production, interdisciplinarity, chemistry, bibliometric indicators.

* Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad Carlos III de Madrid. España. Correo-e: elias@bib.uc3m.es

** Escuela Graduada de Ciencias y Tecnologías de la Información. Universidad de Puerto Rico.

1 Introducción

La interdisciplinariedad es una de las características de la actividad científica que ha concentrado un gran interés entre los investigadores desde hace más de 15 años. Este interés viene dado por conocer las sinergias que se producen en las distintas disciplinas como consecuencia del aumento en la complejidad de los procesos científicos que exigen la aportación de las metodologías y conocimientos de distintas áreas, con el fin de ser más eficiente con los distintos recursos disponibles en el sistema científico.

La interdisciplinariedad científica es un término tan amplio que permite analizarla desde distintas vertientes, lo que ha dado lugar a numerosas aproximaciones. Algunas de ellas, como la de Qin y otros (1), consideran que la interdisciplinariedad se puede identificar a distintos niveles de interacción, como es la de científico-científico, donde se puede conocer esta interdisciplinariedad a partir de la coautoría, aunque, como también reflejan los autores, la autoría múltiple no tiene por qué significar que intervienen varias áreas en la investigación. La segunda interacción es la que se produce entre los científicos y las fuentes referenciadas fuera de sus propias disciplinas, que denominan como interacción científico-información. Por último, la interacción información-información que se produce a un nivel macro, y esta relación interdisciplinar se establece cuando las revistas de una disciplina hacen referencias frecuentes a revistas de otras disciplinas.

Para Hurd (2) la interdisciplinariedad estaría implicada en las demandas del trabajo de los investigadores respecto al uso de ideas, conceptos, materiales, o instrumentos de otras disciplinas. En este sentido, para este autor el aporte científico proveniente de diferentes disciplinas es el sustrato que constituye la base de la interdisciplinariedad.

Los objetivos de este trabajo se han dirigido a conocer determinados aspectos de la interdisciplinariedad vinculados con la participación de otros campos científicos en las áreas de investigación en las que trabajan los químicos puertorriqueños, como son los relativos a los distintos campos científicos que intervienen en la investigación, la relación entre el número de campos distintos y la colaboración científica entre los autores, así como los aspectos relativos a la repercusión que tiene la interdisciplinariedad frente a la visibilidad de la investigación publicada.

Para ello, se han utilizado aquellas técnicas que requieren la aplicación de indicadores bibliométricos, puesto que han demostrado una gran utilidad en el estudio y análisis de distintas características de la actividad científica, entre las que cabe destacar la interdisciplinariedad (3, 4).

2 Metodología

El análisis de la interdisciplinariedad en ciencias químicas se ha realizado a partir del estudio temático de las revistas en las que publican sus trabajos los investigadores del Departamento de Química de la Universidad de Puerto Rico, así como de las referencias bibliográficas que consultan. Para ello, se ha consultado la base de datos *Science Citation Index (SCI)*, que recoge las aportaciones más significativas de estos científicos, así como las referencias bibliográficas que han consultado para su investigación.

Para recuperar los registros de la base de datos del *Science Citation Index (SCI)*, correspondientes al período de 1992 a 1999, se utilizó el campo de afiliación de autores,

y la estrategia aplicada fue: *UNIV-PUERTO-RICO, DEPT CHEM*. Para cada uno de los registros obtenidos se importaron datos tanto de los campos bibliográficos habituales (autor, título, título de revista, afiliación, etc.) como de otros campos de interés bibliométrico (tipo de documento, idioma) incluido el campo de referencias bibliográficas. La masa de datos así obtenida ha sido tratada con el gestor bibliográfico personal Procite™ utilizando las facilidades de conversión y tratamiento de ficheros que incorpora este tipo de software. Finalizado este proceso, se procedió al filtrado de datos, detectando y eliminando los registros duplicados y aquéllos que respondieran a instituciones localizadas fuera de la isla. Se obtuvo así una base de datos que contó con 790 registros. En una fase posterior se procedió a la reelaboración de los datos para añadir en cada registro la temática y la visibilidad de las revistas fuente. Para la clasificación temática de los documentos se tuvo en cuenta el criterio de agrupación en grandes áreas del *Journal Citation Reports / Science Citation Index (JCR/SCI)* del año 1995. Este criterio también ha sido utilizado por otros autores para conocer la interdisciplinariedad en el campo de la química (5).

Sin embargo, hay que tener en cuenta las limitaciones existentes al utilizar esta clasificación temática, puesto que en el *Journal Citation Reports* son las revistas las que se clasifican y no los artículos; de tal manera que si una revista publica algún artículo de un tema distinto al de su especialidad, éste se asignará erróneamente a la temática de la revista.

La visibilidad de las publicaciones se determinó consultando la posición que las mismas ocupaban dentro de las temáticas en las que habían sido clasificadas por el JCR/SCI del año intermedio del estudio (1995), o en su defecto, en el correspondiente al año anterior o posterior. A cada revista tratada se le asignó su pertenencia o no al primer cuartil de la distribución del factor de impacto correspondiente a la clasificación temática en la que estaba incluida.

En la última fase del tratamiento de los datos se obtienen y preparan los *inputs* necesarios que permiten su posterior tratamiento y tabulación con herramientas informáticas del tipo hoja de cálculo (EXCEL 7.0 para Windows) que permitan la obtención de los indicadores bibliométricos que conforman este estudio.

El análisis de las referencias bibliográficas incluidas en los documentos fuente se realizó siguiendo este proceso, con parámetros de asignación temática y visibilidad similares a los descritos más arriba. Este análisis permitió conocer las características de la bibliografía consultada por los investigadores en su labor científica.

Para el análisis de los datos se utilizaron indicadores bibliométricos unidimensionales y multidimensionales. Estos últimos son aquéllos que permiten tener en cuenta, de modo simultáneo, las distintas variables o las múltiples relaciones que pueden ser observadas en los documentos (6). La elaboración de este tipo de indicadores requiere la utilización de técnicas de análisis multivariable que permiten elaborar mapas que representen gráficamente las características comunes que presenten los investigadores.

Algunos de los indicadores unidimensionales considerados en el estudio han sido la temática de los documentos publicados y de las referencias bibliográficas consultadas, la colaboración científica entre los autores, o la visibilidad de los documentos publicados y referenciados por los investigadores.

En cuanto a los indicadores multidimensionales utilizados, en este caso han sido los mapas obtenidos mediante el «*Análisis de Correspondencias*», técnica que permite conocer y establecer cómo son las relaciones entre las variables contrastadas, analizar la

existencia de asociación o relación entre ellas y transformar una tabla con información numérica en una representación gráfica que facilita la interpretación de dicha información (7, 8).

3 Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del tratamiento y análisis de los indicadores bibliométricos obtenidos de los documentos publicados y consultados por los investigadores puertorriqueños en Ciencias Químicas. La información aportada por estos indicadores ha permitido conocer diversos aspectos de la interdisciplinariedad en la actividad científica de estos investigadores.

3.1 Temática de los documentos publicados y consultados por los investigadores

En la tabla I se puede apreciar la mayor apertura temática que muestran los químicos puertorriqueños a la hora publicar sus investigación. En este sentido, hay que decir que el 70,39% de los documentos que publican están encuadrados en algunas de las especialidades de la Química, mientras que de los documentos restantes el 29,61% estarían vinculados a campos de otras disciplinas, como Física, Cristalografía, Farmacología, etc. Por tanto, casi la tercera parte de los documentos que publican pertenecen a áreas externas a la disciplina de Química.

En cuanto a las temáticas de los documentos consultados por los químicos puertorriqueños en sus investigaciones, es decir, aquéllos que aparecen en las referencias bibliográficas de los documentos que publican, en la tabla II se muestran los porcentajes de dichas temáticas. Estos datos permiten conocer la otra cara de la investigación, como es la variedad de disciplinas que necesitan consultar los investigadores para llevar a cabo su labor científica.

Tabla I
Temáticas de los artículos publicados por los investigadores

<i>Posición</i>	<i>Temáticas</i>	<i>Núm. docs.</i>	<i>%</i>
1	Química General	68	14,59
2	Química-Física	60	12,88
3	Física Atómica, Molecular y Química	56	12,02
4	Química Orgánica	55	11,80
5	Cristalografía	49	10,52
6	Bioquímica y Biología Molecular	41	8,80
7	Física	24	5,15
8	Química Inorgánica y Nuclear	17	3,65
9	Química Analítica	14	3,00
10	Ingeniería Química	9	1,93
11	Electroquímica	8	1,72
12	Farmacología y Farmacia	8	1,72
13	Biofísica	7	1,50
14	Física Aplicada	6	1,29
15	Microbiología	5	1,07
	Otras	39	8,37

Tabla II
Temáticas de los trabajos que aparecen en las referencias bibliográficas
(solamente se consideran las temáticas que aparecen con una frecuencia superior
a 100 documentos)

<i>Posición</i>	<i>Temáticas</i>	<i>Posición public.*</i>	<i>Número docs.</i>	<i>%</i>
1	Química General	1	2.434	23,56
2	Química-Física	2	1.266	12,25
3	Química Orgánica	4	1.022	9,89
4	Física	7	1.016	9,83
5	Física Atómica, Molecular y Química	—	831	8,04
6	Bioquímica y Biología Molecular	6	652	6,31
7	Química Analítica	9	393	3,80
8	Química Inorgánica y Nuclear	8	373	3,61
9	Ciencias Multidisciplinares	—	276	2,67
10	Cristalografía	5	208	2,01
11	Farmacología y Farmacia	12	170	1,65
12	Física de la Materia Condensada	—	126	1,22
13	Electroquímica	11	124	1,20
14	Biofísica	13	108	1,05
15	Física Aplicada	14	101	0,98
	Otras		1.231	11,96
	Total		10.331	100

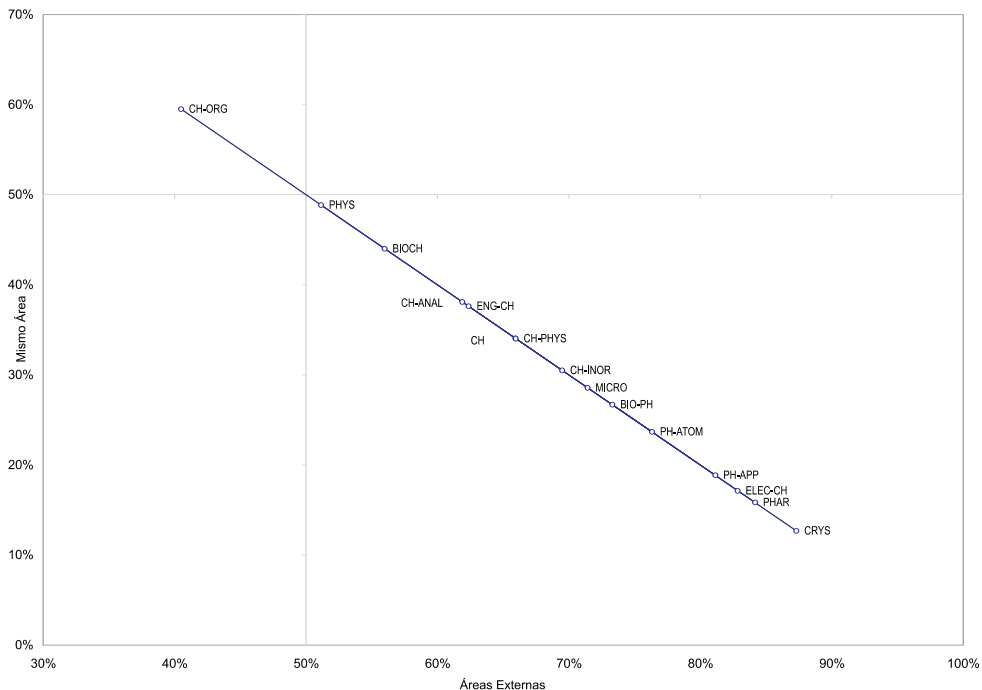
* Posición como temática de publicación (v. tabla III).

Cuando se comparan los datos de la tabla II con los de la tabla I, los primeros referidos a las temáticas de los documentos que los químicos puertorriqueños consultan y los segundos donde publican, hay que señalar que la mayoría de los temas en los que publican coinciden con los que consultan, excepto en cuatro de ellos (Ingeniería Química, Microbiología, Ciencias Multidisciplinares y Física de la Materia Condensada). También hay que señalar los porcentajes tan similares que se producen en ambos casos al analizar los campos que pueden incluirse dentro de Química, puesto que el 68,66% de los documentos que consultan pertenecen a alguno de ellos, frente al 70,39 % de los que publican.

Sin embargo, un análisis más detallado permite determinar que en algunos de los campos se producen importantes diferencias, como es el caso de Química General donde el porcentaje de documentos que utilizan (23,56%) es muy superior al que publican (14,59%), y Física Atómica, Molecular y Química, donde se produce el caso contrario, puesto que utilizan menos documentos (8,04%) de los que publican (12,02%).

En cuanto a la relación existente entre las temáticas referenciadas en la bibliografía consultada que se realizan al mismo área frente a las realizadas a áreas externas, en la figura 1 se muestran los resultados obtenidos, y en el anexo I se encuentran los nombres desarrollados de cada una de las temáticas que aparecen. En la figura se puede observar cómo la Química Orgánica (CH-ORG) es la que más referencias bibliográficas hace a su propia área (59,5%), mientras que cristalografía (CRYS) es la que menos hace (12,7%). El área de Física (PH) se encontraría en el término medio, puesto que el porcentaje de referencias a su propia área es del 48,9%.

Figura 1
Distribución de las temáticas referenciadas: referencias a la misma área (%) vs. referencia a áreas externas (%)



Otro aspecto importante de la investigación era el de conocer el número de temáticas distintas que habían sido citadas por los investigadores puertorriqueños en cada una de las áreas en las que investigaban, así como la relación existente entre este número y la colaboración establecida por ellos, y que se determinó a partir del índice de coautoría. En cuanto al número de disciplinas, éste se ha calculado no considerando aquellas cuyo porcentaje de citación era menor del 0,5% del total de citaciones recibidas. En la tabla III se reflejan estos valores, y como se puede observar la Cristalografía, con 41 temáticas, es la disciplina que tiene un mayor número de ellas, seguida de la Bioquímica y Biología Molecular con 24; mientras que la Química Orgánica, con sólo 11, y la Física Atómica, Molecular y Química, y la Física, ambas con 13, son la que menos temáticas tienen en sus referencias bibliográficas. El promedio de temáticas distintas es de 18,3.

Cuando consideramos el número de áreas respecto a la colaboración entre los autores, la realización de un análisis de regresión simple no ha mostrado la existencia de dependencia entre estas dos variables, puesto que el coeficiente de determinación es prácticamente nulo ($R^2 = 0,0083$). Esto indicaría que una mayor interdisciplinariedad no trae consigo una mayor colaboración científica entre los investigadores, contrariamente a lo que en un principio se podría esperar.

Otro aspecto que se quiso analizar era la relación existente entre las temáticas citadas y las citantes; para ello, se elaboró un mapa (figura 2), a partir de un análisis de correspondencias, que permitió representar las temáticas que aparecen con mayor fre-

Tabla III
Número de temáticas distintas de las referencias bibliográficas que participa en cada uno de los temas de publicación, e índice de coautoría

<i>Temas de publicación</i>	<i>Núm. de temáticas de las referencias</i>	<i>Índice de coautoría</i>
Química General	18	3,25
Química-Física	15	3,25
Física Atómica, Molecular y Química	13	3,09
Química Orgánica	11	3,09
Cristalografía	41	3,47
Bioquímica y Biología Molecular	24	4,05
Física	13	3,29
Química Inorgánica y Nuclear	16	3,71
Química Analítica	18	2,50
Ingeniería Química	17	1,89
Electroquímica	17	2,75
Farmacología y Farmacia	19	4,63
Biofísica	17	3,29
Física Aplicada	16	4,00
Microbiología	17	6,20

cuencia en las referencias bibliográficas consultadas respecto a las temáticas de las fuentes donde publican los químicos puertorriqueños. Como puede observarse en la figura, aparecen 4 grupos temáticos: en la parte superior izquierda del centro de ejes de coordenadas, y muy alejada de los otros grupos, se sitúa en solitario la Química Orgánica (CH-ORG), tanto en fuentes como en referencias. En la parte inferior izquierda se sitúa un grupo compuesto por temáticas de las ciencias de la vida, como son: Farmacología y Farmacia (PHAR), Bioquímica (BIO-CH), Biofísica (BIO-PH) y Microbiología (MICRO).

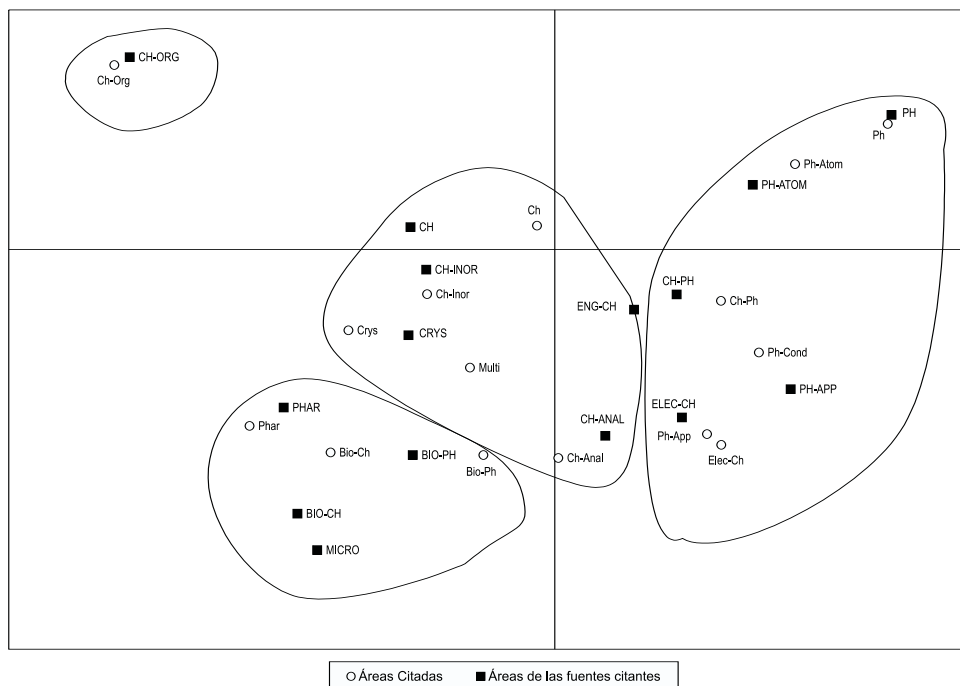
Otro de los grupos, en este caso ocupando una posición central, está formado por la mayoría de las temáticas pertenecientes a la Química (Química General-CH, Química Inorgánica-CH-INOR, Química Analítica-CH-ANAL e Ingeniería Química-ENG-CH).

Por último, en la parte derecha se sitúa el cuarto grupo que lo forman gran parte de las áreas de Física (Física-PH, Física Aplicada-PH-APP y Física de la Materia Condensada- PH-Cond), junto con las áreas compartidas por la Química y la Física (Física Atómica, Molecular y Química-PH-ATOM y Química Física- CH-PH).

3.2 Visibilidad de las temáticas donde publican y consultan los investigadores

La visibilidad o el impacto se ha determinado a partir del número de orden que ocupan las revistas en las distintas temáticas donde se clasifican los documentos que han publicado o utilizado los químicos puertorriqueños; de tal manera que sólo se consideraran aquellos artículos que tienen la mayor visibilidad, es decir, aquéllos situados en el primer cuartil (primer 25% de las revistas de cada temática). Estos datos se han obtenido a partir de la consulta al *Journal Citation Reports/Science Citation Index (JCR/SCI)*, tal y como se comentó en la metodología.

Figura 2
Temáticas citadas vs. temáticas de las fuentes (A. de correspondencias)



En la tabla IV se muestran los valores correspondientes a la visibilidad de las temáticas de los documentos publicados. En dicha tabla se observa que más del 50 % de los artículos publicados en 8 de las 14 temáticas están situados en el primer cuartil, siendo el porcentaje de algunas de estas temáticas superior al 75%, como es el caso de Física Atómica, Molecular y Química (80,4%), Física Aplicada (83,3%), Ingeniería Química (100%) y Microbiología (100%). También hay que mencionar que resulta llamativo que en el caso de la Cristalografía ninguno de los 49 documentos publicados lo hayan sido en revistas del primer cuartil.

En cuanto a la visibilidad de las temáticas de los documentos consultados por los investigadores puertorriqueños, los valores porcentuales se reflejan en la tabla V. En dicha tabla se observa que en 12 de las 15 temáticas los documentos referenciados están situados en el primer cuartil, siendo las de mayor visibilidad (las que tienen un porcentaje superior al 75%) la Química Orgánica (77,3%), Física (84,9%), y Ciencias Multidisciplinares (92%).

Cuando se comparan los valores de la tabla IV con los reflejados en la tabla V, se observa una mayor visibilidad en las temáticas que consultan respecto a las que publican, puesto que el promedio en el primero caso es del 61,1%, mientras que en el segundo es del 52%. Al comparar los valores de cada una de las temáticas, se observa que esta tendencia se produce en la mayoría de ellas, excepto en Física Aplicada y en Bioquímica y Biología Molecular donde se observa una mayor visibilidad en los documentos publicados respecto a los consultados.

Tabla IV
Visibilidad de las temáticas de los documentos publicados

<i>Temática</i>	<i>Número artículos</i>	<i>Art. 1.^{er} cuartil</i>	<i>%</i>
Química General	68	17	25,0
Química-Física	60	31	51,7
Física Atómica, Molecular y Química	56	45	80,4
Química Orgánica	55	39	70,9
Cristalografía	49	0	0,0
Bioquímica y Biología Molecular	41	19	46,3
Física	24	18	75,0
Química Inorgánica y Nuclear	17	6	35,3
Química Analítica	14	2	14,3
Ingeniería Química	9	9	100,0
Electroquímica	8	5	62,5
Farmacología y Farmacia	8	2	25,0
Biofísica	7	1	14,3
Física Aplicada	6	5	83,3
Microbiología	5	5	100,0
Otras*	39	19	48,7
Promedio	—	—	52,0

* Temáticas con menos de 5 artículos.

Tabla V
Visibilidad de las temáticas de los documentos consultados

<i>Temática</i>	<i>Número artículo</i>	<i>Art. 1.^{er} cuartil</i>	<i>%</i>
Química General	2.434	1.063	43,7
Química-Física	1.266	813	64,2
Química Orgánica	1.022	790	77,3
Física	1.016	863	84,9
Física Atómica, Molecular y Química	831	592	71,2
Bioquímica y Biología Molecular	652	295	45,2
Química Analítica	393	170	43,3
Química Inorgánica y Nuclear	373	194	52,0
Ciencias Multidisciplinares	276	254	92,0
Cristalografía	208	113	54,3
Farmacología y Farmacia	170	102	60,0
Física de la Materia Condensada	126	90	71,4
Electroquímica	124	79	63,7
Biofísica	108	29	26,9
Física Aplicada	101	68	67,3
Otras*	1.236	748	60,5
Promedio	—	—	61,1

* Temáticas con menos del 1% de referencias.

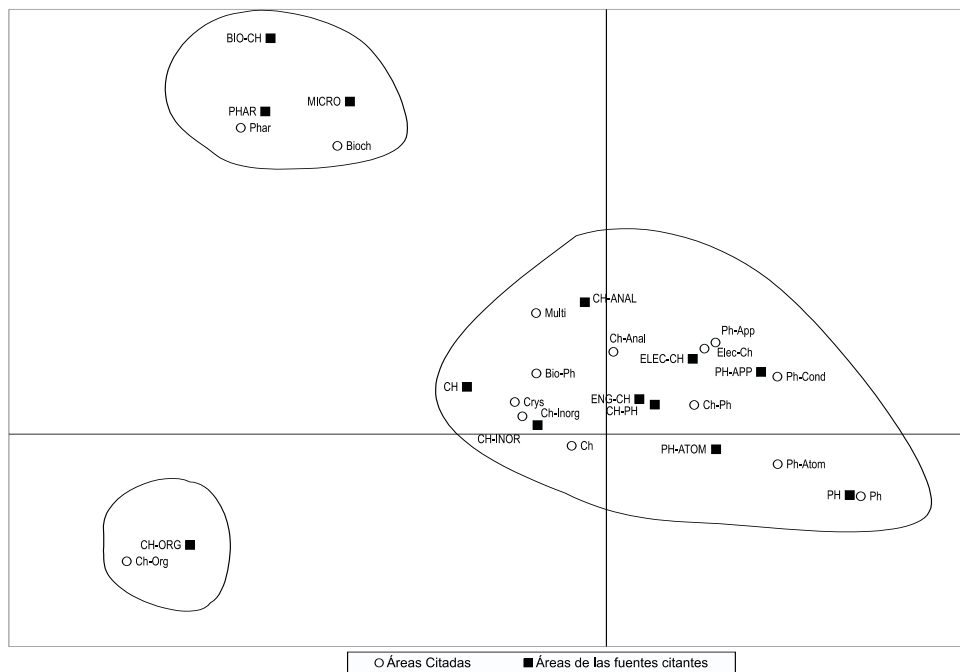
En la figura 3 se ha representado mediante un Análisis de Correspondencias sólo aquellas temáticas de las revistas fuente donde han publicado algún documento los químicos puertorriqueños y que tienen una mayor visibilidad (las revistas incluidas en el

primer cuartil por el *JCR/SCI*), frente a las temáticas de los documentos referenciados en esas fuentes. En este caso, y al tener en cuenta sólo estos documentos, aparecen 3 grupos muy separados entre sí. Uno de estos grupos se sitúa en la parte superior izquierda de la figura, dedicado a ciencias de la vida (Farmacología y Farmacia-PHAR, Bioquímica-BIO-CH y Microbiología-MICRO).

El otro grupo, situado en la parte inferior izquierda, está formado por la Química Orgánica (CH-ORG). Finalmente, aparece un gran grupo central donde se sitúan todas aquellas temáticas que mantienen una gran interrelación, como son: Química General-CH, Química Inorgánica-CH-INOR, Física-PH, Física Atómica-PH-ATOM, Química Física-CH-PH, etc.). En este grupo se situarían aquellas temáticas que son más interdisciplinares, puesto que son las que participan con mayor frecuencia con otras.

Cuando se analizan los resultados de la figura 3, se observa que, cuando se consideran las fuentes de mayor visibilidad, algunas de las temáticas de las fuentes de publicación presentan una menor interdisciplinariedad, y ésta es fundamentalmente con áreas afines (Ciencias de la Vida y Química Orgánica). El resto de temáticas siguen mostrando una gran interdisciplinariedad, de forma similar a la figura 2; es decir, teniendo en cuenta todas las revistas de publicación.

Figura 3
Temáticas citadas vs. temáticas de las fuentes (A. de correspondencias). Primer cuartil



4 Conclusiones

Conocer la interdisciplinariedad es un aspecto importante en la investigación, puesto que permite determinar las distintas especialidades externas a la de los investigadores cuyas ideas, técnicas o metodologías son incorporadas en su actividad científica. En el caso de los químicos puertorriqueños la interdisciplinariedad que muestran en su investigación, tanto en sus publicaciones como en la bibliografía que consultan, es muy similar y no muy elevada, puesto que el porcentaje de las temáticas externas a la Química donde publican o utilizan es aproximadamente de un 30%. Sin embargo, se producen importantes diferencias entre algunas temáticas, como es el caso de Química General donde utilizan un porcentaje de documentos de esta temática muy superior al que publican; y Física Atómica, Molecular y Química, donde se produce el caso contrario, puesto que utilizan menos documentos de esta especialidad de los que publican.

En cuanto al peso que tiene la propia temática en la interdisciplinariedad de cada una de las áreas analizadas, es la Química Orgánica la que tiene un mayor porcentaje de referencias endógenas (59,5%), mientras que Cristalografía es la que menos tiene (12,7%). Por tanto, cuando se compara la interdisciplinariedad de las distintas áreas, se observa que en Cristalografía es en la que intervienen un mayor número de temáticas, mientras que en Química Orgánica es en la que menos participan. Cuando se analizan estos resultados con los de la colaboración entre los autores (índices de coautoría) no se observa ninguna relación de dependencia entre ellos ($R^2 = 0,0083$). Lo cual indica que una mayor interdisciplinariedad no está vinculada con una mayor participación de autores en los grupos de investigación.

Cuando se analiza la visibilidad de los documentos, se observa una mayor visibilidad en las temáticas que consultan respecto a las que publican, puesto que el promedio en el primer caso es del 61,1 %, mientras que en el segundo es del 52%.

La interdisciplinariedad, cuando se analizan los documentos con mayor visibilidad, se observa que es menor en algunas de las áreas (Ciencias de la Vida y Química Orgánica). El resto de temáticas siguen mostrando una gran interdisciplinariedad, muy semejante a la que se observa cuando se analizan todos los documentos, independientemente de su grado de visibilidad.

Anexo I
Equivalencia de las etiquetas empleadas en las figuras

<i>Áreas de las fuentes</i>		<i>Áreas de las revistas citadas</i>	
Química	CH	Química	Ch
Química-Física	CH-PH	Química-Física	Ch-Ph
Fís. Atómica, Molecular y Química	PH-ATOM	Química Orgánica	Ch-Org
Química Orgánica	CH-ORG	Física	Ph
Cristalografía	CRYS	Física Atómica, Molecular y Química	Ph-Atom
Bioquímica y Biol. Molecular	BIO-CH	Bioquímica y Biología Molecular	Bio-Ch
Física	PH	Química Analítica	Ch-Anal
Química Inorgánica y Nuclear	CH-INOR	Química Inorgánica y Nuclear	Ch-Inor
Química Analítica	CH-ANAL	Ciencias Multidisciplinares	Multi
Ingeniería Química	ENG-CH	Cristalografía	Crys
Electroquímica	ELEC-CH	Farmacología y Farmacia	Phar
Farmacología y Farmacia	PHAR	Física de la Materia Condensada	Ph-Cond
Biofísica	BIO-PH	Electroquímica	Elec-Ch
Física Aplicada	PH-APP	Biofísica	Bio-Ph
Microbiología	MICRO	Física Aplicada	Ph-App

5 Referencias

1. QIN, J.; LANCASTER, F. W. y ALLEN, B. (1997). Types and levels of collaboration in interdisciplinary research in the sciences. *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 48, n.º. 10, p. 893-916.
2. HURD, J. M. (1992). The Future of University Science and Technology Libraries: Implications of Increasing Interdisciplinarity. *College & Research Libraries*, vol. 13, n.º. 1, p. 17-32.
3. PORTER, A. L. y CHUBIN, D. E. (1985). An indicator of cross-disciplinary research. *Scientometrics*, vol. 8, n.º. 2-3, p. 161-76.
4. TOMOV, D. T. y MUTAFOV, H. G. (1996). Comparative indicators of interdisciplinarity in modern science. *Scientometrics*, vol. 37, n.º. 2, p. 267-78.
5. MORILLO, F.; BORDONS, M. y GÓMEZ, I. (2001). An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators. *Scientometrics*, vol. 51, n.º. 1, p. 203-222.
6. SANZ CASADO, E. y MARTÍN MORENO, C. (1998). Aplicación de técnicas bibliométricas a la gestión bibliotecaria. *Investigación Bibliotecológica*, vol. 12, n.º. 24, p. 24-40.
7. GREENACRE, M. (1993). *Correspondence analysis in practice*. Londres: Academic Press.
8. GREENACRE, M. (1994). Correspondence analysis and its interpretation. En: M. GREENACRE y J. BLASIUS (Eds.): *Correspondence analysis in the Social Sciences. Recent Developments and Applications*. Londres: Academic Press. LTD., p. 3-22.

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA LITERATURA PUBLICADA SOBRE SIDA EN EL SUR DE ÁFRICA

C. A. Macías-Chapula*, A. Mijangos-Nolasco*, J. J. Eguía Lis-Márquez*, M. E. Ramírez Godoy** y G. García-Hernández

Resumen: El propósito de este trabajo es el de presentar los resultados de un proyecto de investigación bibliométrica realizado sobre SIDA en la región del Sur de África. El estudio pretende identificar los mecanismos de producción y comunicación de la literatura existentes, en un esfuerzo por apoyar a los procesos de toma de decisiones relacionados con la prevención y el control del SIDA. Se realizó una investigación bibliográfica en MEDLINE sobre SIDA (*AIDS*) y el Sur de África (*Africa Southern*), para el período 1980-2001. La investigación se limitó a estudios realizados en seres humanos; y se buscaron indicadores relacionados con el tipo de producción, periodicidad anual, distribución geográfica por país, cobertura de idioma y temática.

Se encontró un total de 1.820 registros. La producción mayor se registró para South Africa (42,36%), Zimbabwe (20,44%) y Zambia (19,90%). En su mayoría, la producción correspondió a artículos publicados en revistas científicas (55,33%); en idioma inglés (97,75%) y derivada de la colaboración de dos o más autores (55,61%). La cobertura temática se orientó a estudios sobre *educación para la salud*, investigaciones sobre *infantes*, y la *conducta sexual*. Se encontró un alto índice de producción nacional, principalmente de universidades locales; además de la influencia en la región de instituciones académicas de los Estados Unidos de Norteamérica y el Reino Unido.

Se presentan comparaciones con los resultados obtenidos de otras regiones geográficas y se describen algunas líneas de investigación necesarias para continuar este tipo de análisis.

Palabras clave: producción científica, bibliometría, VIH, SIDA, Sur de África, Sudáfrica, Zimbabwe, Zambia, países en vía de desarrollo, MEDLINE, estudio comparativo.

Abstract: The purpose of this work is to present the results of a bibliometric research conducted on AIDS in Africa, Southern. The literature production and communication patterns were analysed in an attempt to obtain indicators so as to support the decision making processes related to the prevention and control of AIDS. An Internet MEDLINE bibliographic search was conducted on *AIDS* and *Africa, Southern* for the period 1980-2001. The research was limited to studies conducted on humans; and indicators related to productivity, geographic distribution by country, language and subject content were identified.

A total of 1.820 postings were retrieved and analysed. Main production was distributed among South Africa (42.36%), Zimbabwe (20.44%) and

* Hospital General de México. Programa de Información Científica y Tecnológica. México, D.F. Correo-e: chapula@data.net.mx

** Dirección General de Bibliotecas. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Correo-e: eramirez@selene.cichu.unam.mx.

Zambia (19.90%). Most of the documents corresponded to articles published in scientific journals (55.33%). English was the main language used (97.75%); and the production in collaboration of two or more authors was significant (55.61%). The subject content of the research was related mainly to *Health Education, Infant, and Sex Behaviour*. A high production at the national level —mainly local universities— and the influence of USA and United Kingdom academic institutions was also found. A comparison with other geographic regions as well as the lines for further research actions are described.

Keywords: scientific production, bibliometrics, HIV, AIDS, Africa Southern, South Africa, Zimbabwe, Zambia, developing countries, MEDLINE, comparative study.

1 Introducción

A pesar de lo ganado en la segunda mitad de los noventa, los países africanos del sur del Sahara entran al siglo XXI como miembros de los países más pobres del mundo. En estos países, el promedio de ingreso per capita es más bajo de lo que fue a finales de los años sesenta. La alta mortalidad infantil, el analfabetismo y las enfermedades endémicas imponen costos sobre África de hasta el doble, comparados con los costos de otros países en vía de desarrollo (1). Estos factores, aunados a la incidencia de enfermedades por VIH/SIDA en la región, han contribuido para considerar el Sur de África como una región de alta prioridad a nivel mundial (2). Esta situación ha despertado el interés y el apoyo de organismos internacionales y de los diversos sectores académicos, gubernamentales y privados, tanto locales como externos a la región, para mejorar la situación que prevalece en esos países.

Respecto al SIDA, a nivel mundial, aproximadamente 35 millones de personas son portadoras del Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH); de éstas, el 95% viven en países en vía de desarrollo, la mayoría provenientes de los países de África del Sur del Sahara (3-5). En esta región, aproximadamente la tercera parte de los adultos jóvenes se encuentran infectados por el VIH (6). Esta situación afecta directamente la esperanza de vida de la población, y representa también un retroceso en los avances logrados en materia del control de la tuberculosis de los últimos 25 años (7,8). Actualmente, el porcentaje de huérfanos en África es superior al 11% de la población en los países más afectados por el SIDA. De acuerdo al Banco Mundial, este porcentaje puede subir al 16% en los próximos 25 años, lo cual tendría implicaciones drásticas para la estructura social tradicional actual (1).

El conocimiento generado sobre el SIDA ha tenido un crecimiento exponencial, desde el primer caso que fue reportado en la literatura, en 1981 (9-11). La producción de la literatura sobre SIDA ha sido revisada a través de diversos estudios bibliométricos e informétricos a nivel mundial (12, 13). Baste aquí mencionar que la mayoría de este tipo de estudios revelan la situación que prevalece en países desarrollados. Los estudios realizados sobre países en vía de desarrollo son escasos y menos visibles en la literatura internacional.

El análisis de la producción de la literatura sobre SIDA en países en vía de desarrollo ayuda a entender no sólo los diferentes mecanismos de producción y comunicación científica que existen en materia de investigación; sino también a obtener indicadores

que apoyen los procesos de toma de decisiones y acción de investigadores, comunicadores y científicos de la información, en la prevención y control del SIDA en esos países.

2 Propósito

El propósito de este trabajo es el de presentar los avances logrados en el desarrollo de un proyecto de investigación sobre la producción de información científica sobre SIDA en países en vías de desarrollo. En esta ocasión, el propósito específico es el de presentar los resultados de un análisis bibliométrico sobre SIDA, analizando únicamente los diferentes países que integran el Sur de África. En otras comunicaciones se ha descrito y comparado la situación encontrada en África Central (14), y América Latina y el Caribe (12, 15, 16).

3 Método

Se realizó una búsqueda bibliográfica en MEDLINE, vía *Internet*, sobre SIDA (*AIDS*) y el Sur de África (*Africa, Southern*), cubriendo el período 1980-2001. La búsqueda se limitó a estudios realizados en humanos. Los países seleccionados fueron los indicados por el *Medical Subject Headings* (MeSH), de la Biblioteca Nacional de Medicina de EUA. Utilizando esta herramienta, los países y zonas geográficas se pudieron investigar a través de un esquema controlado de descriptores. El descriptor *Africa South of the Sahara*, integra un total de 42 países, divididos en las cuatro regiones siguientes: *Africa, Central; Africa Eastern; Africa, Southern; y Africa, Western*.

Para el propósito de este trabajo, se seleccionaron únicamente los países que corresponden a la zona de *Africa, Southern*. Esta zona integra los siguientes diez países: Angola, Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibia, South Africa, Swaziland, Zambia y Zimbabwe.

Los registros recuperados se manejaron con Bibexcel versión 2001, y Microsoft Excel (2000), para obtener los siguientes indicadores:

- a) Distribución de la producción científica a través del tiempo de estudio.
- b) Distribución de las publicaciones por autoría y país.
- c) Distribución por tipo de documento.
- d) Idioma de las publicaciones.
- e) Contenido temático general y específico de las publicaciones.
- f) Instituciones y países involucrados en la investigación sobre SIDA en la región geográfica objeto de estudio.

El análisis de contenido se realizó utilizando los términos MeSH, considerando encabezamientos de materia (*main-headings*); subencabezamientos de materia (*sub-headings*); y etiquetas generales (*check tags*). El manejo de estos términos se realizó de manera similar al reportado en otros estudios para otras regiones (15). Ello con el fin de homogeneizar el enfoque utilizado para lograr comparaciones en tiempo y zonas geográficas.

Para identificar las instituciones y países participantes, se utilizó el campo de la dirección institucional de los registros. La limitante en este caso fue que para los trabajos realizados en co-autoría, la base de datos permite recuperar únicamente la dirección del primer autor; lo cual no representa de manera completa la colaboración inter-institucional o bien, inter-nacional.

Los resultados obtenidos se analizaron e interpretaron, estableciendo rangos y comparaciones entre países, regiones geográficas y contenidos temáticos.

4 Resultados

El total de registros encontrados fue de 1.820 (100%). La distribución de los registros recuperados para cada uno de los países de la región de *Africa, Southern*, se describe en la tabla I. Aquí se puede observar que la mayor producción se concentra en *South Africa* (42,36%); *Zimbabwe* (20,44%) y *Zambia* (19,90%). Estos tres países contribuyeron con el 82,70% del total de la producción regional. La tabla II describe la producción distribuida por años de publicación, ratificando el crecimiento exponencial de la literatura sobre el tema.

Tabla I
Producción científica sobre SIDA en el Sur de África (Africa, Southern), distribuida por país (MEDLINE, 1980-2001)

País	Núm. de registros	%
Angola	6	0,33
Botswana	84	4,62
Lesotho	7	0,38
Malawi	148	8,13
Mozambique	42	2,31
Namibia	13	0,71
South Africa	771	42,36
Swaziland	15	0,82
Zambia	362	19,90
Zimbabwe	372	20,44
Total	1.820	100

Tabla II
Producción científica sobre SIDA en el Sur de África (Africa, Southern), distribuida por años de publicación (MEDLINE, 1980-2001)

Años	Núm. de registros	%
1980-1985	19	01,04
1986-1990	212	11,65
1991-1995	645	35,44
1996-2001	944	51,87
Total	1.820	100

El tipo de documento encontrado correspondió en su mayoría a artículos publicados en revistas científicas (55,33%); el resto se distribuyó entre conferencias en congresos (22,91%) y libros o capítulos de libros (21,76%). En cuanto a la autoría, se encontró que el 55,61% de los trabajos se generó a través de la colaboración de dos o más autores; mientras que los trabajos publicados por un solo autor correspondieron al 43,96% del total. Ocho trabajos (0,43%) fueron anónimos. El idioma de publicación más utilizado fue el inglés (97,75%). En menor proporción se encontraron trabajos en africano (0,61%), noruego (0,38%), alemán (0,27%) y holandés (0,27%).

La tabla III muestra la distribución por contenido temático de los registros. Aquí se puede observar que los términos que tuvieron una mayor cobertura fueron los relacionados con la educación para la salud (*Health Education*); los estudios sobre infantes (*Infant*) y la conducta sexual (*Sex Behavior*). Esta cobertura temática presentó fluctuaciones importantes cuando se analizaron algunos países en lo específico; por ejemplo, en Zambia y Malawi, los estudios sobre infantes aparecen en un rango superior a educación para la salud. Los estudios sobre Botswana por otro lado, no incluyen al término infantes como un concepto de cobertura alta. Esto se ilustra en la tabla IV.

Las instituciones principales y los países productores con mayor número de registros se ilustran en la tabla V. Aquí se pueden observar tres resultados importantes; primero, el alto nivel de participación nacional en South Africa (88,66%), Zimbabwe (74,05%) y Zambia (71,43%); segundo, la investigación nacional procede principalmente de universidades locales; y tercero, los países externos a la región con mayor influencia fueron los Estados Unidos de Norteamérica (con mayor influencia en Zimbabwe) y el Reino Unido (con mayor influencia en South Africa y Zambia).

Tabla III
SIDA en el Sur de África (Africa, Southern). Distribución por
contenido temático; rango 1-20. (MEDLINE, 1980-2001)

<i>Rango</i>	<i>Descriptor (MH)</i>	<i>Núm. de registros</i>
1	Acquired Immunodeficiency Syndrome	1.475
2	HIV Infections	1.101
3	Health Education	247
4	Infant	218
5	Sex Behavior	215
6	Support, Noon-US Govt.	213
7	Knowledge, Attitudes, Practice	185
8	HIV Seropositivity	178
9	Prevalence	155
10	Risk Factors	137
11	Sexually Transmitted Diseases	129
12	HIV-1	116
13	Tuberculosis, Pulmonary	107
14	Incidence	67
15	Comparative Study	62
16	Pregnancy Complications, Infectious	59
17	HIV Antibodies	44
18	Case Report	39
19	Prostitution	26
20	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay	11

Tabla IV
SIDA en el Sur de África (Africa, Southern). Distribución por contenido temático
en países específicos; rango 1-9 (MEDLINE, 1980-2001)

<i>Rango</i>	<i>Descriptor (MH)</i>	<i>South Africa</i>	<i>Zimbabwe</i>	<i>Zambia</i>	<i>Malawi</i>	<i>Botswana</i>
1	AIDS	750	301	251	98	75
2	HIV Infections	450	284	209	92	66
3	Health Education	91	86	41	18	11
4	Infant	93	49	53	23	
5	Sex Behavior	55	76	45	21	18
6	Support, Non-US Govt.	78	62	55	18	
7	Knowledge, Attitudes, Practice	59	69	25	20	12
8	HIV Seropositivity	83	45	35	13	
9	Prevalence	71	28	34	22	

Tabla V
SIDA en el Sur de África (Africa, Southern).
Instituciones y países involucrados en la producción
de literatura relacionada con South Africa,
Zimbabwe y Zambia (MEDLINE, 1980-2001)

<i>Países e instituciones</i>	<i>Núm. de registros</i>
South Africa	
University of the Witwatersrand	23
University of Natal	22
University of Cape Town	20
Medical Research Council	17
Baragwanath Hospital	14
University of Stellenbosch	13
Otras (con 12 o menos registros cada una)	92
United Kingdom (9 instituciones)	13
USA (8 instituciones)	8
Canada (2 instituciones)	2
Alemania, Australia, Francia, Israel, cada uno	1
Zimbabwe	
University of Zimbabwe	62
Otras	55
USA (19 instituciones)	26
United Kingdom (9 instituciones)	12
Switzerland (3 instituciones)	3
Zambia	
University Teaching Hospital, Lusaka	22
University of Zambia	15
Otras	33
United Kingdom (7 instituciones)	17
USA (7 instituciones)	7
Denmark, Sweden, cada una	2

5 Discusión y conclusiones

La situación que prevalece entre los países del Sur de África con respecto al VIH/SIDA es preocupante. Los esfuerzos realizados en materia de prevención y control son insuficientes frente a los altos índices de pobreza, contagio y orfandad existentes en esos países. Organismos como el Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud y el Programa de la Organización de las Naciones Unidas contra el SIDA han canalizado recursos importantes para analizar y resolver la situación problemática existente; sin embargo, el panorama no resulta alentador.

En este trabajo se realizó un análisis de la producción científica y tecnológica generada sobre SIDA en los países del Sur de África en un intento por conocer el tipo de productividad existente y los patrones de comunicación y colaboración relacionados con el tema. Ello con el fin de apoyar los procesos de toma de decisiones de los actores involucrados en el problema y contribuir de manera indirecta en la prevención y control del VIH/SIDA.

Al analizar estudios similares para otras regiones geográficas de África encontramos que el tipo de documentos producidos en la región del Sur de África es similar al reportado para África Central (14). Esto es, del 55% al 58% de la producción total se refiere a publicaciones de artículos científicos en revistas de la especialidad; el resto corresponde a participaciones en conferencias o capítulos de libros.

Al analizar la extensión de la colaboración, sin embargo, encontramos que mientras para la región del Sur de África la colaboración existe en el 43,26% del total de trabajos de investigación; en África Central la colaboración fue del 91,54%. Esto representa un hallazgo importante que requiere un análisis más profundo para identificar si el tipo de colaboración fue intra/inter-institucional, nacional; o bien, internacional. El análisis de la cobertura temática donde existe mayor colaboración también debe ser realizado, para explorar en detalle este patrón de comunicación.

La identificación por rango del contenido temático de la producción en el Sur de África, arrojó información sobre el predominio de las áreas de mayor interés o concentración en esa región geográfica. Después de los descriptores *VIH* y *AIDS*, los tres descriptores de alto rango encontrados fueron educación para la salud (*Health Education*); infantes (*Infant*); y conducta sexual (*Sexual Behavior*). Estos resultados discrepan de lo encontrado para África Central, donde se detectó por ejemplo que los estudios sobre factores de riesgo (*Risk Factors*) tuvieron un mayor interés; y donde el grupo infantes (*Infant*) no ocupó un rango elevado.

Al comparar estos resultados con los encontrados para América Latina y el Caribe detectamos que el contenido temático de la producción del Sur de África es diferente al reportado para América Latina/el Caribe y al reportado para África Central. Entre estas dos últimas regiones sí se encontró una cobertura temática similar en su producción. Estos resultados, sin embargo, no son suficientes para concluir sobre la existencia de un patrón sistemático de producción para las regiones estudiadas, ya que al analizar los países dentro de las regiones encontramos discrepancias importantes en la cobertura temática; tal como se describió, por ejemplo, para Zambia, Malawi y Botswana en este estudio. Se requiere conducir una investigación más profunda para concluir sobre los patrones de cobertura y colaboración en estas regiones.

Con respecto a las instituciones y países que conducen proyectos de investigación sobre VIH/SIDA en el Sur de África se encontró al igual que para África Central, un alto

nivel de participación nacional, principalmente de universidades locales. Por otro lado, mientras que para África Central se observó la participación importante de Francia y Bélgica, para la región del Sur de África, los países externos de mayor influencia fueron los Estados Unidos y el Reino Unido. Estos resultados son congruentes con la influencia del idioma en las dos regiones; el francés para África Central; y el inglés para el Sur de África (14).

Los resultados encontrados en este estudio, aunados a los reportados sobre África Central, ayudaron a integrar un primer mapa descriptivo y regional sobre la producción de literatura relacionada con el VIH/SIDA. Ello permitió un primer análisis comparativo de dos regiones. Se requiere, sin embargo, continuar el análisis y extenderlo a las regiones de África Oriental, Occidental y del Norte, para obtener un mapa integral que permita conocer la situación que existe sobre la producción científica relacionada con el VIH/SIDA en todo el continente africano.

6 Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Ma. Elena Pérez Cortes por el apoyo otorgado en la captura de información.

7 Referencias

1. WORLD BANK, Can Africa claim the 21st. Century? Washington, The World Bank, 2000.
2. VAN JAARVELD, A. S.; MUTEMBWA, A.; RANGASAMY, L.; HAY, D. A. global security approach to implementing sustainable development in Southern Africa. In: The sustainability challenge for Southern Africa, edited by Jim Whitman, Great Britain: Macmillan Press Ltd. 2000. p. 1-22.
3. PIOT, P. The science of AIDS: a tale of two worlds. *Science*, 1998; 280:1844-1845.
4. PIOT, P. AIDS now greatest threat to development in Africa (press release) Geneva: UNAIDS, 2000.
5. UNAIDS. Report on the global HIV/AIDS epidemic. Geneva:UNAIDS, 2000.
6. UNAIDS. HIV/AIDS epidemic update. Geneva:UNAIDS/WHO, 1999.
7. DE COCK, K. M.; FOWLER, M. G.; MERCIER, E.; DE VINCENZY, I.; SABA, J.; OF., E.; ALNWIICK, D. J.; ROGERS, M.; SHAFFER, N. Prevention of mother-to-child HIV transmission in resource-poor countries: translating research into policy and practice. *JAMA*, 2000; 283: 1175-1182.
8. GLYNN, J. R. Resurgence of tuberculosis and the impact of HIV infection. *Br Med Bull*, 1998, 45: 579-593.
9. SENGUPTA, I. N.; KUMARI, L. Bibliometric analysis of AIDS literature. *Scientometrics*, 1991, 20, 297-315.
10. WYATT, H.V. AIDS information, supply and demand. British Library Research paper 66, 1988.
11. PRATT, G.F. A decade of AIDS literature. Bulletin of the Medical Library Association, 1992, 80 (4), 380-381.
12. MACÍAS-CHAPULA, C.A.; RODEA-CASTRO, I. P.; NARVÁEZ-BERTHELEMOT, N. Bibliometric analysis of AIDS literature in Latin America and the Caribbean. *Scientometrics*, 1998, 41(1-2):41-49.
13. OSCA, J. Spanish bibliographic production on AIDS. Bibliometric approach. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 1997; 15(8):407-410.

14. MACÍAS-CHAPULA, C. A.; MIJANGOS-NOLASCO, A. Bibliometric analysis of AIDS literature in Central Africa. *Scientometrics*, 2002, 54 (2): 309-317.
15. MACÍAS-CHAPULA, C. A.; SOTOLONGO-AGUILAR, G. R.; MADGE, B.; SOLORIO-LAGUNAS, J. Subject content analysis of AIDS literature, as produced in Latin America and the Caribbean. *Scientometrics*, 1999, 46 (3): 563-574.
16. MACÍAS-CHAPULA, C. A. AIDS in Haiti: a bibliometric analysis. *Bulletin of the Medical Library Association*, 2000, 88 (1):56-61.

CREACIÓN DE UN ÍNDICE DE CITAS DE REVISTAS ESPAÑOLAS DE HUMANIDADES PARA EL ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA DE LOS CIENTÍFICOS DE ESTAS DISCIPLINAS

Elías Sanz*, Federico Castro**, Elisa Povedano*, Antonio Hernández*, Carmen Martín*, José Morillo-Velarde***, Carlos García-Zorita*, José Luis de la Nuez**, María Jesús Fuentes**

Resumen: Los estudios bibliométricos basados en el análisis de citas han demostrado tener un gran interés, puesto que permiten evaluar la actividad científica desde distintas perspectivas. Sin embargo, su utilización entraña el problema del acceso a fuentes que proporcionen los datos necesarios sobre la bibliografía referenciada por los autores en sus trabajos, pues rara vez los incluyen las bases de datos. El *Institute for Scientific Information* (ISI) es la única institución que produce bases de datos con las referencias bibliográficas de los documentos que indizan (*Science Citation Index*, *Social Sciences Citation Index* y *Arts & Humanities Citation Index*). Sin embargo, estas bases de datos tienen una escasa cobertura de las publicaciones editadas por países no anglosajones, especialmente en las áreas de humanidades.

Por ello, un equipo multidisciplinar de la Universidad Carlos III de Madrid emprendió un proyecto piloto dirigido a crear un índice de citas de revistas españolas de humanidades, concretamente en el área de Historia, con el fin de analizar distintos aspectos vinculados con la actividad científica en esta disciplina, como autores y fuentes más citadas, la tipología documental utilizada por este colectivo, la obsolescencia de la información, o su capacidad idiomática. Estos aspectos se analizaron a partir de la información obtenida de las casi 25.000 referencias bibliográficas de revistas de españolas de Historia seleccionadas, durante los años 1997 y 1998.

Palabras clave: índice de citas, Humanidades, Historia, indicadores bibliométricos, España, español

Abstract: Bibliometric studies based on the analysis of citations have proved interesting in the evaluation of scientific activity from different perspectives. Their use, however, depends on access to data on the bibliography referenced by authors in their papers, information that is rarely included in databases. In fact, the *Institute for Scientific Information* (ISI) is the only institution whose databases contain the bibliographic references cited in the papers indexed (*Science Citation Index*, *Social Sciences Citation Index* and *Arts & Humanities Citation Index*) and their coverage of scientific literature published outside Anglo-Saxon countries is limited, particularly in the area of humanities.

* Departamento de Biblioteconomía y Documentación. Universidad Carlos III de Madrid. Correo-e: elias@bib.uc3m.es

** Departamento de Humanidades. Universidad Carlos III de Madrid. España.

*** Universidad San Pablo-CEU. Madrid. España.

For this reason, a multidisciplinary group at Madrid's Carlos III University undertook a pilot project designed to create a citation index of Spanish humanities journals, specifically in the area of History, to analyse a number of aspects relating to scientific activity in this discipline, such as the authors and sources most often cited, typology of the documentation used, obsolescence of the information or their knowledge of languages. These issues were analysed based on nearly 25.000 bibliographic references cited in papers published by selected Spanish history journals in 1997 and 1998.

Key words: citation index, Humanities, History, bibliometric indicators, Spain, Spanish.

1 Introducción

Los estudios bibliométricos basados en el análisis de citas ostentan una larga tradición en las ciencias puras, experimentales y aplicadas, sin embargo son escasos los realizados sobre las humanidades en general. En muchos casos, la escasez de este tipo de estudios ha estado motivada por la ausencia de bases de datos adecuadas que recogieran con la máxima exhaustividad las investigaciones que publican los científicos pertenecientes a estas disciplinas, y que se difunden preferentemente en monografías y publicaciones periódicas nacionales, ambas fuentes muy mal recogidas por las dos bases de datos que poseen índices de citas sobre estas disciplinas: *Social Sciences Citation Index* (SSCI) y *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI), lo que limita notablemente la profundidad de los estudios bibliométricos sobre estas comunidades científicas al área anglosajona y, concretamente, a la estadounidense (1, 2).

Ante esta situación se decidió abordar un proyecto que permitiera la creación de un índice de citas de revistas españolas en humanidades. Con este proyecto se pretendía la creación de una base de datos relacional constituida por los registros bibliográficos de artículos fuente y sus referencias bibliográficas, que fueron recogidos en publicaciones periódicas editadas en España y en lengua española del área de Historia.

Otros aspectos que se abordaron en el proyecto fue la realización de estudios bibliométricos que facilitaran la evaluación de la investigación que se realiza en esta disciplina de humanidades, con el fin de identificar con la mayor precisión posible las características intrínsecas de la comunidad científica española en el área de Historia, hasta ahora muy poco estudiada debido a las dificultades que entraña el acceder a las fuentes que proporcionan las referencias bibliográficas.

La utilidad de un índice de citas depende, en buena medida, de los estudios y análisis que se puedan realizar a partir de los datos del mismo, y aquí es donde intervienen los estudios bibliométricos, que requieren la utilización de indicadores, y la aplicación de métodos matemáticos para analizar la producción de información y la literatura utilizada. Estos estudios se han considerado tanto de interés para analizar aspectos, fundamentalmente, cuantitativos de la actividad científica, como para estudiar su evolución temporal (3, 4, 5).

En este trabajo se describe parte del proceso seguido para el desarrollo del índice de citas en Historia, así como los principales resultados de una serie de indicadores bibliométricos obtenidos del citado índice. La creación de este índice en el área de Historia pone a disposición de los evaluadores y científicos una herramienta que permite conocer tanto la calidad de las publicaciones científicas españolas de esta disci-

plina como la visibilidad de los investigadores que trabajan en ella. La realización de dicha base de datos se ha abordado desde una perspectiva multidisciplinar, puesto que se contó con especialistas de distintas áreas de conocimiento: Biblioteconomía, Filología, Geografía, Historia, Historia del Arte, Lingüística y Literatura.

2 Metodología

Este trabajo se ha realizado a partir de los artículos publicados por 17 revistas del área de Historia, durante los años 1997 y 1998. Las 17 revistas utilizadas en el estudio fueron seleccionadas del Directorio de Revistas Españolas de Ciencias Sociales y Humanas (1998) que publica el Centro de Información y Documentación Científica (CINDOC), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, por considerarse el recurso más completo e idóneo para este fin. El examen de dicha publicación indicó la existencia de 147 revistas de esta disciplina, aunque conscientes de la desigualdad de la calidad de las mismas, surgió la necesidad de desarrollar un mecanismo sistemático que permitiera ordenar las revistas en función de su calidad, con el fin de analizar sólo aquellas en la que ésta fuera mayor. Este mecanismo consistió en la aplicación de una serie de criterios e indicadores que permitiera la combinación de criterios subjetivos (juicio de expertos), en este caso el de los investigadores que pertenecían a las instituciones participantes en el proyecto, con una amplia batería de indicadores formales tales como el cumplimiento de las normas ISO para la edición de revistas científicas, la composición de los consejos de redacción, la procedencia de los autores, la inclusión de la revista en índices y bases de datos nacionales o internacionales, y el procedimiento de arbitraje para la evaluación de los manuscritos.

La puntuación obtenida por cada revista, mediante los indicadores objetivos, se anotó en hojas de cálculo para ser procesadas por Excel, añadiéndose en otras columnas los valores obtenidos de las respuestas de los investigadores, lo que generó un índice combinado que permitió ordenar las revistas en orden descendente. Dado que los recursos disponibles sólo permitían el procesamiento de 17 revistas, éstas se eligieron de entre aquellas que habían recibido una mayor puntuación, y son las que se indican a continuación:

1. *Revista de Indias*
2. *Hispania*
3. *Boletín de la Real Academia de la Historia*
4. *Studia Histórica. Historia Contemporánea*
5. *Revista Complutense de Historia de América*
6. *Historia Social*
7. *Studia Histórica. Historia Moderna*
8. *Príncipe de Viana*
9. *Cuadernos de Investigación Histórica: Brocar*
10. *En la España Medieval*
11. *Anuario de Estudios Medievales*
12. *Anales de Historia Contemporánea*
13. *Studia Histórica. Historia Medieval*
14. *Revista de Historia Moderna*

15. *Anuario de Historia del Derecho Español*
16. *Historia. Instituciones. Documentos*
17. *Hispania Antiqua*

Las referencias bibliográficas de los trabajos publicados por estas 17 revistas, en los números de los dos años seleccionados, se introdujeron en una base de datos donde se mantuvieron asociados inseparablemente a cada uno de los registros bibliográficos principales o fuente, realizados en formato de intercambio ISO 2709, para lo cual fue necesario un desarrollo informático específico. A partir de dicha base de datos se han podido generar distintas tablas, con objeto de analizar las distintas variables que se querían estudiar, y obtener distintos indicadores tanto unidimensionales (tipos de documentos que utilizaban los historiadores, autores más citados, idiomas de los documentos, etc.) como multidimensionales, que son los que permiten representar, mediante análisis estadístico multivariable, el comportamiento de dos o más variables conjuntamente (3). El tratamiento de los datos de las tablas que han permitido obtener los indicadores unidimensionales se ha realizado con el programa Excel, mientras que el análisis multivariable necesario para los indicadores multidimensionales se ha realizado mediante el programa XLSTAT.

3 Resultados y discusión

3.1 Resultados obtenidos del análisis de los artículos fuente

Los artículos publicados por las 17 revistas seleccionadas fueron 657, que se distribuyeron entre los títulos que se reflejan en la tabla I, en la que se indica el número de los artículos publicados por cada una de las revistas durante los dos años estudiados, así como la contribución porcentual de cada uno de los títulos estudiados.

Como puede observarse en la tabla, se produce una gran concentración en las cinco primeras revistas donde se publican el 52,66% de los artículos; mientras que en el resto de los doce títulos seleccionados se publican el 47,34% de los documentos.

En cuanto al grado de colaboración entre los autores, los 657 trabajos analizados han sido realizados por 714 autores. Estos datos permiten deducir que su grado de colaboración es relativamente bajo, dado que el Índice de coautoría, o número medio de autores por trabajo es de 1,08, lo que indica que los humanistas españoles siguen patrones similares a los descritos anteriormente por Stone (6) o Wiberley y Jones (7), pues aunque puedan mantener una mayor colaboración para llevar a cabo distintos proyectos de investigación, tal y como indican Brockman y colaboradores (8), también es verdad que a la hora de publicar sus trabajos siguen haciéndolo de forma individual.

Cuando se analiza la productividad de los autores, se observa que la transitoriedad de los mismos es muy elevada, puesto que 503 investigadores han publicado un solo trabajo, mientras que 61 publican dos, 19 tres, 3 cuatro, y, finalmente, 4 investigadores han publicado cinco trabajos incluidos en las 17 revistas analizadas durante los dos años estudiados. El índice de transitoriedad es del 75,5%, lo que resulta muy elevado para una disciplina tan consolidada como la Historia, mientras que autores como Schubert y Glänzel (9), han encontrado un índice de transitoriedad promedio mucho más bajo, concretamente del 36%.

Tabla I
Número de artículos publicados por los distintos títulos
de las revistas evaluadas

<i>Título de la revista</i>	<i>N.º artículos publicados</i>	<i>%</i>
Anuario de Historia del Derecho Español	96	14,61
Anuario de Estudios Medievales	77	11,72
Príncipe de Viana	68	10,35
Hispania	56	8,52
Hispania Antiqua	49	7,46
Revista de Indias	39	5,94
Boletín de la Real Academia de la Historia	35	5,33
Revista de Historia Moderna	35	5,33
Anales de Historia Contemporánea	33	5,02
Cuadernos de Investigación Histórica: Brocar	28	4,26
En la España Medieval	25	3,81
Historia Social	24	3,65
Historia. Instituciones. Documentos	24	3,65
Studia Histórica. Historia Contemporánea	23	3,50
Studia Histórica. Historia Moderna	21	3,20
Revista Complutense de Historia de América	12	1,83
Studia Histórica. Historia Medieval	12	1,83
Total artículos	657	100,00

3.2 Resultados obtenidos a partir del análisis de las referencias bibliográficas contenidas en los artículos fuente

Las referencias bibliográficas incluidas en los 657 artículos fuente de las 17 revistas españolas seleccionadas en el área de Historia fueron 24.397. La aplicación de un análisis bibliométrico a dichos datos ha permitido conocer los perfiles de los humanistas en cuanto a las características de la documentación que utilizan en su investigación, como son: la tipología documental, la capacidad idiomática, la obsolescencia de las publicaciones referenciadas, así como los autores o publicaciones que han ejercido una mayor influencia en su actividad científica.

Conocer estas características puede ser de interés para los evaluadores de dicha disciplina, puesto que les permite determinar la relevancia y la visibilidad de las publicaciones en esta área. En este trabajo nos vamos a centrar sólo en algunos de estos indicadores. El primero de ellos es el que se refiere a la tipología documental. En este sentido, el total de referencias bibliográficas analizadas se distribuyeron, en cuanto al tipo de documento, de la forma que se indica en la tabla II.

Como puede observarse, hay una clara descompensación en el tipo de documento que usan los humanistas para obtener información, puesto que es la monografía el más utilizado en el 74,14% de los casos. En segundo lugar, pero muy alejado de la anterior fuente, aparecen las publicaciones periódicas con el 21,79%. Los congresos se encuentran en tercer lugar, pero en este caso el porcentaje es muy inferior (4,07%).

Los datos observados en este trabajo contradicen en parte las afirmaciones que se recogen en el trabajo de Brockman y col. (8), donde afirman que es una simplificación la preferencia de los humanistas por las monografías. Sin embargo, nuestros datos se corresponden con el perfil de este colectivo científico, observado en varios tra-

Tabla II
Tipología documental de las referencias bibliográficas que se
recogen en los trabajos de las revistas analizadas

<i>Tipo de documento</i>	<i>Núm. de citas</i>	<i>%</i>
Monografías	18.088	74,14
Artículos	5.317	21,79
Congresos y otros tipos de encuentros	992	4,07
Total	24.397	100

bajos de investigación (6, 10, 11, 12, 13), y en los que se incidía en su preferencia por la utilización de monografías frente a otro tipo de documentos.

Los 5.317 documentos correspondientes a publicaciones periódicas se distribuyeron en 1.470 títulos diferentes, si bien con frecuencia muy distinta, pues mientras sólo tres de las revistas recibieron más de 100 citaciones, 828 títulos fueron citados en una sola ocasión. Ante esta gran dispersión encontrada en las revistas referenciadas, se decidió seleccionar los 20 títulos que recibieron al menos 30 citaciones, y que suponían únicamente el 1,36% del total de títulos referenciados. En la tabla III se recogen estos 20 títulos de revistas, así como el número de citaciones recibido por cada una de ellas y el porcentaje que representan.

Tabla III
Títulos de las publicaciones periódicas citadas más de 30 veces
por los investigadores

<i>Título de la revista citada</i>	<i>Citas recibidas</i>	<i>%</i>
Hispania.*	167	3,14
Anuario de Historia del Derecho Español	160	3,01
Anuario de Estudios Medievales*	100	1,88
Príncipe de Viana*	96	1,81
Historia Social*	93	1,75
Boletín de la Real Academia de la Historia*	85	1,60
Hispania Antigua*	73	1,37
En la España Medieval*	67	1,26
Historia. Instituciones. Documentos*	58	1,09
Archivo Español de Arte	44	0,83
Studia Histórica. Historia Medieval*	42	0,79
Hispania Sacra	39	0,73
Cuadernos de Historia de España	38	0,71
Archivo Ibero-americano	34	0,64
Aufstieg und Niedergang der Römischen Welt	34	0,64
Annales. Economies Sociétés Civilisations	33	0,62
Revista de Historia Económica	32	0,60
Boletín del Seminario de Estudios de Arte y Arqueología	31	0,58
La Cruz	30	0,56
Past and Present	30	0,56

* Títulos de revistas citadas que coinciden con los de las revistas fuente.

Las citaciones recibidas por estas 20 revistas, que representan el 1,36% de los títulos referenciados, suponen el 24,19% del total. Cuando se comparan los títulos referenciados con los de las revistas fuente, se observa que sólo la mitad de ellos (los marcados con asterisco en la tabla), se encuentran entre los que los investigadores utilizan para publicar sus investigaciones, habiéndose quedado siete de ellos fuera de dicha tabla al haber recibido menos de treinta citaciones.

En cuanto a los congresos, se consideraron bajo este epígrafe los documentos relativos a los distintos eventos que pueden darse entre investigadores, como congresos, conferencias, etc., y que fueron citados por los humanistas. Los registros correspondientes a este tipo de documentos fueron 988, y en ellos se observó una dispersión similar a la encontrada en las revistas, dado que dichas referencias se distribuyeron entre 395 eventos diferentes. De ellos, sólo 16 son citados en más de 10 ocasiones, frente a los 252 que se citaron en una sola, 62 en dos, 21 en tres, y los 44 restantes entre cuatro y nueve.

En la tabla IV se recogen los 16 encuentros que han sido citados en más de 10 ocasiones; se indica el título del congreso, la frecuencia absoluta de citaciones recibidas, así como el porcentaje que dicho valor representa.

Tabla IV
Títulos de los congresos citados más de 10 veces por los investigadores

<i>Título congreso</i>	<i>Núm. veces citado</i>	<i>%</i>
Symposium de Historia de la Administración	39	3,95
Semana de Estudios Medievales	37	3,74
Congreso de Estudios Medievales	29	2,94
Congreso de Historia de la Corona de Aragón	27	2,73
Simposio sobre los Celtíberos	27	2,73
Coloquio Internacional de Historia Medieval de Andalucía	19	1,92
Congreso General de Historia de Navarra	18	1,82
Jornadas Burgalesas de Historia	18	1,82
Congreso de Historia de Andalucía	15	1,52
Congreso Nacional de Arqueología	15	1,52
Coloquio de Metodología Histórica Aplicada	14	1,42
Congreso de Historia de Palencia	14	1,42
Jornadas de Metodología Aplicada de las Ciencias Históricas	13	1,32
Coloquio Internacional Carlos III y su siglo	10	1,01
Congreso Español de Historia del Arte	10	1,01
Simposio Internacional de Mudejarismo	10	1,01

A partir de los datos de la tabla se puede deducir que estos 16 congresos, que representan el 4%, reciben el 31,88% del total de citaciones, mientras que el resto de citaciones (68,12%) se distribuye entre los 379 eventos que aparecen en menos de diez ocasiones. Por otro lado, hay que resaltar el carácter nacional de los congresos de mayor interés para estos científicos, pues entre los que se han citado en más de 10 ocasiones sólo aparecen tres de ámbito internacional.

Con respecto a las monografías referenciadas por los autores, un primer análisis indica que existe una dispersión similar a la detectada en los otros dos tipos de documentos, pues las 18.088 referencias se distribuyeron en 13.312 documentos diferentes, de los cuales únicamente 43 han sido citados en más de diez ocasiones, 227 entre cinco y nueve, y 10.990 lo han sido en una sola ocasión.

La capacidad idiomática de estos investigadores se ha analizado en los dos principales tipos de documentos consultados, las monografías y las revistas. En los trabajos realizados sobre los hábitos de investigación de los humanistas, casi siempre se ha encontrado que la capacidad idiomática de estos investigadores era mayor que la de colectivos que trabajan en otras áreas científicas, dado que en la mayoría de las ocasiones debían consultar documentos en su idioma original (10, 12). Estos mismos resultados se corroboran en este estudio, ya que las referencias consultadas muestran una gran variedad de idiomas tanto en monografías como en revistas. En la tabla V se encuentran recogidos, en orden decreciente de frecuencia absoluta, las veces en que aparecen documentos en cada uno de los distintos idiomas, y lo que representan frente al total.

Tabla V
Idiomas en que se encuentran las referencias a revistas y monografías

<i>Idioma monog.</i>	<i>Frec. abs.</i>	<i>%</i>	<i>Idioma revistas</i>	<i>Frec. abs.</i>	<i>%</i>
Castellano	8.648	68,10	Castellano	3.627	68,55
Inglés	1.354	10,66	Inglés	506	9,56
Francés	977	7,69	Francés	456	8,62
Italiano	661	5,21	Italiano	203	3,84
Catalán	373	2,94	Catalán	201	3,80
Alemán	299	2,35	Alemán	126	2,38
Portugués	150	1,18	Portugués	79	1,49
S. D.	113	0,89	S. D.	71	1,34
Otros	73	0,57	Otros	17	0,32
Gallego	29	0,23	Gallego	3	0,06
Latín	17	0,13	Latín	1	0,02
Euskera	3	0,02	Euskera	1	0,02
Árabe	1	0,01	Árabe	0	0,00
Holandés	1	0,01	Holandés	0	0,00
Total	12.699	100	Total	5.291	100

Como puede observarse en dicha tabla, las referencias bibliográficas aparecen en una gran variedad de idiomas, sin embargo, tanto en monografías como en revistas el mayor peso lo tienen los trabajos publicados en castellano, 68,1% y 68,55% respectivamente, seguidos de los que están en inglés, francés, italiano y catalán, los valores porcentuales en ambos tipos de documentos son en algunos casos muy similares. Resultados similares encuentra Maura en su análisis de los investigadores puertorriqueños (14).

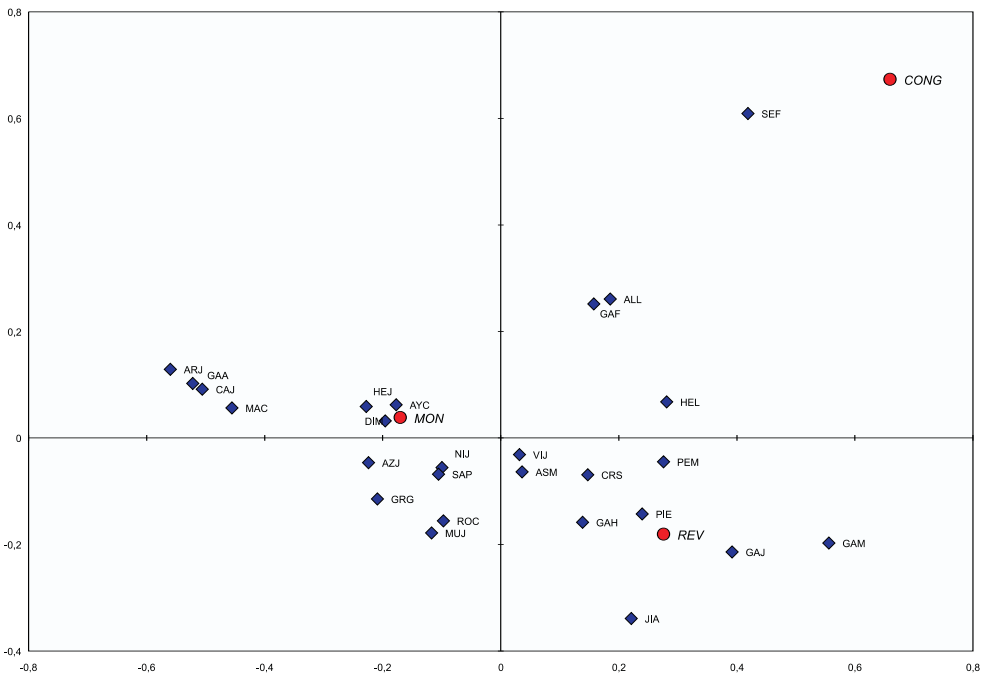
El análisis de la antigüedad de la literatura utilizada por los humanistas estudiados se ha realizado únicamente sobre los artículos de las referencias bibliográficas. Los resultados obtenidos para 1997 y 1998 han sido 14,50 y 14,23 años, respectivamente, con un valor medio de 14,36 años. Estos datos indican que los autores de los trabajos publicados en las 17 revistas seleccionadas utilizan documentos con una Vida media relativamente baja en comparación con lo descrito sobre este tipo de investigadores en trabajos previos (11).

Los indicadores multidimensionales se han obtenido mediante un análisis de correspondencias, cuyo resultado gráfico permite determinar el comportamiento más o menos normal de las distintas categorías de las variables estudiadas. En este trabajo se han realizado dos análisis de correspondencias, con objeto de estudiar la relación entre:

- Los autores fuente más productivos, y el tipo de documento que más utilizan para obtener información.
- Los autores más productivos y los títulos de revistas más utilizadas.

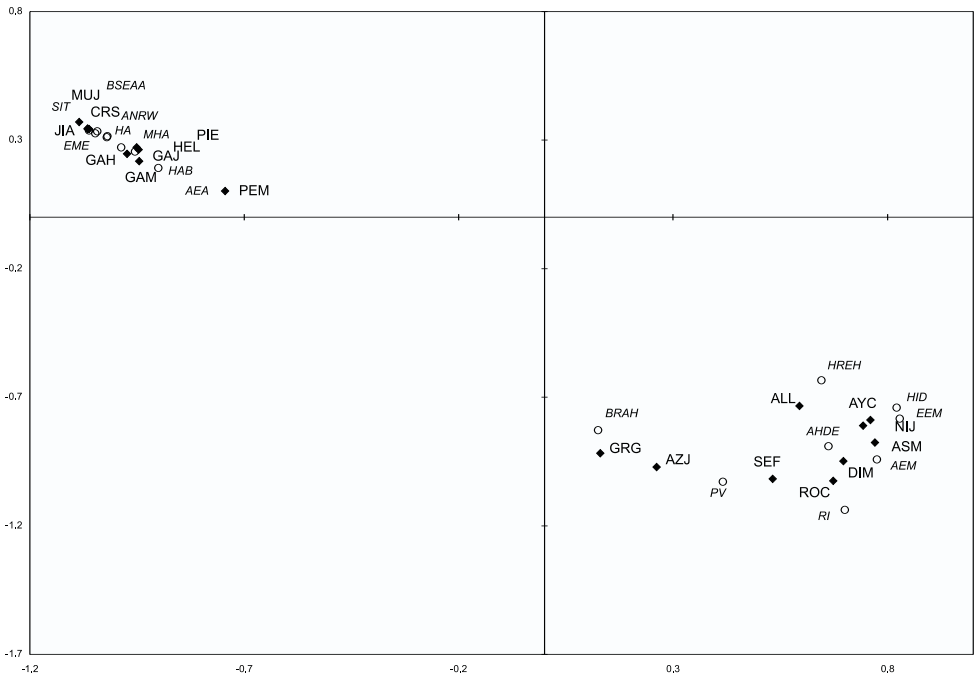
El análisis de correspondencias entre los autores fuente más productivos y el tipo de documento más utilizado por ellos se muestra en el mapa que corresponde a la figura 1.

Figura 1
Análisis de correspondencia entre autores y tipo de documento que usan



Como puede observarse, los autores se distribuyen en el mapa en función del tipo documental más utilizado. En el cuadrante superior derecho se sitúan los congresos, y, cerca de ellos, los pocos autores que utilizan esta fuente de información. En el inferior derecho aparecen las revistas y los autores que las utilizan preferentemente, y en el superior izquierdo las monografías junto a los autores que más las consultan. En el centro del mapa encontramos aquellos autores que utilizan tanto revistas como monografías.

Figura 2
Análisis de correspondencia entre autores y título de revista que citan



El mismo tipo de análisis realizado para estudiar la relación entre 21 autores fuente y los 18 títulos de revistas que más citan, ha permitido obtener el mapa de la figura 2, en el que se observa la distribución de ambas variables en el plano.

En este caso encontramos dos grandes grupos. En la parte inferior derecha, se observa un gran grupo de autores que utilizan preferentemente el *Anuario de Historia del Derecho Español* (AHDE), el *Anuario de Estudios Medievales* (AEM), el *Boletín de la Real Academia de la Historia* (BRAH), *En la España Medieval* (EEM), *Hispania Revista Española de Historia* (HREH), *Historia Instituciones Documentos* (HID), *Príncipe de Viana* (PV) o *Relaciones Internacionales* (RI). Todas ellas están relacionadas con temas de distintas épocas de la historia o aspectos históricos-locales.

En el cuadrante superior izquierdo se sitúan los autores que utilizan preferentemente revistas de tipo misceláneo y relacionadas con el mundo del arte y la arqueología, como *Archivo Español de Arte* (AEA), *Aufstieg und Niedergang der Romischen Welt* (ANRW), *Emérita* (EME), *Habis* (HAB), *Hispania Antiqua* (HA), *Situla* (SIT), etcétera.

4 Conclusiones

Existe un gran interés en la creación de índices de citas en las áreas de humanidades que recojan la investigación que se genera en el propio país, puesto que gran

parte de este tipo de investigaciones son de ámbito local o regional y, por tanto, están muy mal recogidas en los índices de citas internacionales.

En el estudio bibliométrico realizado en los artículos fuente de este índice de citas, se ha observado un grado muy bajo de colaboración entre los historiadores, lo que indica que los humanistas españoles siguen patrones similares a los descritos por otros autores en estudios similares sobre estos colectivos en otros países. En cuanto a la productividad de los autores se observa una elevada transitoriedad de los mismos, puesto que 503 de ellos han publicado un solo trabajo.

Con respecto a los resultados obtenidos a partir de las referencias, se observa que la monografía es el tipo de documento más utilizado por los historiadores para sus investigaciones. En segundo lugar, pero en un porcentaje muy inferior, aparecen las publicaciones periódicas, lo que viene a confirmar los resultados que sobre este colectivo han encontrado un gran número de autores: la preferencia de las monografías sobre cualquier otro tipo de fuente.

El total de títulos de revistas utilizadas fue de 1.470, aunque sólo 20 recibieron un número importante de citaciones, que equivalían casi a la cuarta parte (24,19%). Cuando se compararon estos títulos referenciados con los de las revistas fuente, se observó que los historiadores españoles sólo consultaban la mitad de los títulos en los que publican sus investigaciones.

En cuanto a la capacidad idiomática de estos investigadores, los resultados confirman los obtenidos en trabajos anteriores, donde se encontró que su capacidad idiomática era mayor que la de otros colectivos científicos, ya que las referencias analizadas en este trabajo muestran una gran variedad de idiomas tanto en monografías como en revistas, lo que viene a confirmar la necesidad de este colectivo científico de consultar los documentos en su idioma original.

Por otro lado, es conveniente señalar que la antigüedad de la literatura utilizada es relativamente baja, dado que el promedio está alrededor de los 14 años. Más cercano a disciplinas de ciencias sociales que de humanidades.

En cuanto a los indicadores multidimensionales, es interesante indicar que los autores se distribuyen en el mapa en función de la tipología documental preferentemente utilizada. En este sentido, se observa una mayor concentración de autores próximos a las monografías, mientras que en el caso de las revistas esta concentración aparece menos acentuada. Respecto a los títulos de las revistas consultadas, se observa una fuerte concentración de autores cercanos a determinados títulos, como son: *Archivo Español de Arte*, *Anuario de Estudios Medievales* o *Historia de Instituciones y Documentos*.

5 Agradecimientos

Los autores de este trabajo quieren agradecer la financiación concedida por la Secretaría de Estado de Universidades, Investigación y Desarrollo, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, que subvencionó este proyecto dentro de su Programa General de Promoción del Conocimiento; y por la empresa EBSCO España.

6 Bibliografía

1. CULLARS, J. Characteristics of the monographic literature of British and American literary studies. *College and Research Libraries*, 1985, vol. 46, n.º 6, p. 511-22.
2. FERNÁNDEZ, M. T.; BORDONS, M.; SANCHO, R.; GÓMEZ, I. Difusión internacional de la investigación científica española en ciencia y tecnología en el período 1991-1996. *Arbor*, 1999, CLXII, 639, p. 327-45.
3. SANZ CASADO, E. y MARTÍN MORENO, C. Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*, 1997, vol. 7, n.º 2, p. 41-68.
4. SANZ CASADO, E.; GARCÍA ZORITA, C.; GARCÍA ROMERO, A. y MODREGO RICO, A. Research by Spanish economists. Characteristics in terms of scope of publications. En C. A. MACIAS-CHAPULA (Comp.): *Proceedings of the Seventh Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics*, 1999 (Colima, México, 5-9 de julio, 1999). Colima, Universidad de Colima.
5. SANZ CASADO, E.; GARCÍA ZORITA, C.; GARCÍA ROMERO, A. y MODREGO RICO, A. La investigación española en Economía a través de las publicaciones nacionales e internacionales en el período 1990-1995. *Revista de Economía Aplicada*, 1999, vol. 7, n.º 20, p. 113-37.
6. STONE, S. Humanities scholars: information needs and uses. *Journal of Documentation*, 1982, vol. 38, n.º 4, p. 292-313.
7. WIBERLEY, S. E. y JONES, W. G. Humanists revisited: a longitudinal look at the adoption of information technology. *College & Research Libraries*, 1994, vol. 55, p. 499-509.
8. BROCKMAN, W. S.; NEUMANN, L.; PALMER, C. L.; TIDINE, T. J. *Scholarly work in the humanities and the evolving information environment*. Washington, D. C.: Digital Library Federation; council on Library and Information Resources, 2001.
9. SCHUBERT, A. y GLÄNZEL, W. Publications dynamics: models and indicators. *Scientometrics*, 1991, vol. 20, n.º 1, p. 317-31.
10. BEBOUT, L.; DAVIS, D. y OEHLERTS, D. User studies in the humanities: a survey and a proposal. *RQ*, 1975, vol. 15, n.º 1, p. 40-44.
11. BROADUS, R. N. Information needs of humanities scholars: A study of request made at the National Humanities Center. *Library and Information Science Research*, 1987, vol. 9, n.º 2, p. 113-29.
12. STIEG, M. F. The information needs of historians. *College & Research Libraries*, 1981, vol. 42, n.º 6, p. 549-61.
13. ROMANOS de TIRATEL, S. Conducta informativa de los investigadores argentinos en Humanidades y Ciencias Sociales. *Revista Española de Documentación Científica*, 2000, vol. 23, n.º 3, p. 267-85.
14. MAURA SARDÓ, M. Aplicación de indicadores bibliométricos a un índice de citas de las revistas de humanidades. *Acceso. Revista Puertorriqueña de Bibliotecología y Documentación*, 2000, vol. 2, n.º 2, p. 1-18.

ANÁLISIS DE LA VISIBILIDAD INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA ARGENTINA EN LAS BASES DE DATOS SOCIAL SCIENCES CITATION INDEX Y ARTS AND HUMANITIES CITATION INDEX EN LA DÉCADA DE 1990-2000: ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

Valeria Molteni* y María Ángeles Zulueta**

Resumen: Los resultados de la investigación en Ciencias Sociales y Humanidades se publican en una tipología de documentos muy variada y tienen una proyección más restringida que los derivados de la investigación en Ciencias Naturales y Experimentales. Por tanto, la construcción de indicadores bibliométricos útiles para el análisis y evaluación de la misma, así como para establecer comparaciones internacionales en estas áreas es sumamente difícil. Este trabajo es uno de los primeros intentos para conocer la investigación realizada en Argentina en estas áreas y abarca el periodo comprendido entre 1990 y 2000. Los indicadores utilizados, basados en el recuento de publicaciones recogidas en las bases de datos del Social Sciences Citation Index y Arts & Humanities Citation Index muestran los hábitos de publicación, las revistas más utilizadas y las disciplinas más productivas de los investigadores argentinos. Destaca la evolución creciente del número de publicaciones a lo largo del período estudiado. Los resultados indican la ausencia de colaboración en el campo de las Humanidades, frente a una tasa de cooperación en el campo de las Ciencias Sociales algo más elevada, sobre todo a expensas de las colaboraciones internacionales.

Palabras clave: bibliometría, ciencias sociales, humanidades, Argentina, SSCI, A&HCI, visibilidad internacional.

Abstract: Results of research on Social Sciences and Humanities are published in a wide variety of document types and have a more restricted scope than those derived from research in Natural and Experimental Sciences. Therefore, building up bibliometric indicators, useful for the analysis and evaluation of that type of research as well as for establishing comparative studies at the international level, becomes a hard task. Our study constitutes one of the first attempts to explore the research carried out on Social Sciences and Humanities in Argentina during a ten-year period (1990-2000). The indicators employed, based on counting publications covered by the Social Sciences Citation Index and the Arts & Humanities Citation Index databases, reveal publication habits, the most commonly used journals and the most productive disciplines of Argentinian researchers. An increasing number of publications along the studied period is noteworthy. Results indicate the absence of a collaboration pattern in the field of Humanities, as com-

* Departamento de Documentación, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. Correo-e: vmolteni@copefaro.com.ar

** Facultad de Documentación Universidad de Alcalá. Madrid, España. Correo-e: ma.zulueta@uah.es.

pared to the higher cooperation rate in the area of Social Sciences, particularly due to international collaborations.

Keywords: bibliometrics, social sciences, humanities, Argentina, SSCI, A&HCI, international visibility.

1 Introducción

La utilización de indicadores bibliométricos para analizar la investigación científica tiene unas limitaciones que aumentan cuando se pretende aplicar al estudio de las Ciencias Sociales y las Humanidades. A pesar de ello, son unas herramientas importantes que no deben ser ignoradas en estas áreas. Uno de los principales factores que impiden la extensión de estos estudios se debe a la escasez de bases de datos que permitan su utilización para estos fines. Las bases de datos del Institute for Scientific Information son las que reúnen las condiciones más apropiadas para estos análisis y, de ellas, el Social Sciences Citation Index y el Arts & Humanities Citation Index, especializadas en revistas pertenecientes al campo de las Ciencias Sociales y las Humanidades respectivamente, proporcionan la información más adecuada para el estudio bibliométrico de estas áreas. Estas bases de datos incluyen las direcciones de todos los autores permitiendo estudiar toda la producción científica realizada en un país y publicada en las revistas recogidas en estas bases, que son las que muestran la denominada «main stream science» o «corriente principal de la ciencia». Aunque es cierto que esta aseveración se ajusta más al campo de las ciencias naturales y experimentales que al campo de las Humanidades y Ciencias Sociales. La realización de estudios bibliométricos utilizando estas bases de datos y aplicándolos al campo de las Humanidades y Ciencias Sociales persigue, más que analizar y evaluar la actividad científica en estos campos procedente de un país determinado, conocer la investigación más visible a nivel internacional, siendo conscientes de que la mayor parte de la investigación en este campo está en otros tipos de documentos (monografías fundamentalmente) y revistas de difusión nacional o local. A este problema hay que añadir otras limitaciones propias de esta base de datos como son: algún retraso en la actualización de datos, una marcada preferencia idiomática, concentración de títulos de origen anglosajón e inclusión selectiva de artículos, no hay un vaciado total de las revistas seleccionadas en estas áreas, además, incluso se recogen artículos publicados en revistas pertenecientes a otras áreas, por ejemplo del campo de la Biomedicina. A pesar de estas objeciones constituyen las bases de datos con mayor representatividad y confiabilidad para los análisis bibliométricos.

También hay que destacar que estas áreas cubren un campo muy amplio de disciplinas y no todas ellas siguen los mismos modelos de comportamiento, algunas de ellas como Economía y Psicología tienen una orientación más internacional y este hecho se refleja en la mayor presencia de documentos pertenecientes a estas disciplinas. A pesar de ello, Nederhof y van Wijk (1) muestran que las Ciencias Sociales han incrementado su visibilidad internacional a lo largo del tiempo.

El objetivo de este trabajo es conocer y analizar la actividad científica desarrollada en Argentina en el campo de las Ciencias Sociales y Humanidades que tiene mayor visibilidad internacional durante el período 1990-2000.

Los estudios bibliométricos en el campo de las Ciencias Sociales y las Humanidades se sitúan principalmente en el mundo anglosajón (2, 3, 4). No se han localizado investigaciones sobre el análisis de la producción argentina en las áreas de las Ciencias

Sociales y las Humanidades. Los análisis bibliométricos sobre la producción científica en la Argentina, como en el resto de América Latina, se centran en las áreas propias del campo de las Ciencias Naturales y Experimentales, mejor cubiertas por la base de datos Science Citation Index (5), investigaciones a nivel institucional (6), o estudios específicos de determinadas disciplinas: economía, sociología, psicología (7, 8).

2 Material y métodos

El estudio se ha basado en los registros recogidos de la versión en CD-ROM de las bases de datos del Social Sciences Citation Index (SSCI) y Arts and Humanities Citation Index (AHCI) durante los años 1990-2000. Hay que hacer constar que en el momento de la descarga, el disco del 2001 aún no se había editado y la producción del año 2000 está incompleta a falta de los documentos incorporados en este nuevo disco.

La estrategia de búsqueda que se siguió fue acceder a los registros que contenían el término Argentina en el campo «Corporate Source». Esta base de datos tiene normalizados el nombre de todos los países en este campo y como ya se ha dicho, el hecho de que aparezcan las direcciones de todos los autores, independientemente del lugar que ocupen en el conjunto de las direcciones, permite la recogida de todos los documentos.

Los registros recogidos se descargaron en la base de datos Procite 5.0. Los cálculos se realizaron con la hoja de cálculo Excel 2000. Para el tratamiento de la información contenida en los registros se realizaron una serie de tareas previas que consistieron en la identificación y codificación de países, lugares y centros de trabajo, recuento de número de autores y direcciones por documento. También se separaron en campos los idiomas de publicación, los tipos de documentos empleados, así como las revistas de publicación. La clasificación temática de los documentos se realizó utilizando la clasificación de revistas del *Journal Citation Reports* en la edición de 1999.

3 Resultados

El número total de registros que se obtuvieron fue 1363, desglosados de la siguiente manera: procedentes de SSCI hubo 989 registros y del AHCI, 304. Además, hubo 70 documentos que estaban en ambas bases de datos. La distribución de los documentos por idioma de publicación se muestra en la tabla I.

Destaca el gran número de documentos escritos en español, debido a la inclusión en esta base de datos de la revista *Desarrollo Económico* que concentra un gran número de documentos. En cuanto a la distribución por tipo de documento, se muestra en la tabla II. Debido a las bases de datos utilizadas, la principal aportación corresponde a los artículos.

La distribución temporal de la producción científica recogida en esta base de datos se muestra en la figura 1. La tendencia a lo largo del periodo estudiado es alcista, con un incremento entre el año 1990 y el 1999 del 60%. No se ha contabilizado el año 2000 debido al previsible incremento que se producirá en el disco del año 2001 pero del que aún no tenemos constancia. La cifra correspondiente al año 1996 se debe a que este año se celebró un congreso internacional de Psicología cuyas comunicaciones fueron recogidas en un número de la revista *International Journal of Psychology* lo que supuso un importante número de documentos.

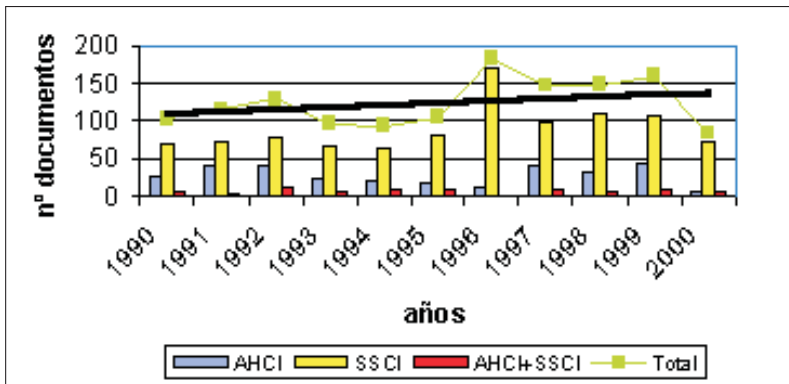
Tabla I
Distribución por idioma

Idioma	Núm. de docs.	Porcentaje
Inglés	828	60,74%
Español	485	35,58%
Francés	30	2,20%
Portugués	11	0,80%
Alemán	7	0,51%
Italiano	1	0,07%
Multilingüe	1	0,07%
Total	1.363	100%

Tabla II
Distribución por tipo de documento

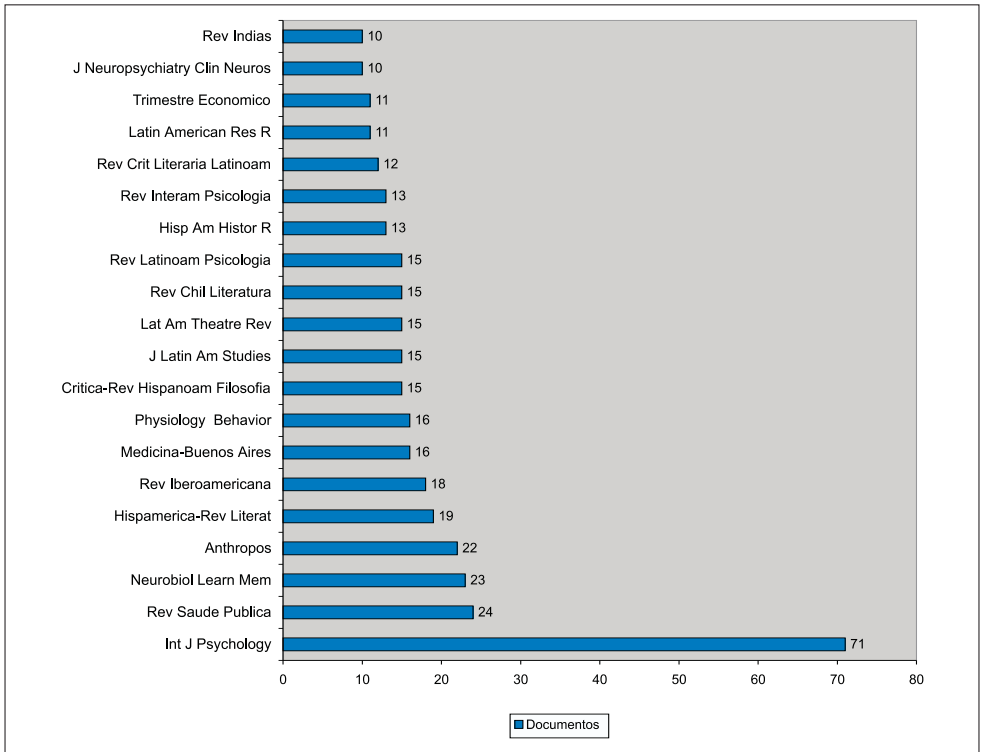
Tipo de documento	Núm. de docs.	Porcentaje
Artículos	1.006	73,81%
Reseñas de libro	150	11,00%
Presentaciones a congresos	98	7,19%
Notas	42	3,08%
Editoriales	28	2,05%
Revisiones	20	1,47%
Cartas	14	1,03%
Otros tipos de documentos	5	0,37%

Figura 1
Distribución temporal



A continuación se muestra la distribución por revistas de publicación. En la figura 2 se ha representado esta distribución en la que destacan las cifras correspondientes a los documentos publicados en las revistas *Desarrollo Económico* e *International Journal of Psychology*. El resto de los documentos se encuentran dispersos en un gran número de revistas (463) con una tasa de publicación mucho menor.

Figura 2
Títulos de revistas con mayor productividad



En la tabla III se exponen las revistas más productivas con indicación del título, número de documentos, categoría temática, Factor de impacto y país de edición. En esta tabla faltan algunos datos debido a que las bases de datos del SSCI y AHCI incluyen documentos publicados en revistas que no son vaciadas totalmente y por ello no están recogidas en el Journal Citation Reports o bien la dinámica seguida por dicha base a la hora de incluir o excluir revistas haya dejado fuera del estudio algunas de ellas. No es el caso de las que, sin estar incluidas en estas bases de datos, sí lo están en la de Science Citation Index (SCI). La revista que reúne la mayor productividad es *Desarrollo Económico* (177 documentos), concentrando el 11,7% del total. Esta revista se sitúa en el ámbito de la Economía y las Ciencias Sociales, indicando una concordancia con el análisis temático de los documentos. Es uno de los títulos de publicación periódica con mayor continuidad en su publicación (40 años), por lo cual posee una consolidación como canal de transmisión del conocimiento. Le continúa en productividad la revista *International Journal of Psychology*.

La tabla IV muestra la distribución de disciplinas más productivas. Hay un total de 145 disciplinas científicas diferentes, lo que supone una dispersión disciplinar muy grande. Hay un predominio de las disciplinas pertenecientes al campo de las Ciencias Sociales, frente a las más específicas de las Humanidades, aunque es llamativa la aparición entre este grupo de disciplinas que podemos considerar más propias del área de las ciencias naturales, como Neurología clínica, Neurociencias o Medicina Legal.

Tabla III
Distribución de revistas más productivas

<i>Revista</i>	<i>Núm. docs.</i>	<i>Disciplina</i>	<i>FI</i>	<i>País de edición</i>
DESARROLLO ECONOMICO- REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES	177	Economía	0,155	Argentina
INTERNATIONAL JOURNAL OF PSYCHOLOGY	71	Psicología	0,575	Francia
REVISTA DE SAUDE PUBLICA	24	Salud Pública, Ambiental y Ocupacional	0,226	Brasil
NEUROBIOLOGY OF LEARNING AND MEMORY	23	Psicología	3,04	Estados Unidos
ANTHROPOS	22	Antropología	0,206	Suiza
HISPAMERICA-REVISTA DE LITERATURA	19	Literatura-Romance		
REVISTA IBEROAMERICANA	18	Literatura-Romance		Estados Unidos
MEDICINA-BUENOS AIRES	16	Medicina General e Interna	0,345	Argentina
PHYSIOLOGY & BEHAVIOR	16	Psicología	1,419	Estados Unidos
CRITICA-REVISTA HISPANOAMERICANA DE FILOSOFIA	15	Filosofía		
JOURNAL OF LATIN AMERICAN STUDIES	15	Estudios de área	0,447	Inglaterra
LATIN AMERICAN THEATRE REVIEW	15	Teatro		Estados Unidos
REVISTA CHILENA DE LITERATURA	15	Literatura- Romance	0,077	Chile
REVISTA LATINOAMERICANA DE PSICOLOGIA	15	Psicología		Colombia
HISPANIC AMERICAN HISTORICAL REVIEW	13	Historia		Estados Unidos
REVISTA INTERAMERICANA DE PSICOLOGÍA	13	Psicología	0,075	Estados Unidos
REVISTA DE CRITICA LITERARIA LATINOAMERICANA	12	Literatura-Romance		Estados Unidos
LATIN AMERICAN RESEARCH REVIEW	11	Estudios de área	0,574	Estados Unidos
TRIMESTRE ECONÓMICO	11	Economía	0,045	México
JOURNAL OF NEUROPSYCHIATRY AND CLINICAL NEUROSCIENCES	10	Neurología Clínica- Neurociencias	2,140	Estados Unidos
REVISTA DE INDIAS	10	Historia		España

Respecto al estudio sobre la procedencia institucional de estos documentos podemos ver cómo la tabla V muestra un claro predominio de las universidades, sobre todo la Universidad de Buenos Aires (Ciudad de Buenos Aires), a gran distancia sigue el Consejo Nacional de Investigaciones (con Centros de Investigación distribuidos en toda la extensión geográfica de la Argentina), Universidad Nacional de La Plata (ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires) y la Universidad de Córdoba (ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba).

Tabla IV
Distribución temática

<i>Base de datos</i>	<i>Disciplinas</i>	<i>Núm. documentos</i>	<i>Porcentaje</i>
SSCI	Economía	237	17,39
SSCI	Psicología	146	10,71
AHCI	Literatura-Romance	93	6,82
SSCI-AHCI	Antropología	62	4,55
SSCI	Neurología Clínica	51	3,74
AHCI	Historia	46	3,37
SSCI-AHCI	Estudios por áreas geográficas	39	2,86
SSCI	Ciencias del comportamiento	39	2,86
SSCI	Salud Pública, Medioambiental y Laboral	33	2,42
AHCI	Arte y Humanidades, General	29	2,13
SSCI	Psiquiatría	28	2,05
SSCI	Medicina Legal	25	1,83
SSCI	Neurociencias	22	1,61
AHCI	Filosofía	21	1,54
SSCI	Estudios medioambientales	20	1,47
SSCI	Economía financiera	19	1,39
SSCI	Psicología del desarrollo	18	1,32
AHCI	Revisiones literarias	16	1,17
SSCI	Medicina General e Interna	16	1,17
AHCI	Teatro	15	1,10
SSCI	Relaciones internacionales	13	0,95
SSCI	Ciencias Sociales, Interdisciplinares	13	0,95
SSCI	Servicios y Política Sanitarias	11	0,81
SSCI-AHCI	Historia y Filosofía de la Ciencia	10	0,73
SSCI	Ciencias Políticas	10	0,73

Tabla V
Distribución institucional

<i>Institución</i>	<i>Núm. documentos (%)</i>
Universidad de Buenos Aires	462 (33,90%)
Consejo Nacional de Investigaciones	100 (7,34%)
Universidad Nacional de la Plata	74 (5,43%)
Universidad Nacional de Córdoba	56 (4,11%)
Otras universidades	673 (49,38%)

3.1 Indicadores de colaboración

La colaboración en el campo de las Ciencias Sociales y Humanidades no se considera una necesidad por parte de estos investigadores. De la misma manera que en Ciencias Naturales y Experimentales no se concibe la investigación en solitario, en estas áreas aún no se ha implantado de manera general. A pesar de ello, se está produciendo un incremento considerable aunque con marcadas diferencias entre unas disciplinas y otras. Este incremento es mayor en las disciplinas propias del campo de las Ciencias Sociales que en Humanidades, donde no termina de asentarse. En la tabla VI

se describen las tasas de colaboración utilizando el número de autores y de instituciones por documento. Hay que tener en cuenta las variaciones entre el número de documentos procedentes de la base de datos del AHCI, mucho menor que los procedentes del SSCI, cifras que, en cierto modo, sesgan los resultados, pero a pesar de ello, es obvia la mayor tasa de colaboración existente en los documentos procedentes del SSCI tanto en el ámbito de autores como de instituciones.

Tabla VI
Tasas de colaboración

	<i>Total</i>	<i>SSCI</i>	<i>AHCI</i>	<i>SSCI + AHCI</i>
Autores por documento	2,24 ± 2,14 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-28	2,64 ± 2,34 Me = 2 Mo = 1 Rango = 1-28	1,14 ± 0,53 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-6	1,33 ± 1,38 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-12
Organismos por documento	1,66 ± 1,49 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-20	1,86 ± 1,68 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-20	1,08 ± 0,33 Me = 1 Mo = 1 Rango = 1-4	1,29 ± 0,68 Mre = 1 Mo = 1 Rango = 1-4

Hay que señalar que la colaboración, cuando se produce, se realiza entre autores pertenecientes a distintas instituciones. Se ha observado que solamente un 17,7% de los documentos están firmados por 2 o más autores y una sola dirección, lo que muestra la escasa colaboración entre investigadores pertenecientes al mismo departamento.

La tabla VII muestra el número de documentos realizados en colaboración, el tipo de colaboración (nacional o internacional) y la distribución de los mismos por base de datos de partida. Hay que destacar el elevado número de documentos realizados en solitario procedentes de AHCI (94%) y el mayor grado de colaboración internacional de los documentos recogidos en SSCI (25,8%)

Tabla VII
Distribución de documentos por tipo de colaboración

	<i>Sin colaboración</i>	<i>Colabor. nacional</i>	<i>Colabor. internac.</i>	<i>Total</i>
SSCI	560 (56,6%)	174 (17,6%)	255 (25,8%)	989
AHCI	285 (94,1%)	7 (2,3%)	11 (3,6%)	303
SSCI+AHCI	57 (81,4%)	5 (7,1%)	8 (11,4%)	70

Respecto a la procedencia de los autores con los que se colabora, ésta queda expuesta en la tabla VIII. Como es de esperar, dado el elevado número de publicaciones norteamericanas en esta base de datos, hay un gran número de documentos realizados en colaboración con investigadores de los Estados Unidos, pero es llamativo el segundo puesto ocupado por Brasil en cuanto a la cooperación de los investigadores argentinos, por encima de otros países pertenecientes al mismo ámbito hispanoamericano pero de habla española como España o México, también muy productivos.

Tabla VIII
Colaboración internacional

<i>País</i>	<i>Artículos</i>	<i>País</i>	<i>Artículos</i>
Estados Unidos	59	Italia	8
Brasil	41	México	8
España	30	Chile	8
Inglaterra	25	Escocia	7
Francia	21	Japón	7
Canadá	19	Suiza	5
Alemania	11		

Otros países con los que Argentina colabora en menos de cinco documentos son: Israel, Suecia, Holanda, India, Cuba, Perú, Egipto, Nigeria, Tailandia, Venezuela, Colombia, Costa Rica, Dinamarca, Ecuador, Rep. Checa; y con un sólo documento: Filipinas, Finlandia, Gales, Indonesia, Jordania, Kenia, Malasia, Noruega, Sudáfrica, Uruguay, Austria, Bélgica, Bolivia, China, Corea del Sur, Pakistán, Paraguay, Portugal, Rusia, Senegal y Sri Lanka.

4 Discusión

Este trabajo nos ha permitido conocer la actividad científica realizada en Argentina en el campo de las Ciencias Sociales y Humanidades de mayor visibilidad internacional. Los principales indicadores obtenidos nos han permitido observar que la distribución de documentos por idioma o por tipo de documento se ajusta a lo que podría esperarse dadas las características de las bases de datos seleccionadas. Destacan las cifras correspondientes a los artículos y a los documentos escritos en inglés, debido a las principales revistas de publicación utilizadas por los autores argentinos.

A lo largo del periodo estudiado se ha observado una tendencia creciente en el número de documentos publicados en revistas cubiertas por estas bases de datos. Este crecimiento fue de un 60% entre el primer y último año del estudio. Con una gran concentración de documentos, sobre todo en dos disciplinas, recogidas sólo en SSCI, Economía, 17,39% y Psicología, 10,71%.

La distribución por disciplinas coincide con la encontrada en otros trabajos similares (2). Hay un mayor número de artículos en revistas pertenecientes al campo de las Ciencias Sociales, posiblemente debido a la costumbre más desarrollada por parte de los científicos «sociales» de comunicar sus resultados a través de revistas científicas, lo que condiciona un mayor número de éstas, que en el caso de los humanistas. A pesar de ello la presencia de disciplinas propias del campo de las Humanidades también es importante y conviene destacar que entre las disciplinas más productivas, se encuentran algunas relacionadas con el área de Ciencias de la Salud (Neurología Clínica y Neurociencias, Salud Pública y Medioambiental, Psiquiatría, Medicina Legal) debido probablemente a documentos que tratan aspectos de contenido socio-médico o publicados en revistas que tratan estos temas.

En el área de las Humanidades es más frecuente el empleo, como canal de transmisión del conocimiento científico, de otros tipos de documentos, principalmente li-

bros (3), ello debido en parte al bajo nivel de envejecimiento de la literatura científica (4), lo que ocasiona una menor presencia de esta investigación en bases de datos especializadas en revistas.

La revista más productiva es *Desarrollo Económico* (177 documentos), que concentra el 11,70% del total. Dicha revista está clasificada en la disciplina de Economía. Le sigue en productividad la revista *International Journal of Psychology* (71 documentos).

La distribución institucional de los documentos muestra un claro predominio de los procedentes de las Universidades Públicas, con un 54,81% del total, además casi el 71% de los documentos se originaron en la ciudad de Buenos Aires. La institución con mayor producción es la Universidad de Buenos Aires (33,9%), seguida a continuación por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) reuniendo un 7,34% de la producción y en tercer lugar la Universidad Nacional de La Plata con un 5,43%, y en cuarto lugar la Universidad Nacional de Córdoba con un 4,11%. La Universidad de Buenos Aires es la de mayor envergadura presupuestaria y con el mayor número de alumnos en la República Argentina, el 24% sobre el total de alumnos universitarios.

En cuanto a la colaboración que subyace en la realización de la investigación llevada a cabo por estos investigadores, ésta es escasa, como corresponde a estas áreas, siendo superior en los documentos recogidos en la base de datos del SSCI. La colaboración con instituciones internacionales es más frecuente que con instituciones nacionales y, como ya ha quedado expuesto, es mínima la colaboración entre investigadores pertenecientes al mismo departamento o servicio, por lo que no se puede considerar la existencia de grupos nacionales de investigación en estas áreas.

La cooperación internacional se produce con un gran número de países destacando Estados Unidos, Brasil, España y el Reino Unido. Sin embargo, la colaboración con México, uno de los países más productivos de América Latina, junto con Brasil y la propia Argentina, es muy inferior a lo que cabría esperar dadas las tasas de producción científica.

Este trabajo sobre la investigación en el campo de las ciencias sociales y las humanidades realizada en Argentina, muestra el mismo patrón de comportamiento que el encontrado en estudios similares utilizando las bases de datos del SSCI y el AHCI.

Además, un reciente estudio sobre los hábitos de lectura de los investigadores argentinos especializados en disciplinas propias de estas áreas de conocimiento (9) ha demostrado que a la hora de acceder y utilizar información necesaria para desarrollar su actividad científica consultan en mayor medida los documentos publicados en monografías y revistas publicadas en español, así como los fondos existentes en las bibliotecas de sus centros de trabajo. Estos hechos, junto a los conocidos sesgos propios de las bases de datos del ISI, contribuyen a explicar la escasa utilización de las revistas internacionales cubiertas en estas bases de datos a la hora de publicar sus resultados de investigación.

5 Agradecimientos

Esta investigación fue realizada gracias a la estancia académica en la Universidad de Alcalá realizada por la Lic. Valeria Molteni a través del Programa de Cooperación

Interuniversitaria, Agencia Española de Cooperación Internacional durante el período enero-abril de 2001.

6 Bibliografía

1. NEDERHOF, A.J. y VAN WIJK, E Mapping the social and behavioural sciences world-wide: Use of maps in portfolio analysis of national efforts. *Scientometrics*, 1997, vol. 40, pp. 237-276.
2. INGWERSEN, P. The international visibility and citation impact of scandinavian research articles in selected social science fields: the decay of a myth. *Sciencimetrics* 2000, vol. 49 (1), pp. 39-62 .
3. HICKS, D. The difficulty of achieving full coverage of international Social Science literature and the bibliometric consequences. *Scientometrics* 1999, vol. 44 (2), pp. 193-215.
4. GLANZEL, W.,. A bibliometric approach to social sciences : national research performances in six selected Social Sciences areas : 1990-1992. *Scientometrics* 1996, vol. 35 (3), pp. 291-307.
5. MOYA ANEGON, F. Science in America Latina: A comparison of bibliometric and scientific-technical indicators. *Scientometrics* 1999, vol. 46 (2), pp. 299-320.
6. HERRERO SOLANA, V., 2002. Análisis de dominio de la producción científica de la Universidad de Mar del Plata. *Nexos* 2002, vol. 8, 14, pp. 5-10
7. VIVAS, J. R.. Análisis de redes aplicado a un estudio bibliométrico en Psicología de la conducta. *IberPsicología*, 1999, 4, 1. <http://fsmorente.filos.ucm.es/Publicaciones/Iberpsicologia/Iberpsi7/vivas/vivas.htm>. Fecha de consulta: marzo de 2001
8. AGUILAR, M. C. La psicología de las organizaciones en Colombia y América Latina: una aproximación bibliométrica. Actas II Congreso Iberoamericano de Psicología, 1998. <http://copsa.cop.es/congresoiberoa/base/trabajo/orgr40.htm> Fecha de consulta: mayo de 2002.
9. ROMANOS DE TIRATEL, S. Conducta informativa de los investigadores argentinos en Humanidades y Ciencias Sociales. *Revista Española de Documentación Científica* 2000, vol. 23, n.º 3, p. 267-285.

ANÁLISIS DE LA RELEVANCIA DE LAS REVISTAS LATINOAMERICANAS A TRAVÉS DE UN FACTOR DE IMPACTO RENORMALIZADO

E. O. García*, J. A. del Río*, A. M. Ramírez*

Resumen: En este trabajo usamos el factor de impacto renormalizado para obtener la evolución temporal de un indicador de relevancia de las revistas científicas latinoamericanas en el periodo de 1991 a 2000. Nuestro análisis muestra un comportamiento oscilante en la relevancia en el contexto internacional en los últimos años.

Palabras clave: indicadores bibliométricos, evaluación cualitativa, factor de impacto, evaluación cruzada de disciplinas, revista científica, Latinoamérica.

Abstract: In this work we use a renormalized impact factor to analyze the time evolution of Latin American scientific journals from 1991 to 2000. Our analysis shows oscillant behavior in journals' relevance in the international context in the last years.

Keywords: bibliometric indicators, qualitative evaluation, impact factor, cross-discipline evaluation, scientific journal, Latinamerica.

1 Introducción

En trabajos publicados con anterioridad describimos la evolución de las revistas latinoamericanas que aparecen listadas en el *Journal Citation Reports (JCR)* de los años 1991 a 1998. En este trabajo añadimos los datos de los años 1999-2000 y analizamos nuestros resultados bajo la óptica de una clasificación internacional, regional y local propuesta hace algunos años (2). Para realizar nuestro análisis de las revistas y para conocer su evolución a lo largo de esos años, utilizamos el factor de impacto renormalizado (1).

En los diversos análisis que hemos realizado con anterioridad (3-5) encontramos un crecimiento en la relevancia de las revistas latinoamericanas en el periodo 1991-1998. En este trabajo hemos aumentado la ventana de tiempo en el análisis con respecto a aquellos trabajos pioneros y encontramos que la tendencia ha cambiado observando un patrón oscilante.

En particular, en este trabajo utilizamos la palabra *relevante* para enfatizar las revistas que tienen un factor de impacto renormalizado mayor que cero. Esto quiere decir que el factor de impacto de la revista específica es mayor que el de la revista que ocupa el lugar de la mediana en la categoría correspondiente en el *Journal Citation Reports (JCR)*.

* Centro de Investigación en Energía. Universidad Nacional Autónoma de México.

2 Metodología

El factor de impacto (F), como lo define el *JCR*, es uno de los parámetros más usados para analizar la relevancia de las revistas científicas. Sin embargo, debido a sus limitaciones y con el fin de mejorar la representatividad del factor de impacto, se propuso el factor de impacto renormalizado (F_r) (1) que considera las características específicas de cada categoría del *JCR*. Este factor de impacto renormalizado es útil en nuestro estudio, ya que encontramos que las revistas científicas latinoamericanas son clasificadas en muchas categorías diferentes. Con este F_r se pueden comparar cuantitativamente revistas de diferentes áreas del conocimiento.

La fórmula para obtener el Factor de Impacto Renormalizado (1) es

$$F_r = n^{-1} \sum ((F - F_{\text{med}})/(F_{\text{max}} - F_{\text{med}}))$$

donde n es el número de categorías donde la revista es listada, \sum indica la suma sobre todas las categorías donde aparece la revista, F_{med} y F_{max} son los factores de impacto de la revista que ocupa el lugar de la mediana y del máximo en cada categoría, respectivamente. De acuerdo con esta fórmula, se considera que la revista con F_r igual o mayor que cero tiene relevancia en el contexto científico mundial en el ámbito de su categoría. Con este indicador F_r , la comparación entre revistas científicas de diferentes áreas puede realizarse directamente y además permite un análisis de la evolución de la relevancia en el tiempo.

3 Resultados

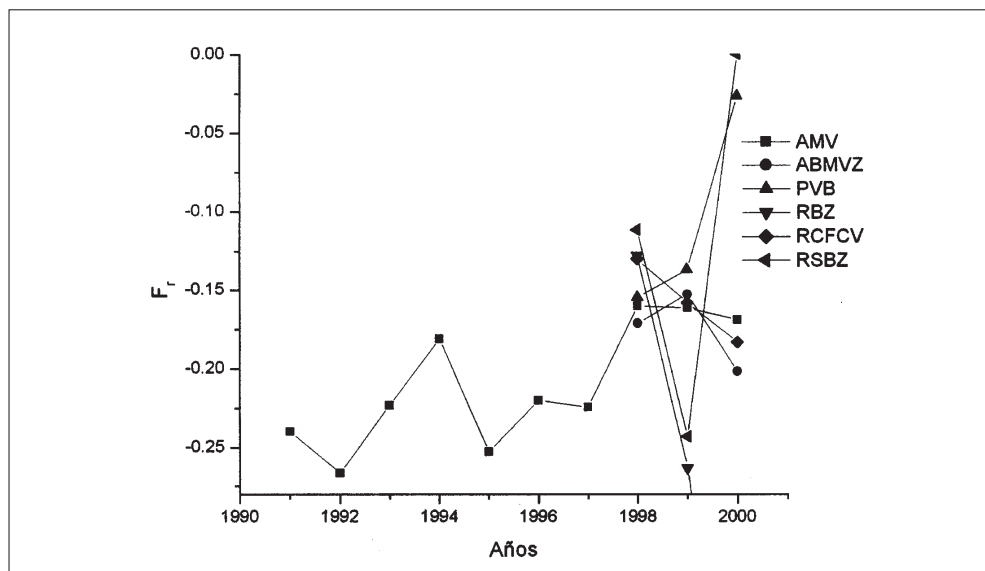
Al análisis de las revistas latinoamericanas de los años 1991-2000 se les aplicó la fórmula del factor de impacto renormalizado. En anexo se incluye una tabla que muestra la relación de revistas en orden alfabético y su nombre abreviado (tabla I).

Aún cuando podemos comparar todas las revistas latinoamericanas, a través del factor de impacto renormalizado, en esta parte las dividiremos en 9 áreas con el objeto de ver en detalle su evolución.

En nuestro análisis, en la figura 1 encontramos que la mayoría de las revistas de veterinaria incorporadas en 1998 permanecen hasta el año 2000. Sin embargo hay algunos cambios, por ejemplo RSBZ. A pesar de que ha habido oscilaciones en la evolución de las mismas, estas revistas están lejos de ser relevantes en su categoría porque su $F_r < 0$. Al continuar con el análisis de esta categoría, en 1999 tres revistas se alejaron de la mediana (RSBZ, RCFCV y RBZ) y aunque están lejos de ser relevantes, es importante señalar que ABMVZ y PVB tuvieron un incremento y AMV (la revista de veterinaria más antigua en América Latina) está alejándose ligeramente de la mediana. Dos revistas brasileñas que presentan oscilaciones drásticas son *Pesquisa Vet Bras* tendiendo hacia la mediana y *Rev Bras de Zootec* que tiende a alejarse del valor de la mediana.

En la figura 2 mostramos las revistas de Agricultura, y agregamos AMV e INTER (multidisciplinaria) para hacer una comparación. Por alguna razón que no podemos analizar, en 1999 CJAS alcanzó un nivel importante en su relevancia, pero en el año 2000 sufre una fuerte caída y cae a un valor menor que la tendencia de los años anteriores.

Figura 1
Veterinaria



Este hecho, detectado por la metodología empleada en este trabajo merece un análisis detallado. Las revistas TA y PAB, después de caer en 1999, tienen una tendencia hacia la mediana en el año 2000, sin embargo continúan lejos de ser relevantes.

En la figura 3 mostramos el F_r de las 11 revistas que aparecen en la categoría de Medicina. Dos revistas que presentan un cambio drástico son ABCL que en el 2000 (su tercer año en el JCR) tiende hacia la mediana y MIOC, que ha venido con una caída en su relevancia desde 1997 y tiende a alejarse. Con excepción de estas revistas (incluida ALN), todas continúan con la tendencia que traen desde años anteriores. Es importante señalar que desde el criterio del F_r , las revistas latinoamericanas de Medicina están cerca de ser relevantes en sus categorías correspondientes, pero desde otras características como lenguaje o el origen de los autores, son Revistas Locales o Regionales (2). Esto indica que la investigación reportada en las revistas médicas de América Latina es importante para América Latina; y ciertamente muestran un comportamiento que tiende a ser relevante en el contexto internacional de acuerdo a sus factores de impacto.

En el área de Química encontramos siete revistas en el año 2000, de las cuales mostramos el F_r en la figura 4 junto con INTER para comparación. De manera general podemos observar que la Química está cerca de ser relevante en el contexto internacional. Después de su aparición en 1998 la revista ABCL, después de una caída en su tendencia en 1999, muestra un cambio drástico en el año 2000. En este último año se incorpora al JCR, IQ con un F_r alejado de la mediana.

En Biología encontramos 12 revistas. En la figura 5 mostramos sus F_r . Los cambios drásticos en esta área los encontramos en CM, que desde 1997 ha tenido un comportamiento oscilatorio con tendencia a alejarse de la mediana. Incluimos también un inserto de las revistas que han tenido una tendencia cercana a la mediana. En 1999,

Figura 2
Agricultura

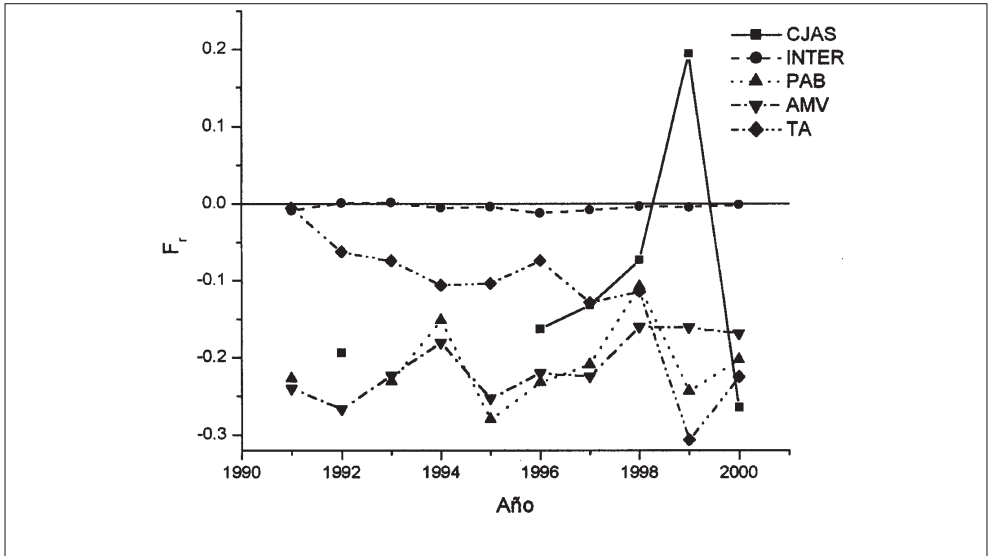


Figura 3
Medicina

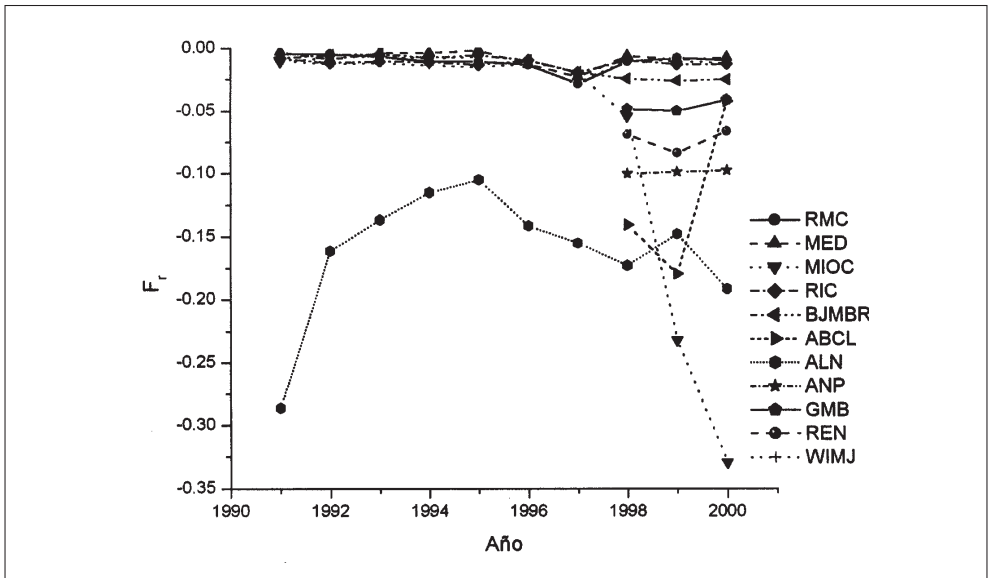
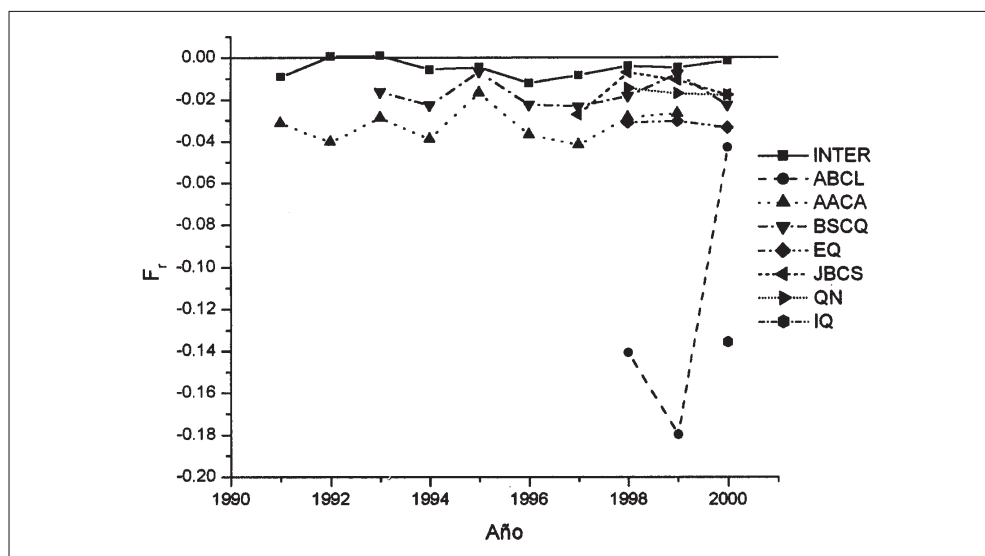


Figura 4
Química



la revista BR tiene una ligera caída y en el año 2000 muestra una tendencia hacia la mediana, sin llegar a ser relevante en su categoría. De acuerdo a nuestro análisis, la revista RCHN, que en 1998 cambió de categoría (ahora se ubica en la categoría Biología y Ecología) tiene menos relevancia.

En la figura 6 mostramos el comportamiento dinámico del F_r de las revistas del área de Matemáticas, Ingeniería y Física. Hay 3 revistas que se han mantenido a lo largo de los años de nuestro estudio, cercanas a la mediana (RMAA, RMF y VT). Podemos observar que RMAA ha sido la revista más relevante en América Latina en el contexto internacional; sin embargo ha mostrado cambios muy drásticos en su comportamiento con tendencia a alejarse de la mediana y de su posición relevante, tal y como se muestra en el año 2000. Por otro lado la RMF se mantiene cerca de la mediana. En el año 2000 se le ubica en la categoría *Physics Multidisciplinary*, área muy competitiva en el contexto internacional. Otra revista con cambios importantes es VT, que ha modificado su tendencia en dos ocasiones. En el 2000 VT es la revista que está más cercana a la mediana. En ese mismo año 2000 se incorporan al JCR, BSM-Mex y IHM; la primera de ellas con un valor cercano a la mediana y la segunda permanece lejos de ser relevante. Es en esta gráfica en donde el F_r muestra una de sus ventajas sobre el F al permitir comparar revistas de diferentes categorías.

En un análisis realizado en 1999 (2), se clasifican las revistas latinoamericanas publicadas en el JCR de 1996 (38 en ese año) con un carácter *local*, *regional* o *internacional*. Esta clasificación se basó en el tamaño de la revista, la dirección de los autores y el lenguaje de publicación. Ahora, para hacer un análisis diferente presentamos en la figura 7 la evolución del F_r de esas 12 revistas consideradas como internacionales. Las revistas con $F_r > 0$ son consideradas como relevantes en sus correspondientes categorías, entonces es claro que RMAA fue relevante en Astronomía y Astrofísica en el periodo 1997-1999, y que en los años 1993 y 1996 estuvo cerca de la mediana.

Figura 5
Biología

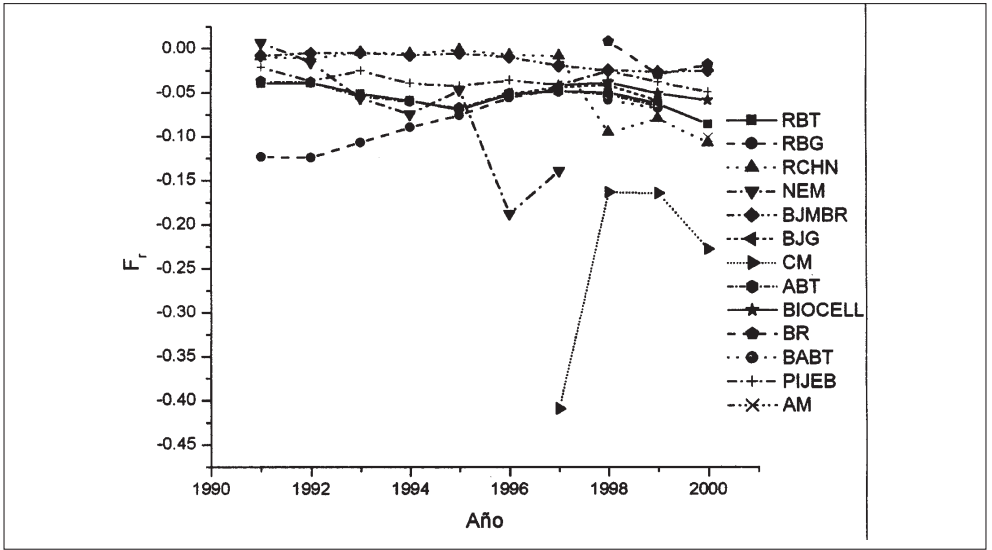
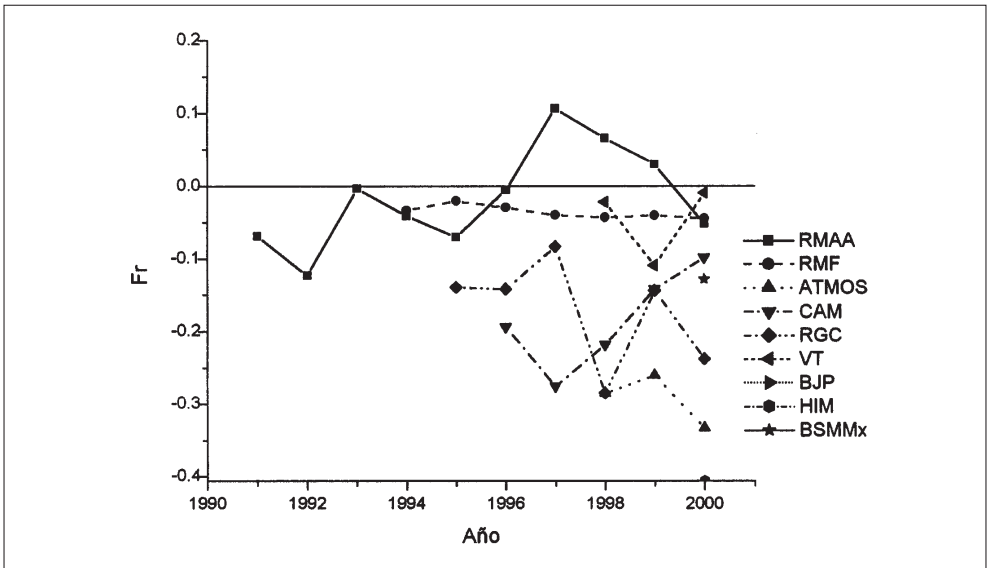


Figura 6
Física, Matemáticas e Ingeniería



El valor de la mediana es el punto crítico para ser relevante, de acuerdo a los criterios del $F_r(1)$. Cabe mencionar que en 1991, 1992, 1994, 1995 y 2000, a pesar de que tuvo un F alto en el ambiente latinoamericano tuvo una relevancia secundaria en el contexto internacional. De las tres revistas que en 1998 estaban lejos de ser relevantes, sólo CAM ha tenido una tendencia creciente en su relevancia en 1999 y 2000. Aparentemente, con excepción de unas cuantas, estas revistas sufrieron una caída en su tendencia en los últimos años.

Después de este análisis podemos decir que las revistas consideradas como *internacionales* (2) coinciden en 1996 con las que nosotros denominamos *relevantes* en el contexto internacional. Para ampliar nuestro análisis graficamos también los valores de las revistas denominadas como *locales* y *regionales* (2). Los resultados de las revistas locales se muestran en la figura 8. Podemos observar una concentración de revistas con valores cerca de la mediana; es decir, tienden a ser relevantes. Una característica importante ha sido su comportamiento estable en todos los años de nuestro estudio. Por otro lado, es importante señalar que mientras las revistas locales son mayoría (21 en total), las clasificadas como regionales son 10. Los valores de estas revistas se muestran en la figura 9. Nuestro análisis nos muestra una dispersión en las revistas graficadas además de un comportamiento oscilante. La revista relevante de la categoría regional es la RMAA.

Existen dos revistas que aparecen en las tres clasificaciones: ABCL y BIOCELL; por otro lado, las revistas que aparecen en las clasificaciones regional e internacional son: ABCL, BIOCELL, INTER, MIOC, RMAA.

Figura 7
Revistas internacionales

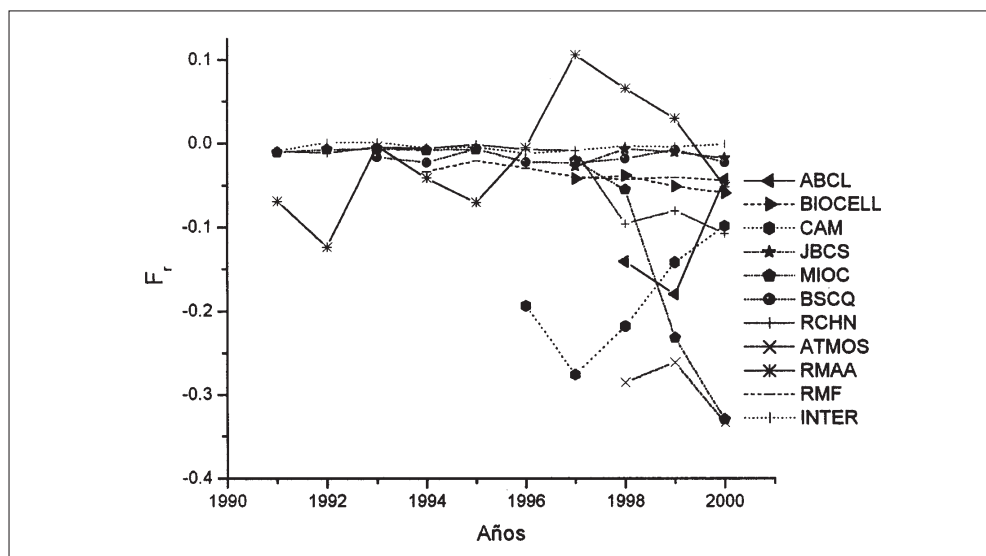


Figura 8
Revistas locales

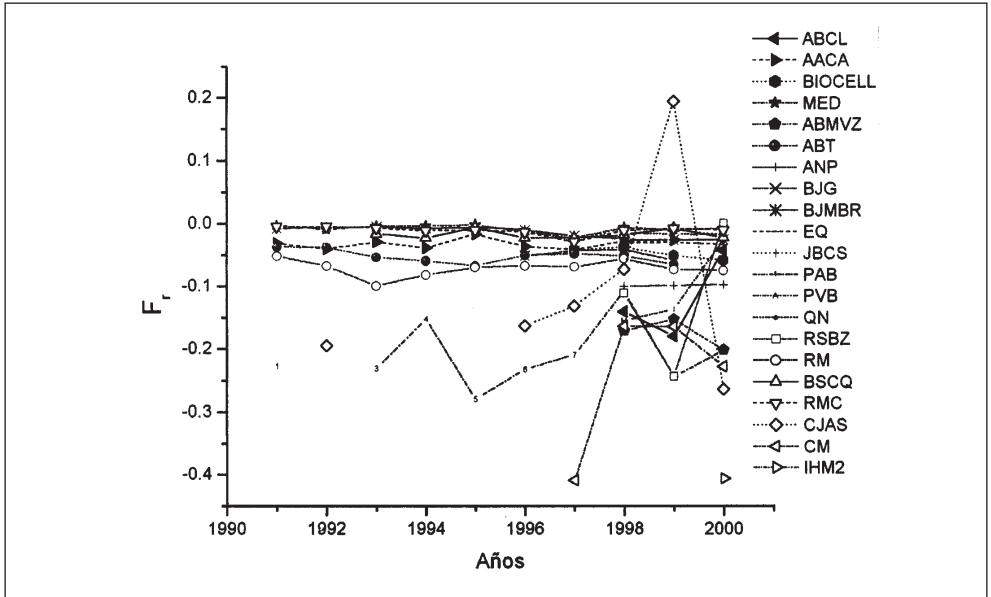
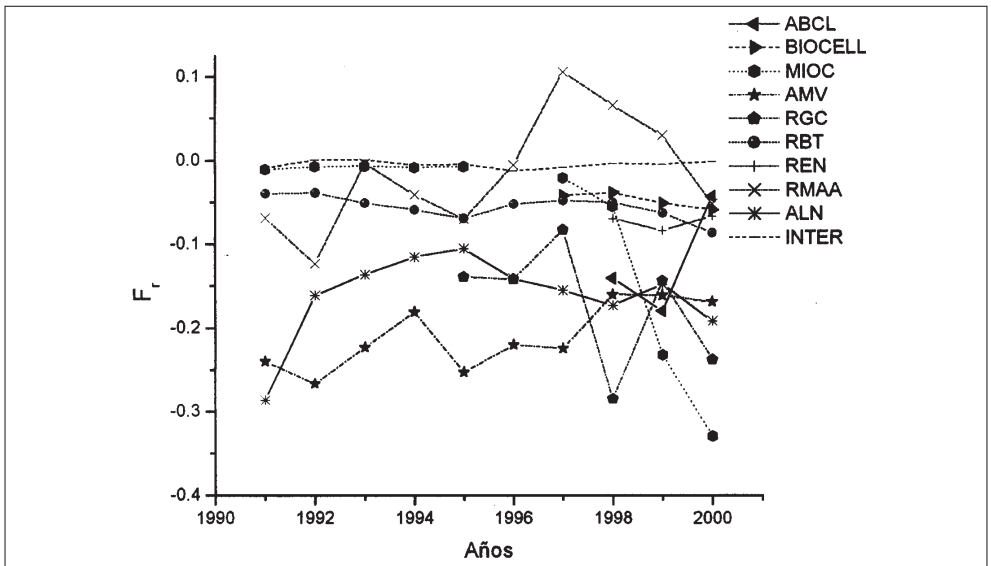


Figura 9
Revistas regionales



4 Conclusiones

Los resultados previos muestran que las revistas latinoamericanas juegan un papel secundario en el contexto internacional en sus respectivas categorías; sin embargo, son el único lugar para difundir los estudios realizados en y para la región. Otro aspecto importante es que a través de la divulgación de las investigaciones regionales se fomenta el desarrollo científico de un país. Por otra parte, debemos enfatizar que un análisis más detallado requerirá de un estudio que abarque aspectos cualitativos y cuantitativos, como ha sido indicado con anterioridad (6, 7, 8). Otro punto interesante es que con el F_r es posible realizar un análisis en el tiempo de la relevancia de estas revistas. Es este caso, este análisis muestra un comportamiento oscilante en la relevancia del conjunto de revistas indicando que existen factores que afectan su apreciación en el contexto internacional. Esta información le da elementos a los editores para solicitar recursos para trabajar en este esfuerzo regional. Consideramos que la unión de esfuerzos y recursos mejorará la calidad en todos los aspectos de las revistas de nuestra región.

5 Agradecimientos

Trabajo parcialmente apoyado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) y el proyecto DGAPA UNAM IN103100.

6 Referencias

1. Ramírez A. M., García E. O. y Del Río J. A. Renormalized Impact Factor. *Scientometrics* 2000, vol. p. 47, 3.
2. Gómez, I., Sancho, R., Moreno, L., Fernández, M. T., Influence of Latin American Journals Coverage by International Databases, *Scientometrics*, 1999, vol. 46, p. 443-456
3. Ramírez A. M., García E. O., del Río J. A. Estudio de la relevancia de las revistas Latinoamericanas utilizando un factor de impacto renormalizado. *Investigación Bibliotecológica*, 1999, vol. 13 p. 110-124.
4. García, E. O., Ramírez Romero A. M., del Río Portilla J. A. La relevancia de las revistas científicas mexicanas: análisis cuantitativo. *Ciencia*, 2000, vol. 51 p. 34-38.
5. Ramírez, A. M., García, E. O.; del Río, J. A. Análisis de la relevancia de las revistas científicas latinoamericanas. En: Liberman, S. y Russell J. M. Simposio Internacional Investigación sobre la comunicación científica: un enfoque multidisciplinario. 2002, UNAM: México; p. 171-185.
6. Kostoff, R.N. and del Río, J.A. The impact of physics research, *Phys. World*, junio 2001, p. 47-51.
7. del Río, J. A., Kostoff, R. N., García, E. O., Ramírez, J. A. Humenik. Phenomenological Approach to Profile Impact of Scientific Research: Citation Mining, *Advances in Complex Systems*, 2002, vol. 5, p. 19-42. También disponible en <http://lanl.arXiv.org/physics/0112047>.
8. Kostoff, R. N., del Río, J. A., Humenik, J. A., García, E. O., Ramírez, A. M. Citation Mining: Integrating Text Mining and Bibliometrics for Research User Profiling, *J. Am. Soc. Inform. Sc. Tech.*, 2001, vol. 52, p. 1148-1156.

ANEXO

Lista de revistas latinoamericanas que aparecieron en el JCR durante el período de 1991 al 2000

<i>Nombre de la revista</i>	<i>Clave</i>
Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana	ABCL
Ameghiniana	AM
Annales de la Asoc. Química argentina	AAQA
Archivos de Medicina Veterinaria	AMV
Archivos Latinoamericanos de Nutrición	ALN
Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia	ABMVZ
Arquivos de Biología e Tecnología	ABT
Arquivos Neuro-Psiquiatria	ANP
Atmosfera	ATMOS
Biocell	BIOC
Biological Research	BR
Boletín de la Sociedad Chilena de Química	BSCQ
Boletín Sociedad Matemática Mexicana	BSMMex
Braz. Arch. Biol. Techn.	BABT
Braz. J. Genetics	BJG
Braz. J. Med. Biol Res.	BJMBR
Brazilian Journal of Physics	BJP
Ciencias Marinas	CM
Computational and Applied Mathematics	CAM
Cuban Journal of Agriculture Science	CJAS
Eclética Química	EQ
Genetics and Molecular Biology	GMB
Ingeniería Hidráulica Mexicana	IHM
Ingeniería Química	IQ
Interciencia	INTER
J. Brazil Chem. Soc.	JBCS
Journal of Agriculture	JA
Medicina -Buenos aires	MED
Memorias do Instituto Oswaldo Cruz	MIOC
Nematropica	NEM
Pesquisa Agropecuaria Brasileira	PAB
Pesquisa Veterinaria Brasileira	PVB
Phyton-Int. J. Of Experimental Botany	PIJEB
Química Nova	QN
Revista de Biología Tropical	RBT
Rev. Bras. Genética	RBG
Rev. Bras. Zootecn.	RBZ
Revista Chilena de Historia Natural	RCHN
Revista Científica-Facultad de Ciencias Veterinarias	RCFCV
Revista Ecuatoriana de Neurología	REN
Revista Geológica de Chile	RGC
Revista de Investigación Clínica	RIC
Revista Médica de Chile	RMC
Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica	RMAA
Revista Mexicana de Física	RMF
Revista de Microbiología	RM
Rev. Soc. Bras Zootecn	RSBZ
Tropical Agriculture	TA
Vision Tecnológica	VT
West Indian Medical Journal	WIMJ

ViBIOSOM: VISUALIZACIÓN DE INFORMACIÓN BIBLIOMÉTRICA MEDIANTE EL MAPEO AUTOORGANIZADO

Gilberto Sotolongo-Aguilar*, María Victoria Guzmán-Sánchez*, Humberto Carrillo**

Resumen: En este trabajo se describe el uso de una herramienta de visualización que facilita descubrir conocimientos en bases de datos. Se presentan los mapas científico-tecnológicos asociados a los indicadores bibliométricos. Los mapas están basados en el concepto de los mapas auto-organizados (SOM, Self-Organizing Maps) y basados en la tecnología de las redes neuronales no supervisadas. Se incluyen ejemplos que permiten ilustrar la visualización de los resultados.

Palabras clave: visualización de información, mapas autoorganizados (SOM); bibliometría; redes neuronales artificiales.

Abstract: In this paper the use of a visualization tool that helps researchers discover knowledge in databases is described. The paper presents the scientific and technological maps associated with bibliometric indicators. The maps are based on the concept of Self-Organizing Maps (SOM) which is a particularly robust form of unsupervised neural networks. Examples illustrating the visualization of information are included in the paper.

Keywords: information visualization; Self-Organizing Maps (SOM); bibliometrics; artificial neural networks.

1 Introducción

Los profesionales que necesitan manejar grandes volúmenes de información por las características de su trabajo, saben que uno de los retos actuales es conocer y dominar el uso de herramientas que les permitan procesar grandes almacenes de datos. A esta área de trabajo se le ha dado en llamar *minería de datos* y posteriormente *minería de textos*. Muchos problemas de las disciplinas relacionadas con los estudios métricos de la información requieren de la aplicación de estas técnicas.

Las redes neuronales artificiales (RNA) han probado ser de gran utilidad para resolver problemas de minería de datos y texto. Estas han sido útiles particularmente en la organización creativa de información, el descubrimiento de conocimiento y la visualización de información. Esta última es entendida como el «proceso de interiorización del conocimiento mediante la percepción de información» (1). La visualización de información, según la definición anterior, interviene en el paso de datos a información y en la posibilidad de la construcción del conocimiento, al revelar los patrones que subyacen a los datos.

* Instituto Finlay. Habana, Cuba. Correo-e: gsotolongo@finlay.edu.cu; mvguzman@finlay.edu.cu.

** Laboratorio Dinámica no lineal, Fac. Ciencias, UNAM, México. Correo-e: carr@servidor.unam.mx.

Uno de los métodos preferidos para lograr lo anterior es a partir de la «metáfora visual» y su representación en forma de mapas topográficos. En ese sentido, las redes neuronales también han encontrado aplicabilidad, específicamente el modelo desarrollado por Teuvo Kohonen (2), empleado por los autores de este trabajo con resultados interesantes.

Una red neuronal, según Freman y Skapura (3), es un sistema de procesadores paralelos conectados entre sí en forma de grafo dirigido. Esquemáticamente cada elemento de procesamiento (neuronas) de la red se representa como un nodo. Estas conexiones establecen una estructura jerárquica que, tratando de emular la fisiología del cerebro, busca nuevos modelos de procesamiento para solucionar problemas concretos del mundo real. Una definición simplificada sobre los mapas topológicos podría ser que, en una correspondencia que respete la topología, las unidades que se encuentran físicamente próximas entre sí van a responder a clases de vectores de entrada que, análogamente, se encuentren cerca unos de otros. Los vectores de entrada de muchas dimensiones son representados sobre el mapa bidimensional, de tal manera que se mantenga el orden natural de los vectores de entrada [4, 5]. En el procesamiento interno, las RNA realizan una clasificación de los datos; o sea, formación de clusters a partir de la cercanía o similitud entre las variables que son objeto de análisis.

Con el algoritmo de los Mapas Auto-Organizados (SOM o *Self-Organizing Maps*), la información de entrada se organiza automáticamente, lo que permite visualizar relaciones importantes entre los datos, a través de mapas bidimensionales de conceptos. Este aspecto es relevante dentro de las disciplinas relacionadas con el descubrimiento de información en grandes bases de datos (*Knowledge Discovery in Databases, KDD*). Al respecto, es importante mencionar el trabajo de Polanco y colaboradores, del *Institut d'Information Scientifique et Technique* (INIST) de Francia. Este equipo de trabajo ha desarrollado un sistema llamado *Neurodoc*, que se basa en el algoritmo SOM de las redes neuronales artificiales, con resultados interesantes (6).

La visualización de la información bibliométrica, hoy por hoy, está en un estadio preliminar. Una consecuencia de ello es el surgimiento de una serie de metodologías y herramientas que carecen de la validación de sus resultados, muchas de ellas con fines muy específicos para un área determinada o un problema; una base de datos señalada, o con un grupo de indicadores limitados (7). A lo anterior se suma lo inaccesibles que pueden ser los software o herramientas de procesamiento para unidades pequeñas de análisis; o bien, con limitados recursos económicos. Esto ha llevado a explorar otros «modos de hacer» y tratar de adaptar sistemas creados con propósitos diferentes al análisis bibliométrico.

En este trabajo se aborda el uso de las redes neuronales artificiales, basadas en el algoritmo de los Mapas Auto-Organizados, con el objetivo de lograr representaciones visuales de los datos que resultan de la aplicación de los indicadores bibliométricos. A este desarrollo le hemos dado en llamar ViBlioSOM por la correspondencia con Visualization – Bibliometrics – Mapas Auto-Organizados (SOM). Al final, se muestran ejemplos que representan la utilidad de esta herramienta y que ilustran lo amigable de la interfase visual para el usuario final.

2 ViBlioSOM

El antecedente del ViBlioSOM es el desarrollo de una metodología (MOBIS-ProSoft) que consiste, en esencia, en un sistema modular abierto basado en diferentes software propietario (8). Esta metodología permitía aplicar una serie importante de indicadores bibliométricos y obtener resultados interesantes, incluyendo una representación visual de algunas variables en forma de mapas (obtenidos a partir de sistemas como el *Statistic*). Aún así, el procesamiento y visualización de datos más complejos, como las correlaciones entre dos o más variables; las representaciones de grandes matrices o de datos, resultado del análisis de textos (título, resumen, *claims* en patentes, etc.) tenía limitaciones.

Es por ello que, como complemento al MOBIS-ProSoft, se comienza la búsqueda de una herramienta, a bajo costo, que permita solventar los problemas antes mencionados. Al respecto se valoraron una serie de alternativas hasta llegar al Viscovery®SOMine, desarrollado por la firma austriaca *Eudaptics Software GmbH*. Este sistema utiliza el algoritmo SOM para elaborar los mapas topográficos.

Los mapas basados en el algoritmo SOM, en esencia, están inspirados en las propias funciones de la corteza cerebral y ésta es, posiblemente, la estructura más fascinante que existe en la fisiología humana. La corteza es en esencia una capa extensa (aproximadamente de 1 m², en humanos adultos) y fina (entre 2 y 4 mm de grosor) que consta de seis capas de neuronas (con un gran nivel de interconexión entre ellas). La corteza está plegada en la forma conocida con el objetivo de maximizar la densidad de empaquetado en el cráneo (3), si esa corteza plegada se extiende se obtendrá una hoja plana con neuronas o elementos de procesamiento. Este hecho natural es tratado de emular por las RNA de forma computacional, constituyendo la inspiración biológica del ya mencionado Teuvo Kohonen (2) para desarrollar en la década de los años ochenta los Mapas Auto-Organizados.

En los mapas cada documento (podría ser una patente) ocupa un lugar en el espacio, en función de sus contenidos temáticos. Cada área del mapa refleja un contenido específico y los tópicos van variando suavemente a lo largo del mismo. Es decir, se establece una correspondencia entre la información de entrada y un espacio de salida de dos dimensiones, los datos de entrada con características comunes activarán zonas próximas en el mapa (5).

El Viscovery®SOMine no está concebido por sus desarrolladores como un sistema de análisis y visualización de información bibliométrica. Sin embargo, la fortaleza del algoritmo de las redes neuronales artificiales permite visualizar cualquier tipo de dato: el único requisito es que estos datos estén distribuidos según el formato de una hoja de calculo.

El ViBlioSOM es muy útil para realizar análisis de correlación entre variables o datos complejos y en la clasificación de información. Con relación a esto último, permite realizar filtrajes de clusters ya formados y profundizar en el análisis de las variables que lo componen. Las ventajas alcanzadas con este método consisten en que ha permitido organizar visualmente la información bibliométrica y patentométrica (análisis bibliométrico de los documentos de patentes). Ha sido de ayuda, además, para percibir la estructura del conjunto de los datos y para realizar análisis de información con «ruido».

Todo lo anterior ha permitido enriquecer el procesamiento, visualización y análisis de los indicadores bibliométricos, con una metodología propia y a bajo costo. Adicionalmente, se ha considerado la validación metodológica del sistema (7).

Este método puede ser aplicado a cualquier campo del saber y tiene un vínculo muy estrecho con los procesos de inteligencia empresarial, vigilancia científico-tecnológica, gestión del conocimiento y evaluación de proyectos. Igualmente, el método puede ser aplicado en servicios bibliotecarios e informativos y en observatorios de ciencia y tecnología (9, 10, 11, 12, 13).

3 Aplicaciones

Las ventajas estratégicas y económicas que representan los resultados obtenidos han sido identificadas en las propias aplicaciones prácticas hechas por el equipo de trabajo que lo desarrolló; así como por otras instituciones de diferentes sectores económicos del país, que ya la han implementado. A partir de estos trabajos se han identificado situaciones estratégicas que no han sido divulgadas, como son las líneas tecnológicas en las que trabajan los competidores, alianzas entre empresas, tecnologías emergentes y en declive, etc. Se ha evaluado la situación científico-tecnológica de aspectos importantes dentro de la investigación o la producción y se ha medido la relación entre la investigación y la innovación.

Es muy útil para la gestión de los activos intelectuales de una empresa. Se tiene la experiencia concreta de las empresas farmacéuticas, que necesitan contar con un dispositivo orgánicamente estructurado que les permita, entre otras cosas, justipreciar su capital intelectual (conocimiento científico-tecnológico); así como hacer una mejor gestión del mismo con la competencia como horizonte (14).

El ViblioSOM puede ser aplicado en cualquier campo del conocimiento; por ejemplo, en un reciente estudio realizado en la temática de la soja aplicada a la alimentación humana (15) (Industria de los Alimentos), se obtuvieron los resultados que aparecen en las figuras 1 y 2.

En la figura 1 se aprecia cómo en el mapa, que representa la situación de la actividad científica de la temática en la década de los ochenta, Cuba denota una modesta actividad. Sin embargo esta situación comienza a cambiar en el mapa siguiente (cluster 2, Figura 2) donde se observa cómo la situación de Cuba mejora y se separa de los países con baja actividad. La década de los noventa coincide con la ruptura de la ayuda soviética a Cuba, afectándose sensiblemente el campo de la alimentación humana y animal. Quizás por ello Cuba se siente presionada a investigar sobre nuevos productos y procesos. En esta etapa (1990-1999) se detecta una actividad similar a Cuba en países como España y Polonia (cluster 2, figura 2).

En el plano internacional los países que han mantenido una actividad científica más estable han sido Estados Unidos (USA) y Japón (cluster 5, figura 1 y 2). En Latinoamérica destaca la posición de Brasil (cluster 4, Figura 2), considerado el mayor exportador de la región después de Estados Unidos (16).

Este ejemplo es importante para evaluar la dinámica de una línea de investigación, la evolución de un país a través de los años y/o establecer el ciclo de vida de un producto. Se ha trabajado además en otras aplicaciones como (a) en la identificación y caracterización de los procesos de mejoramiento del petróleo pesado; (b) en identi-

Figura 1

Distribución de la actividad científica por países según los años (1980-1989). Análisis de la soja en la alimentación humana



car las líneas y tendencias de la investigación relacionada con la *Neisseria meningitidis*; y (c) en la identificación de alianzas tecnológicas no públicas entre empresas del sector farmacéutico.

Uno de los trabajos que se ha retomado recientemente está relacionado con la identificación de las posibles aplicaciones de la dinámica no lineal, investigación que se desarrolla en conjunto con el Laboratorio de Dinámica no Lineal de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En los resultados preliminares se identificó que las aplicaciones a partir del año 1996, se habían dirigido hacia el campo de la biomedicina (M5, figura 3). Se pudieron obtener como aplicaciones más significativas, los modelos biológicos y cardiovasculares.

El ViBlioSOM se ha aplicado también al campo de las finanzas y al estudio de clientes; incluso se tiene experiencia sobre su aplicación para optimizar la gestión de los fondos bibliotecarios.

Figura 2.
Distribución de la actividad científica por países según los años (1990-1999).
Análisis de la soja en la alimentación humana



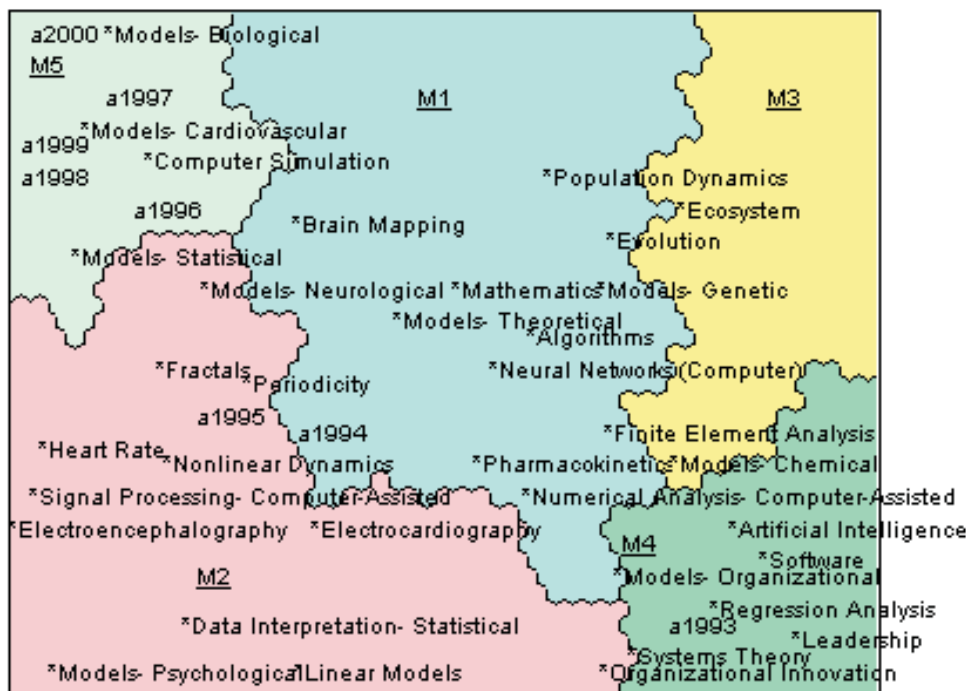
4 Conclusiones

Entre las perspectivas de trabajo con relación al ViBlioSOM se anotan: desarrollar mapas científico-tecnológicos interactivos y completar el ViBlioSOM con otras herramientas, o mejorar las ya existentes. Se tiene particular interés en explorar otras aplicaciones dentro del ámbito empresarial y sobre todo profundizar en la validación del sistema.

La disponibilidad de una tecnología avanzada de minería de textos podría ser usada dentro de los sistemas de vigilancia científico-tecnológica empresariales; o en los observatorios de ciencia y tecnología, a nivel de país o región.

Sería importante que estas herramientas y métodos de análisis tengan un uso e impacto regional. Los países de Ibero-América contarían con una herramienta mucho menos costosa y viable para realizar investigaciones bibliométricas; o bien, podrían incorporarla dentro de los servicios o productos de valor añadido de los centros de información o bibliotecas.

Figura 3
Aplicaciones de la dinámica no lineal. Período 1993-2000



5 Bibliografía

- CARD, S. K., MACKINLAY, J. D., SHNEIDERMAN, B. *Reading in information visualization*. San Francisco; Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1999.
- KOHONEN, T. *Self-organizing maps*. Berlin: Springer, 3. ed; 2001.
- FREEMAN J. A.; SKAPURA D. M. *Redes Neuronales. Algoritmos, aplicaciones y técnicas de programación*. México; Addison-Wesley, 1993.
- KORNIKOV, A. R. Intelligent technologies new opportunities for modern industry. *Information Technology*, 1997, vol. 3, p.1-14.
- SOTOLONGO, G.; GUZMÁN, M. V. Aplicaciones de las redes neuronales. El caso de la bibliometría. *Ciencias de la Información*, 2001, vol. 32, p. 27-34.
- POLANCO, X., FRANCOIS, C., KEIM, J. P. Artificial neural network technology for the classification and cartography of scientific and technical information. *Proceedings of the sixth Conference of International Society for Scientometrics and Informetrics*. 1997, June 16-19, Israel, p. 319-330.
- SOTOLONGO, G.; GUZMÁN, M. V. SAAVEDRA, O.; CARRILLO, H. A. Mining Informetrics Data with Self-organizing Maps. *Proceedings of the 8 th International Society for Scientometrics and Informetrics*. 2001, July 16-20, Australia, p. 665-673.
- SOTOLONGO, G; SUÁREZ, C. A.; GUZMÁN, M. V. Modular Bibliometrics Information System with Proprietary Software (MOBIS-ProSoft): a versatile approach to bibliometric research tools. *Library and Information Science Electronic Journal (LIBRES)*, 2000, Vol.10. <http://libres.curtin.edu.au/>

9. GUZMÁN, M.V.; SANZ, E.; SOTOLONGO, G. Bibliometrics Study on Vaccines (1990-1995) Part I: Scientific Production in Iberian-American Countries. *Scientometrics*, 1998, vol. 43, p. 189-205.
10. SAAVEDRA, O.; SOTOLONGO, G.; GUZMÁN, M.V. Medición de la producción científica en América Latina en el campo agrícola y afines: un estudio bibliométrico. *Revista Española de Documentación Científica*. 2002; Vol. 25, p 151-161.
11. SAAVEDRA, O; SOTOLONGO, G., GUZMÁN, M.V. Mapeo autoorganizado de las revistas científicas y técnicas de América Latina y el Caribe. Aprobado. ACIMED.
12. SOTOLONGO, G; GUZMÁN, M. V.; GARCÍA, I.; SANZ, I. Retos de la bibliometría: la vigilancia y evaluación de la actividad científico y tecnológica. *Reencuentros*, 1998, vol. 21, p. 39-44.
13. GUZMÁN, M.V., SOTOLONGO, G. Mapas Tecnológicos para la Estrategia Empresarial. El caso de la *Neisseria meningitidis*. Aceptado. ACIMED.
14. SOTOLONGO, G.; GUZMÁN, M.V. La vigilancia tecnológica y la gestión de activos intelectuales. *Opciones*, 2002, año 9, no. 50, p. 2.
15. SALGADO, D. *Sistema de Vigilancia Científico – Tecnológico. Aplicación en el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimentaria*. [Tesis de Master]. La Habana; Universidad de la Habana, 2002. Tutor: Maria Victoria Guzmán.
16. GARCÍA URIARTE, A. *La soja en la alimentación humana. Experiencia cubana*. [Tesis doctoral]. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; 1998. Tutor: Pedro Fito Maupoey.