

NÚMERO ESPECIAL  
DE BIBLIOMETRIA 2017,  
MÉXICO, ISSN 2448-8321

# Investigación Bibliotecológica

ARCHIVONOMÍA, BIBLIOTECOLOGÍA E INFORMACIÓN

**ibi**



# Investigación Bibliotecológica

ARCHIVONOMÍA, BIBLIOTECOLOGÍA E INFORMACIÓN

Número Especial de Bibliometría, 2017, México, ISSN: 2448-8321

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información

# Contenido

INVESTIGACIÓN BIBLIOTECOLÓGICA, NÚMERO ESPECIAL DE BIBLIOMETRÍA, 2017, MÉXICO, ISSN: 2448-8321  
DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1>

## EDITORIAL

- **Las tecnologías de bases de datos al servicio de la metría de la información y del conocimiento científico** 11-14  
*Amparo López Gaona y Salvador López Mendoza*

## ARTÍCULOS

- **Técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos** 17-42  
*Maidelyn Díaz Pérez, Félix de Moya Anegón y Humberto Andrés Carrillo-Calvet*
- **Características de la producción científica de instituciones de Puebla indexada en la Web of Science** 43-77  
*Alfonso Felipe Díaz-Cárdenas, María del Rayo Sankey-García, Alfonso Díaz-Furlong, Héctor Adrián Díaz-Furlong, Reyna Xoxocotzi-Aguilar, José Jaime Vázquez-López y Cynthia Apam-García*
- **Revisión bibliométrica de las Ciencias de la Información en América Latina y el Caribe** 79-100  
*Rubén Sánchez-Perdomo, Marinelsy Rosario-Sierra, Darlenis Herrera-Vallejera, Yaniris Rodríguez-Sánchez y Humberto Carrillo-Calvet*
- **Fator de difusão: uma medida da difusão do conhecimento através das citações** 101-122  
*Sônia Regina Zanotto, Samile Andréa de Souza Vanz e Ida Regina Chittó Stumpf*
- **Detección y análisis de “clusters bibliográficos” en las publicaciones de Iberoamérica sobre ciencia, tecnología y sociedad (1970-2013)** 123-148  
*Daniela De Filippo y Luciano Levin*
- **Visibilidad e impacto de la producción científica de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Cujae de Cuba (2003-2012)** 149-185  
*María Sonia Fleitas Triana, Claudia Hernández Oquendo y Sandra Guerra Castillo*
- **El Sistema Nacional de Investigadores en México: 20 años de producción científica en las instituciones de educación superior (1991-2011)** 187-219  
*Jorge Rodríguez Miramontes, Claudia Neomi González Brambila y Gabriela Maqueda Rodríguez*

- **Estudio métrico sobre la actividad investigadora usando el software libre R: el caso del sistema universitario gallego** 221-248  
*Javier Tarrío-Saavedra, Elena Orois y Salvador Naya*
- **Estudio bibliométrico del sistema de investigación local de San Luis Potosí (1920-2015)** 249-270  
*Yoscelina I. Hernández-García y Hugo Navarro-Contreras*
- **Comportamiento métrico de las patentes concedidas en Cuba: su contribución a la innovación tecnológica nacional** 271-289  
*Maidelyn Díaz Pérez, Raudel Giráldez Reyes y Humberto Andrés Carrillo-Calvet*
- **CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature** 293-295  
*Chaomei Chen* [Por María Victoria Guzmán S.]
- **Aplicaciones del enfoque de redes sociales al estudio de problemas de la realidad contemporánea en México** 297-300  
*Víctor Gerardo Cárdenas González, coord.* [Por Alejandro Arnulfo Ruiz León]

## RESEÑAS

**Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información  
[en línea]** / ed. por el Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas.

-Vol. 1, No. 1 (ago. 1986) - . Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, 1986 - V.

Semestral, 1986 – 2007; a partir de vol. 22, no. 44 (ene. / abr. 2008) - , la periodicidad cambio a cuatrimestral.

Resúmenes en español e inglés, a partir del vol. 3, no. 1 (jul / dic. 1987)  
Disponible también en idioma inglés a partir del vol. 28, no. 62 (ene. / abr. 2014)

Publicado por la misma dependencia bajo su nombre actual: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información vol. 26, no. 56 (ene. / abr. 2012) - .

Disponible para su consulta en línea a partir del vol. 1, no. 1 (ago. 1986) - .

Publicado en formato electrónico a partir del vol. 30, no. 70 (sep. / dic. 2016) - .

Todos los artículos cuentan con DOI en forma individual.

Disponible en: <http://rev-ib.unam.mx/ib>

ISSN 0187-358X (impreso)

ISSN 2448-8321 (en línea)



INVESTIGACIÓN BIBLIOTECOLÓGICA: ARCHIVONOMÍA, BIBLIOTECOLOGÍA E INFORMACIÓN, Número Especial de Bibliometría 2017, es una publicación cuatrimestral editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, a través del Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, Circuito Escolar s/n, Torre II de Humanidades, Piso 12, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, Tel. 56230360 y 56230337, <http://rev-ib.unam.mx/ib>, correos electrónicos: [revista@iibi.unam.mx](mailto:revista@iibi.unam.mx), [drevista@iibi.unam.mx](mailto:drevista@iibi.unam.mx). Editor responsable: Dr. Salvador Gorbea Portal, Reserva de Derechos al uso Exclusivo No. 04-2016-041813344600-203, ISSN: 2448-8321, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María de Jesús Madera Jaramillo, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, Circuito Escolar s/n, Torre II de Humanidades, Piso 12, Ciudad Universitaria, Col. Copilco, Del. Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510, Tel. 56230337, fecha de la última modificación, Diciembre 2017.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1>

#### REVISTA INDIZADA EN:

- Clarivate Analytics
- Web of Science
- Clarivate Analytics JCR
- Scopus
- SCImago Journal & Rank
- Índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACyT
- SciELO Citation Index
- SciELO
- Google Academics
- Latindex
- DOAJ
- Elsevier Science Direct
- LISA
- LISTA Full Text
- LISS
- INFOBILA
- CSIC e-revist@s
- Dialnet
- CLASE
- HAPI

Esta revista está disponible en texto completo y en acceso abierto en:

- Revista IIBI: <http://rev-ib.unam.mx/ib>
- SciELO: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_serial&pid=0187-358X&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_serial&pid=0187-358X&lng=es&nrm=iso)
- ELSEVIER: [www.elsevier.es/unam/investigacionbibliotecologica](http://www.elsevier.es/unam/investigacionbibliotecologica)

#### DIRECTOR DE LA REVISTA

DR. SALVADOR GORBEA PORTAL

#### CONSEJO EDITORIAL

DRA. ESTELA MORALES CAMPOS,  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
México

DR. ADOLFO RODRÍGUEZ GALLARDO,  
Universidad Nacional Autónoma de México,  
México

DRA. SUELI ANGÉLICA DO AMARAL,  
Universidad de Brasilia,  
Brasil

MTRA. SARAY CÓRDOBA GONZÁLEZ,  
Universidad de Costa Rica,  
Costa Rica

PHD BIRGER HJØRLAND,  
University of Copenhagen,  
Dinamarca

DR. JOSÉ LÓPEZ YEPES,  
Universidad Complutense de Madrid,  
España

DRA. GLORIA PÉREZ SALMERÓN,  
Presidenta electa de IFLA, Barcelona,  
España

DRA. FERNANDA RIBEIRO,  
Universidad do Porto,  
Portugal

DR. ELÍAS SANZ CASADO,  
Universidad Carlos III de Madrid,  
España

DR. EMILIO SETIÉN QUESADA,  
Biblioteca Nacional José Martí,  
Cuba

## COLABORADORES EN ESTE NÚMERO:

INVESTIGACIÓN BIBLIOTECOLÓGICA, Número Especial de Bibliometría,  
2017, México, ISSN: 2448-8321

### *Alejandro Amulfo Ruiz León*

Técnico Académico Titular A, Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas. Profesor de Asignatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad # 3000, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México. Tel.: 52-55-56-22-62-32. rarnulfo@unam.mx

### *Alfonso Díaz-Furlong*

Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Puebla, 3 oriente 403, Puebla, Puebla, 72080, México. Tel: + 52 222 238 5379. Department of Physics, McGill University, 3600 Rue University, Montreal, Quebec, Canada H3A 2T8. alfonso.furlong@correo.buap.mx

### *Alfonso Felipe Díaz-Cárdenas*

Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Puebla, 3 oriente 403, Puebla, Puebla, 72080, México. Tel: + 52 222 299 7267, diazcard@yahoo.com

### *Amparo López Gaona*

Profesora de Carrera Titular A, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. alg@ciencias.unam.mx

### *Claudia Hernández Oquendo*

Ingeniera. Editora de la revista Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría, Cujae". Calle 114 No. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda. Marianao 15, La Habana, Cuba. CP 19390. Telf: (537) 266 3521. claudia9973@gmail.com

### *Claudia N. González Brambila*

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), Río Hondo 1, 01080 México D.F. cgonzalez@itam.mx

### *Cynthia Apam-García*

Coordinación General de Proyectos buap, Unidad de Seminarios BUAP, Circuito Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla, 72570, México. Tel: +52 222 299 5500, ext. 3171. cynthia.apam@correo.buap.mx

### *Daniela De Filippo*

Laboratorio de Estudios Métricos de la Información (LEMI), Depto.de Biblioteconomía y Documentación, Universidad Carlos III de Madrid, España. dfilippo@bib.uc3m.es

### *Darlenis Herrera-Vallejera*

Maestra en Ciencias. Instituto de Información Científica y Tecnológica. Calle 18A entre 41 y 47, Playa. La Habana, Cuba. C.P. 11300. darlenis.vallejera@idict.cu

### *Elena Orais*

Servicio de Biblioteca Universidade da Coruña. Edif. Xoana Capdevielle, 2º andar, C. A Coruña. elena.orais@udc.es

### *Félix de Moya Anegón*

Profesor Titular. Grupo scimago. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España. felix.moya@scimago.es

### *Gabriela Maqueda Rodríguez*

DCTS-Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, 07360 México. gmaqueda@cinvestav.mx

*Héctor Adrián Díaz-Furlong*

Colegio de Arte Digital, Escuela de Artes Plásticas y Audiovisuales, Universidad Autónoma de Puebla, Complejo Cultural Universitario, Edificio sur 1, primer piso, Vía Atlixcáyotl No. 2499, Puebla, Puebla, 72810, México. Tel: +52 222 2295500, exts. 2376 y 2379. hector.diazfurlong@correo.buap.mx

*Hugo Navarro-Contreras*

Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACyT), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Álvaro Obregón 64, San Luis Potosí, SLP, CP 78000, México. hnavarro@uaslp.mx.

*Humberto Andrés Carrillo Calvet*

Doctor en Ciencias. Profesor titular y director del Laboratorio de Dinámica no Lineal, Departamento de Matemática. Facultad de Ciencias, UNAM. carr@unam.mx

*Ida Regina Chittó Stumpf*

Professora titular do Departamento de Ciências da Informação e do Programa de Pós-graduação em Comunicação e Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Ciências da Comunicação/ USP. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Ciências da Informação, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Rua Ramiro Barcelos 2705 sala 214, Cep 90035-007 – Porto Alegre, RS (Brasil). irstumpf@ufrgs.br

*Javier Tarrío-Saavedra*

Escola Politécnica Superior. Universidade da Coruña. R/ Mendizábal, s/n. 15403 Ferrol. javier.tarrio@udc.es

*Jorge Rodriguez Miramontes*

DCTS-Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional. Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, 07360 México. jrodriguez@cinvestav.mx

*José JaimeVázquez-López*

Coordinación General de Proyectos buap, Unidad de Seminarios BUAP, Circuito Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla, 72570, México. Tel: +52 222 299 5500, ext. 3171. jaimed.vazquez@correo.buap.mx

*Luciano Levin*

Proyecto D-TEC, Universidad Nacional de La Pampa-Centro CCTS, Universidad Maimónides, Argentina. lucianolevin@gmail.com

*Maidelyn Díaz Pérez*

Profesora titular. Directora Departamento Publicaciones Científicas UPR. Jefa Grupo Gestión de Información, Conocimiento y Tecnologías (proGINTEC), Universidad de Pinar del Río, Cuba. Tlf: 53 48 728642-43. maidelyn@upr.edu.cu

*María del Rayo Sankey-García*

Universidad Autónoma de Puebla, 3 oriente 403, Puebla, Puebla, 72080, México. Tel: + 52 222 708 6570. ryathome@hotmail.com

*María Sonia Fleitas Triana*

Doctora. Directora de Ciencia y Técnica. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría, Cujae". Calle 114, no. 11901 e/ Ciclovía y Rotonda. Marianao 15, La Habana, Cuba. CP 19390. Telf: (537) 266 3278. sfleitas@ind.cujae.edu.cu

*María Victoria Guzmán*

Investigador titular. Profesor auxiliar de la Universidad de La Habana. Instituto Finlay de Vacunas. <http://www.finlay.edu.cu/>. Ave. 27, no. 19805, La Lisa A.P. 16017 Cod. 11600. Tel.: 53 (7) 2080982, 2720809/2717222/271-7214 Ext. 308/312. [mvguzman@finlay.edu.cu](mailto:mvguzman@finlay.edu.cu)

*Marinelsy Rosario-Sierra*

Licenciada en Ciencias de la Información. Instituto de Información Científica y Tecnológica. Calle 18A entre 41 y 47, Playa. La Habana, Cuba. C.P. 11300. [marinelsy.rosario@idict.cu](mailto:marinelsy.rosario@idict.cu)

*Raudel Giráldez Reyes*

Maestro en Ciencias. Grupo Gestión de Información, Conocimiento y Tecnologías (proGINTEC), Universidad de Pinar del Río, Cuba. [giraldez@upr.edu.cu](mailto:giraldez@upr.edu.cu)

*Reyna Xoxocotzi-Aguilar*

Escuela de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Autónoma de Puebla, Avenida San Claudio y 18 Sur, Colonia San Manuel, Edificio FM1-101B, Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla, 72570, México. Tel: +52 222 114 7598. [xoxo\\_reyna@yahoo.com.mx](mailto:xoxo_reyna@yahoo.com.mx)

*Rubén Sánchez-Perdomo*

Licenciado en Ciencias de la Información. Instituto de Información Científica y Tecnológica. Calle 18A entre 41 y 47, Playa. La Habana, Cuba. C.P. 11300. [ruben.sanchez@idict.cu](mailto:ruben.sanchez@idict.cu)

*Salvador López Mendoza*

Profesor de Carrera Asociado B, Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. [slm@ciencias.unam.mx](mailto:slm@ciencias.unam.mx)

*Salvador Naya*

Escola Politécnica Superior. Universidade da Coruña. R/ Mendizábal, s/n. 15403 Ferrol. [salva@udc.es](mailto:salva@udc.es)

*Samile Andréa de Souza Vanz*

Professora adjunta do Departamento de Ciências da Informação e do Programa de Pós-graduação em Comunicação e Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutora em Comunicação e Informação/PPGCOM/UFRGS. [samilevanz@terra.com.br](mailto:samilevanz@terra.com.br)

*Sandra Guerra Castillo*

Ingeniera. Especialista en Desarrollo. Grupo Empresarial de la Industrial Sideromecánica (Gesime). Ave. Independencia y 100, Altahabana, La Habana, Cuba. Telf: (537) 645 3033. [lilicar@infomed.sld.cu](mailto:lilicar@infomed.sld.cu)

*Sônia Regina Zanotto*

Tecnologista em Informação Geográfica e Estatística do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Mestre em Comunicação e Informação pelo PPGCOM/UFRGS. IBGE-RS, Av. Augusto de Carvalho, 1205, Cep 90010-390 – Porto Alegre, RS (Brasil). [zanotto.sonia@gmail.com](mailto:zanotto.sonia@gmail.com)

*Yaniris Rodríguez-Sánchez*

Doctora en Ciencias. Instituto de Información Científica y Tecnológica. Calle 18A entre 41 y 47, Playa. La Habana, Cuba. C.P. 11300. [yaniris@idict.cu](mailto:yaniris@idict.cu)

*Yoscelina I. Hernández-García*

Becaria posdoctoral prodpd 2015. Coordinación para la Innovación y la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología (CIACyT), Universidad Autónoma de San Luis Potosí (uaslp), Álvaro Obregón 64, San Luis Potosí, SLP, CP 78000, México. [yosce2336@gmail.com](mailto:yosce2336@gmail.com)

### *Las tecnologías de bases de datos al servicio de la metría de la información y del conocimiento científico*

DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57883>

En la actualidad es impensable que una organización pueda hacer uso eficiente de sus datos sin que éstos se encuentren almacenados en una base de datos. Sin embargo, éstas no siempre se crean de la mejor manera, ni utilizando un software especializado. Es común tener los datos almacenados en repositorios sin estructura, control, ni protección; principalmente debido a que son el resultado de una evolución sin supervisión de personal con conocimiento de las bases de datos y de las características con que se deben crear, en muchas ocasiones se ha pasado de conjuntos de datos personales a repositorios de información sin una estructura adecuada. Por lo tanto, se desconoce el riesgo que conlleva la falta de protección de los datos, y la complejidad de manipulación de los mismos para satisfacer la necesidad de información a partir de esos datos.

En la evolución natural de las bases de datos y sus aplicaciones, se tiene a los almacenes de datos (del inglés *data warehouse*). Éste es un tipo particular de base de datos en la que se integran los datos provenientes de diferentes fuentes (sean o no bases de datos) relacionados con un tema de interés para las organizaciones, por ejemplo, las ventas, una vez almacenados los datos no es posible eliminarlos y, por lo tanto, el almacén de datos mantiene la historia de aquéllos.

La razón de ser de los almacenes de datos es permitir medir la productividad de una organización desde diferentes ángulos, llamados dimensiones, por ejemplo, una medida sería la cantidad de alumnos titulados y las dimensiones podrían ser, entre otras, por periodo de tiempo, carrera, universidad, país.

También se considerarían las medidas de acuerdo con las diferentes dimensiones.

En el campo de la metría de la información y del conocimiento científico, campo en el que se incluyen las especialidades métricas conocidas como bibliometría, informetría, biblioteconometría, archivometría y la ciencimetría, resultan de gran utilidad los almacenes de datos por la naturaleza misma de los datos con que se trabaja, así, al tener registrada la productividad científica, se obtienen fácilmente indicadores por áreas geográficas (por ejemplo, clasificadas por continente, país, ciudad), áreas económicas, por áreas de conocimiento, tiempo, etc. Suena bien, sin embargo, se requiere de mucho trabajo para recopilar la información e integrarla en el formato adecuado. Es un trabajo arduo, pero la recompensa es grande, al no tener la necesidad de consultar todas las fuentes de datos originales, cada vez que se requiera y hacer programas para satisfacer preguntas particulares.

Otra línea de evolución de las bases de datos es la minería de datos, cuyo propósito es extraer información oculta en las bases de datos. Esta información está oculta porque no era el objetivo original al crear la base de datos. En este caso, se trabaja con ésta sin crear una adicional, sólo es necesario que los datos estén “limpios”, que es el principal problema en esta aplicación, pues resulta común que los datos no estén completos o sean inconsistentes, entre otros problemas. Una vez más, esto se debe principalmente a la poca importancia que se da a las bases de datos, por lo que no se utilizan los mecanismos necesarios para evitar tales problemas en los datos. Estas restricciones no son difíciles de implementar en una base de datos, almacenada en un sistema que las manipule, el problema nuevamente es el desconocimiento del área.

Como parte de la minería de datos, es de particular interés la minería de textos por el amplio rango de aplicaciones dentro de las tareas que cotidianamente se realizan en la investigación informétrica. Se diría que el objetivo de la minería de textos es convertir datos textuales (texto) en información de gran calidad o conocimiento que permita realizar acciones, esto con el fin de minimizar el esfuerzo empleado en las tareas que consumen datos textuales. En muchas ocasiones, aún se realiza el análisis de textos manualmente, siendo que se han desarrollado

muchas técnicas para ejecutar esta tarea, aunque sus aplicaciones han sido en áreas distintas al análisis que se realiza con la información bibliográfica.

Entre las principales tareas realizadas en la minería de textos, destacan el minado y análisis de tópicos, así como el minado y análisis de opiniones y sentimientos. Ambas tareas se realizan tomando como base los textos escritos, ya sean elementos estáticos (como los artículos científicos) o información dinámica (como la que se genera cada vez que se realiza una consulta a un sistema de información disponible en la Internet).

El minado de tópicos permite identificar el tema principal que se trata en un texto. Este análisis se realiza en diferentes niveles, ya sea dentro de una oración o dentro de un artículo de investigación. El análisis de tópicos se ha utilizado en gran cantidad de aplicaciones, de particular interés es su uso en el análisis de artículos de investigación para identificar las áreas en que se ha realizado investigación en distintas épocas.

El minado y análisis de opiniones y sentimientos permite identificar y extraer estos elementos, presentes en gran cantidad de documentos. Las técnicas desarrolladas permiten identificar al sujeto que detenta una opinión en un texto, así como el ente sobre el que se opina (objetivo de la opinión) y la opinión en sí. También es posible determinar el contexto en el que se emite la opinión. Tomando en cuenta todo lo anterior, se deduce el sentimiento asociado a esa opinión, ¿es una opinión positiva o negativa? Las principales aplicaciones realizadas se encuentran en los sistemas de recomendación, principalmente los orientados a promover productos comerciales, por ejemplo, los distintos modelos de teléfonos celulares. Se usan estas técnicas en diversos campos, como sistemas para auxiliar en la toma de decisiones, sistemas que tratan de entender a sus usuarios, por ejemplo, para conocer sus preferencias, o en las encuestas que permiten identificar nichos de mercado. La aplicación de estas técnicas está abierta a una gran cantidad de campos.

Cabe señalar que, para realizar las tareas del minado de textos, se requiere de trabajo previo. En particular, es necesario llevar a cabo actividades para la recuperación de información, ya sea como parte del preprocesamiento, así como en la determinación de las fuentes de conocimiento.

La tarea de recuperación de información cobra relevancia en esta época en la que la cantidad de información disponible aumenta a pasos agigantados, ya no se diga cotidianamente, sino minuto a minuto. En un momento determinado, de toda la información disponible sobre un tema, ¿cuáles documentos son relevantes para la actividad en que se trabaja? Precisamente, el objetivo principal de la recuperación de información es determinar el conjunto de documentos relevantes. Además, también permite clasificar esos documentos, de acuerdo a su relevancia, para que el escrutinio de la información se haga sobre el conjunto de datos que aporta mayor calidad a los resultados.

Los datos son la materia más importante en cualquier organización, de su calidad dependen los resultados que se obtengan. Se ha avanzado mucho en el desarrollo de herramientas que facilitan la extracción de información en los almacenes de datos. Actualmente, también se cuenta con herramientas muy poderosas para la minería de datos, en especial para la minería de textos. Sin embargo, aún es frecuente encontrar fuentes de información (bases de datos, repositorios de datos, etc.) que requieren de mucho trabajo previo a la aplicación de estas tecnologías. Es una labor ardua, pero los beneficios que se obtienen justifican esa inversión de recursos humanos y materiales.

*Amparo López Gaona  
Salvador López Mendoza*

*Para citar este texto:*

López Gaona, Amparo y López Mendoza, Salvador. 2017. “Las tecnologías de bases de datos al servicio de la metría de la información y del conocimiento científico”. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 11-14.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57883>

A R T Í C U L O S

# Técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos

Maidelyn Díaz Pérez\*

Félix de Moya Anegón\*\*

Humberto Andrés Carrillo-Calvet\*\*\*

*Artículo recibido:*  
22 de enero de 2016

*Artículo aceptado:*  
15 de abril de 2016

## RESUMEN

Esta investigación consiste en una revisión de aspectos considerados como los más importantes en el desarrollo y evolución de la visualización de información en la representación de dominios científicos. Su objetivo es distinguir las técnicas más apropiadas para visualizar dominios, pero, en este caso, no de información científica (artículos), sino de información tecnológica (patentes). Esta investigación compila teorías, tendencias y contribuciones relevantes sobre visualización de información, en particular análisis referentes a la visualización

\* Universidad de Pinar del Río, Cuba. maidelyn@upr.edu.cu.

\*\* Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), España. felix.moya@scimago.es.

\*\*\* Facultad de Ciencias, UNAM, México. carr@unam.mx.

bibliométrica y algunas apreciaciones significativas sobre las principales técnicas de visualización utilizadas para el análisis de dominios científicos, principalmente tecnológicos. Esto permite llegar a conclusiones que asisten la selección de las técnicas más adecuadas para visualizar la producción tecnológica de diferentes dominios, teniendo como valor agregado un inventario de las principales tendencias científicas y tecnológicas más relevantes en la visualización de dominios en el campo de la ciencia de la información.

**Palabras clave:** Visualización de información; Visualización bibliométrica; Mapas; Técnicas de visualización; Análisis de redes sociales; Visualización de dominios tecnológicos.

### **Techniques to visualize of technology and scientific domains**

*Maidelyn Díaz Pérez, Félix de Moya Anegón and Humberto Andrés Carrillo-Calvet*

#### **ABSTRACT**

This research consists of a review of issues considered most important in the development and evolution of the information display in the representation of scientific domains. It aims to distinguish the most appropriate techniques to display domains, but in this case, no Scientific Information (articles) but of Information Technology (patents). This research compiled theories, trends and relevant contributions on information visualization, especially concerning bibliometric analysis and display some significant insights into the main visualization techniques used for analysis, mainly technological and scientific domains. This allows conclusions to attend the selection of the most appropriate techniques to display the technological production of different domains, taking as an added value an inventory of the main display most relevant domains in the field of information science and technology trends.

**Keywords:** Information visualization; Bibliometric visualization; Map visualization; Visualization techniques; Social network analysis; Technology domains visualization.

## INTRODUCCIÓN

Si dedicamos un tiempo a pensar en algunos de los principales aportes que han caracterizado el desarrollo de la humanidad en sus diferentes épocas y periodos, resulta fácil recordar la aparición de la imprenta, la fotografía, la televisión, el telescopio, etc., contribuciones cuya esencia revela información en diferentes formatos e imágenes. Incluso la aparición del lenguaje escrito, tras la elaboración, durante siglos, de diversos trazos y signos, no es más que uno de los primeros intentos por tratar de asociar imágenes a sonidos con significado, o sea, visualizar el lenguaje oral. Una visualización sería una figura, foto, diagrama tridimensional, etc.; lo esencial de una visualización o imagen es que sea posible interactuar con ésta; interacción que permite gestionar las visualizaciones de la misma forma que se gestionan otros objetos y hechos de la realidad. El campo de la visualización es tan amplio que permite hacer visible al ojo humano lo casi imperceptible a la visión (estructura molecular), además de hacer visible, mediante la reducción de la dimensión espacial, algo tan grande como nuestro planeta; sin olvidar su gran potencial para revelar entidades no físicas que no adquieren una forma visual. Este último es el objeto de la visualización de información (VI), ya que permite volver apreciable al ojo humano sucesos y comportamientos no perceptibles en sí, y esta técnica se aplica tanto a los documentos científicos como a los tecnológicos. Esta investigación tiene especial interés en la literatura tecnológica, y dentro de ésta, en los documentos de patentes.

Las patentes son la fuente de información que por excelencia utilizan los estudios de innovación tecnológica: una de las fuentes de datos más válidas para realizar análisis métricos. Sus potencialidades le han permitido ser considerada, incluso, una unidad de medida confiable para analizar la productividad científico-tecnológica de un país, región, industria, tecnología, etcétera.

Los indicadores de tecnología basados en patentes se han utilizado desde hace varias décadas, sin embargo, ha primado en muchos una concepción teorista, en la que la ciencia consiste en supuestos y formulaciones teóricas, mientras que la tecnología se ocupa de patentes, sin relación alguna con artefactos materiales, conjeturando entonces que la tecnología es sólo técnica y ciencia aplicada; concepción que en la actualidad no se corresponde con los desarrollos alcanzados en los ámbitos científicos, tecnológicos

y de innovación, demostrados en muchos estudios métricos con información de patentes.

Hoy, los márgenes entre ciencia y tecnología cada vez se tornan más difusos y difíciles de observar, de ahí la complejidad para definir y elaborar indicadores que reflejen, fielmente, la realidad innovadora y tecnológica de cualquier dominio. En la revisión documental realizada para esta investigación, se constató que, tal y como existen metodologías para el análisis del sistema de ciencia, basadas en indicadores de producción científica (artículos), hay otras que sirven para medir y evaluar el desarrollo tecnológico (Meyer *et al.*, 2004; Meyer y Bhattacharya; 2006; Meyer, 2006), utilizando diferentes técnicas para la representación y visualización de la información. Instituyéndose para ello las patentes como la fuente de información más confiable y relevante que permite medir la producción tecnológica de un dominio. Los estudios más significativos sobre la importancia del uso métrico de la información de patentes comienzan a publicarse en la década del sesenta. Y años más tarde ya se empieza a hablar de la patentometría como un equivalente al análisis bibliométrico de patentes (Narin, 1994), convirtiéndose, desde entonces, en uno de los análisis de mayor utilidad para las industrias, porque permite un mayor acercamiento a la realidad tecnológica (Narin *et al.*, 1995; 1997); así como identificar nichos tecnológicos de firmas, proyectos de investigación, centros, etc. (Stuart y Podolny, 1996); identificar redes de innovación en el desarrollo de tecnologías (Griliches, 1990; Archibugi, 1992) y posibles relaciones entre sí (ciencia-tecnología) (Brooks, 1994). Además de utilizar las patentes para evaluar las investigaciones tecnológicas y la evolución de las innovaciones introducidas en el mercado internacional (Trajtenberg; 1990). Pero, muy a pesar de todas sus fortalezas, aún no existen suficientes estudios sobre el uso de técnicas para la representación y visualización de dominios tecnológicos, en aras de fortalecer su aplicación en estudios métricos de monitoreo y vigilancia tecnológica, así como para otros fines investigativos. El estado de la cuestión constató que existe poca bibliografía científica que compile las técnicas existentes para estos fines.

Esta investigación reúne teorías, tendencias y contribuciones relevantes sobre visualización de información, en particular análisis referentes a la visualización bibliométrica y algunas apreciaciones significativas sobre las principales técnicas de visualización utilizadas para el análisis de dominios científicos, principalmente tecnológicos. Esto permite llegar a conclusiones que asisten la selección de las técnicas más adecuadas para representar la producción tecnológica de diferentes dominios, teniendo como valor agregado un inventario de las principales tendencias científicas y tecnológicas en la visualización de dominios en el campo de la ciencia de la información.

## MÉTODOS

Esta investigación utilizó diferentes métodos teóricos para analizar, con el rigor científico requerido, el tema objeto de estudio:

- Método histórico y lógico: proporcionó un correcto análisis de los referentes históricos y teóricos que respaldan las tendencias actuales sobre las técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos.
- Método análisis y síntesis: facilitó todo el proceso de identificación, análisis y sistematización de la bibliografía sobre el tema a nivel internacional, facilitando la comprensión de su evolución en el tiempo. La aplicación de este método permitió nivelar las principales tendencias relacionadas con las técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos, logrando sintetizar los aspectos más novedosos vinculados con el objetivo de esta investigación.
- Método inducción-deducción: facilitó la disertación del tema desde la articulación filosófica de lo general, lo particular y lo singular, incluyendo diferentes valoraciones filosóficas que permiten una aproximación más práctica a la realidad actual. Este método ayudó al análisis pragmático del uso de las diferentes técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos, propiciando un entendimiento objetivo de cual seleccionar para analizar cada tipo de dominio.

## VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Una de las definiciones pioneras encontradas sobre visualización la aporta Jacques Bertin, cartógrafo y teórico francés, conocido por su libro *Sémiologie Graphique (Semiología de los gráficos)* de 1967. Este libro, elaborado a partir de su experiencia como cartógrafo y geógrafo, representa la primera y más amplia intención de proporcionar una base teórica a la VI. Para Bertin, la finalidad de la VI era optimizar el uso de la percepción humana y la habilidad del pensamiento para tratar con fenómenos que por sí solos no pueden ser representados de forma visual en un espacio bidimensional. Antes que Bertin publicara el libro sobre la teoría de gráficos, existen otros antecedentes, como los de Bradford y Bush. En 1945, cuando Vannevar Bush (1945) publicó el artículo “As we may think” en la revista *Athlantic Monthtly*, ya estaba pensando en algo similar, al mencionar un sistema capaz de unir la información por enlaces asociativos, sistema al cual denominó Memex (“Memory Extended”), idea desarrollada en 1963 por Ivan Sutherland, quien desarrolló

el Sketchpad, primer entorno gráfico de la historia inspirado en el Memex de Bush, y que permitía manipular objetos visibles a través de un lápiz óptico, cambiar su tamaño y moverlos, entre otras cosas.

Bradford (1948), al referirse a la idea de que la ciencia podía ser visualizada o mapeada, la veía como un gráfico del universo en el que los discursos aparecen distribuidos en una esfera, en una confusión promiscua, mutuamente relacionados y separados de las cosas que vemos o que pensamos. Estas nacientes aproximaciones al tema revelan que desde hace varias décadas existe interés en buscar nuevas formas de representación de la información. Otro de los primeros en articular esta necesidad fue Doyle (1961), quien avizoró la importancia de los ordenadores, para producir mapas similares a los que genera el cerebro, indicando cómo podían ser proyectados en espacios multidimensionales, e incluso da su opinión sobre el objetivo de dichos mapas y cómo construirlos. Unos años más tarde, Garfield (1963) hizo público en la *American Documentation* su gran interés por la construcción de mapas históricos mediante el uso de citas. Idea que desarrolló junto a Irv Sher en 1964, al realizar un mapa histórico en el que se mostraba el desarrollo del adn desde Mendel hasta Niremberg. Desde ese año, el autor trabajó en conjunto con otros autores, generando mapas históricos topológicos de la ciencia, a partir de citas de la producción científica y utilizando como variable el emparejamiento bibliográfico “bibliographic coupling” (Garfield *et al.*, 1964). Un aporte significativo en los sesenta que propició nuevos desarrollos en el campo de la representación de grandes dominios de información científica lo tributa De Solla (1965), quien demostró que los patrones de citas utilizados por los autores de artículos científicos definían los frentes de investigación, y que éstos se aprovecharían para delinear una topología que reflejase la estructura de la producción científica. Durante los años sesenta, también emergió la lingüística textual, dentro de las aplicaciones lingüísticas en la documentación. Se emprendieron investigaciones (Moreiro, 1998) sobre los mecanismos lógico-semánticos inherentes a todo texto, donde las operaciones de análisis intentan alcanzar sistemas simbólicos de representación. En concordancia con este desarrollo, en 1965, Ted Nelson creó el hipertexto, con la finalidad de organizar el universo de documentos a partir de una estructura lineal basada en relaciones intertextuales.

La década del setenta tuvo un desarrollo considerable en términos de visualizar datos desde imágenes y gráficos, gracias a la expansión de las computadoras de bajo costo, aunque también influyó el auge de los sistemas de información geográfica (gis), con base en la cartografía tradicional. Contribución significativa en el uso de metáforas visuales, con un enfoque geográfico (Börner *et al.*, 2003). Esta investigación coincide con el avance más

notable del decenio, las aportaciones de Small (1973) y Marshakova (1973), sobre los diseños de mapas o gráficos de un dominio. Quienes propusieron de forma independiente la cocitación de documentos, como variable de estudio en los análisis de citas de la producción científica. Y utilizan dicha variable de estudio y el Science Citation Index (SCI) como fuente de información, un año más tarde, elaboraron mapas de la ciencia, en los que se muestran todas las especialidades de las ciencias naturales (Small y Griffith, 1974; Griffith *et al.*, 1974), ya que la metodología empleada por los autores identificaba perfectamente los grupos de documentos que tenían intereses intelectuales comunes. Se demuestra entonces que la ciencia es una red de especialidades interconectadas entre sí, y que se representan si utilizan como base el análisis cuantitativo de la producción escrita.

Aaronson (1975) aplica las teorías anteriores y radiografía la biomedicina de los años 1972-1973, e identifica en el mapa de 1973 el llamado superclúster porque muestra la convergencia con otras especialidades. Los mapas de Aaronson no sólo desplegaron la representación gráfica de un dominio y reflejaron su evolución en el tiempo, sino que además manifestaron cómo las distintas disciplinas interactuaban entre sí, ofreciendo incluso información sobre los documentos que lo integraban (denominación, número de documentos que lo componen, grado de conexión entre documentos representado por líneas acompañadas del valor de cocitación que los conectan, etc.). De esta forma, se identifican los clústers más importantes, en función del mayor número de relaciones con el resto. Es indiscutible que los mapas de Aaronson son una referencia reveladora que trazó el camino en la evolución y estudio de la representación y visualización de dominios científicos hasta el presente.

En los ochenta, se publicó, tras su anuncio seis años ante, por parte de Garfield, el *Atlas de la Ciencia*, elaborado por el Institute for Science Information (ISI). En 1981, aparecieron los dos primeros volúmenes del Atlas: Bioquímica y Biología molecular (Garfield, 1981), y después se publicaron otros volúmenes del *Atlas de la Ciencia* (Garfield, 1984; 1988): Biotecnología y genética molecular; Bioquímica, inmunología y biología animal y vegetal. Estos mapas, a pesar de haber sido elaborados por el ISI, las técnicas que utilizan para su generación no difieren mucho de las utilizadas por Small y Griffith (1974). Usan la generación de clústers a partir de los datos obtenidos por la cocitación de documentos (variable de relación) en una disciplina concreta, la novedad y aporte principal lo constituyó el uso de un nuevo posicionamiento espacial de los clusters, mediante técnicas de escalamiento multidimensional (MDS).

Esta investigación considera que esos primeros resultados mencionados hasta aquí constituyen los pilares fundamentales de la disciplina VI,

convirtiéndose en verdaderos paradigmas dentro del desarrollo de la representación de dominios científicos. Desde estas premisas, es que surgen trabajos posteriores que definen metodologías de trabajo y técnicas de aplicación.

En la segunda mitad de los ochenta, se comienza a apreciar algo que no debe ignorarse en este estudio cronológico evolutivo sobre el tema, por primera vez existía, paralelamente, junto a la academia, un interés gubernamental por la visualización de información. Interés manifestado en un acto científico patrocinado por la National Science Foundation (NSF) de Estados Unidos, quienes presentaron un informe sobre visualización. Aquí se discutieron muchas inquietudes sobre “el dilema de la información sin interpretación”, pues en los años ochenta había tantas fuentes de datos (satélites, radares, escáneres, etc.) como dificultades para procesar e interpretar la información compleja que suministraban; en esencia, un verdadero problema, mas no el único.

Fue interés de este informe discutir también cómo mejorar la comunicación de los resultados científicos, y cómo conseguir una mayor interacción entre los investigadores y el análisis informático de los datos. Se convertía en una prioridad el desarrollo de hardware, software y herramientas visuales para gráficos y técnicas de procesamiento de imágenes. Y dentro de toda explosión informacional, en octubre de 1986 se revela la importancia de la computadora como herramienta intermediaria en el proceso de la asimilación rápida de la información (Robertson *et al.*, 1999).

Un informe de la NSF maneja el concepto de visualización en el dominio científico, definiéndola como un método para transformar lo simbólico en geométrico, y como una herramienta para interpretar datos de imágenes introducidos en una computadora, generar imágenes de conjuntos de datos complejos multidimensionales y estudiar los mecanismos en los humanos y computadoras que les permitan, de manera conjunta, percibir, usar y comunicar la información visual, considerándose entonces la visualización científica como una disciplina especial (McCormick *et al.*, 1987). Junto a la NSF, en los años ochenta, los estudios en visualización de información fueron promovidos por el Human-Computer Interaction Lab (HCIL) de la Universidad de Maryland, creado en 1983 por Ben Shneiderman y el Centro de Investigación de la Xerox de Palo Alto (Xerox PARC), quienes tenían interés en aplicar las experiencias de la visualización científica a nuevos campos que permitieran manipular datos más complejos, manejar mayores volúmenes de información y trabajar con diferentes tipologías documentales.

Durante estos años, se generan trascendentales apreciaciones que fortalecieron el campo, tanto de la visualización informática, como de la visualización de información. Los investigadores empiezan a comprender que

necesitan algo más que números; y los estudiosos del tema afirman que la necesidad técnica del hoy y el imperativo cognitivo del mañana es el uso de la imagen. La habilidad de los investigadores para visualizar cálculos informáticos complejos, así como simulaciones, es esencial para asegurar la integridad de los análisis, al mismo tiempo que provocan la aparición de nuevos conocimientos que serían transmitidos a otros (McCormick *et al.*, 1987: 18).

El estado de la cuestión refiere que el término de visualización de información se utilizó por primera vez por Robertson *et al.* (1999: 28) en 1989, reseñando una propuesta de arquitectura cognitiva para interfaces de usuario interactivas. En ese momento, los autores la consideraron análoga a la visualización científica, y en ella proponían el uso de objetos animados bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D) para representar la información y sus relaciones estructurales. En las postrimerías de los años ochenta, se marcó el inicio de una búsqueda por encontrar nuevas definiciones que expresaran los verdaderos propósitos científicos de la VI y el porqué la visualización puede utilizarse como elemento de análisis e interpretación de datos e informaciones. Para dar respuesta a esta interrogante, surgieron las propuestas de Robertson *et al.* (1999: 17), quienes describieron el propósito de la visualización como el uso de la visión de pensar, donde pensar es entendido como un elemento central del conocimiento, de donde se deriva el principio de adquisición de conocimiento mediante imágenes. Estos autores consideran a la VI como el uso de soportes computacionales interactivos que permiten realizar representaciones visuales de los datos para ampliar la cognición; la cognición se considera el equivalente de conocimientos, saberes, entendimientos, etc. En la VI, la interacción de los individuos con las imágenes o visualizaciones para la generación de nuevas ideas y conocimientos es primordial. Argumentos que avalan, junto a otros criterios, la idea de que la visualización tiene la habilidad especial de activar controladamente los refinados mecanismos de la percepción visual humana.

En la misma década, otro grupo de autores definieron experimentalmente que las representaciones visuales eran superiores a las representaciones verbal-secuenciales en diversas tareas (Larkin y Simon, 1987; Glenberg y Langston, 1992). Otros la limitaron a un proceso asistido por la computadora, en el cual se busca revelar señales de un fenómeno abstracto al transformar datos en formas visuales.

Gershon y Pages (2001) consideran la VI como un “proceso que transforma datos, información, y conocimiento en una forma que permite al sistema visual humano percibir la información de forma integrada”. Más que un simple resultado o acción única, es todo un proceso que permite al analista, mediante la visión óptica, hacer lecturas apropiadas de la información que se visualiza. Mientras existen otros autores (Eick, 2001) que sólo la conciben

y enmarcan en la creación de interfaces visuales que permiten auxiliar a los usuarios a entender y navegar a través de espacios complejos de la información.

Dürsteler, uno de los investigadores que mejor ha tratado este tema, conceptualiza la VI como “el uso de soportes computacionales interactivos que permiten realizar representaciones visuales de los datos para ampliar la cognición”. Es como la formación de la imagen mental de un concepto abstracto. La imagen —y por tanto la visualización— es una construcción mental que va más allá de la percepción sensorial y que, como tal, se acerca al conocimiento como la aprehensión intelectual de las cosas.

Börner *et al.* (2003: 8), al hacer una profunda revisión bibliográfica sobre el tema, declararon la VI como una posibilidad de diseñar la apariencia visual de los objetos de datos y sus relaciones. En el mismo año, otros autores (Hearst, 2003) reconocieron nuevas facilidades que posee para la comparación, reconocimiento de patrones, detección de cambios y otras habilidades cognitivas para hacer uso del sistema visual, a partir de representaciones espaciales o gráficas de la información. En igual sentido, hay investigadores (Zhu y Chen, 2005) que no sólo la definen para representar de forma visual espacios y estructuras de información que faciliten una rápida asimilación y comprensión, sino que resaltan su posibilidad de identificar y extraer patrones a partir de una gran cantidad de información que incrementa su valor.

Joan Costa (1998) expone criterios muy interesantes y valederos al considerar que visualizar no es el resultado implícito del acto de ver, no es un producto espontáneo del individuo que recibe la información ya visualizada. Aquél requiere también la comprensión del individuo que observa e interpreta la visualización,<sup>4</sup> quien debe ser capaz de inferir información que yace oculta. El dominio de los lenguajes gráficos para visualizar estos “efectos invisibles” configura una nueva ciencia de la comunicación visual, la esquemática, a la que Costa ha definido como el “tercer lenguaje” después de la imagen y el signo. Esta última muy estudiada por Herrero (2000) en el área de la documentación.

Polanco y Zarti (2008) comparten otro concepto de visualización: la visualización científica y la de información. Y a la par plantean que la naturaleza de estas distinciones es empírica, fundamentada por las diferencias de los datos de entrada y salida (datos visualizados). Al transferir estas perspectivas hacia la bibliometría, identifican la visualización bibliométrica como la representación de indicadores bibliométricos y sus resultados, a

4 El dominio de los lenguajes gráficos para visualizar estos “efectos invisibles” configuran una nueva ciencia de la comunicación visual, la esquemática, a la que Costa (1998) ha definido como el “tercer lenguaje” después de la imagen y el signo.

los que se han aplicado algunas de las técnicas de visualización de información existentes para mejorar la interpretación del dominio. A partir de esta aplicación, se representaría mejor la imagen visual de las relaciones entre documentos, detectar los autores más importantes de una determinada disciplina, analizar las estructuras de un área de conocimiento X, así como su evolución en el tiempo, ya que permite identificar relaciones entre una gran cantidad de variables.

La VI, por sus características propias, tiene, de hecho, muchas funciones, pero las más importantes para esta investigación son su posibilidad de descubrir los patrones que subyacen a los datos, describir el conocimiento existente y a su vez inferir cualquier nuevo conocimiento, así como ser capaz de transmitir ese mensaje y que sea comprensible por el ojo humano.

En este estudio se constata, con la revisión de toda la información antecedente, que no es algo nuevo la necesidad de representar la información científica de una forma más inteligible para la mente humana. Hacer visible para nuestra mente “lo que no es visible para nuestros ojos [...] y crear una imagen mental de algo, aquello que no se ve a simple vista, una abstracción, etc. son definiciones de la palabra visualización que ponen de manifiesto la necesidad intrínseca de representar la información de una forma distinta a la tradicional (De Moya *et al.*, 2004).

Otro de los hallazgos de esta investigación es comprender el uso dado a este término, en función de su aplicación y resultados, refiriéndose los autores indistintamente a la VI como disciplina, proceso o instrumento.

La representación gráfica y la VI no son actividades tan nuevas, desde el siglo xx se trabaja en éstas por parte de investigadores procedentes de diversas disciplinas científicas. Aunque la VI sea una práctica antigua, se trata de una disciplina científica reciente, considerada un campo de estudio emergente de la ciencia que avanza vertiginosamente en términos de investigaciones académicas y aplicaciones prácticas. Su basamento es interdisciplinar (Torres, 2007), marcado por investigaciones y enfoques aportados por otras disciplinas como la estadística, computación, psicología cognitiva y la propia bibliotecología y ciencia de la información, entre otras; además de solaparse en su alcance con otras áreas de estudio de la visualización como la de datos, del conocimiento, la científica, etcétera.

Los autores de este estudio igual defienden la idea de que la interdisciplinariedad en la VI se distingue desde distintas perspectivas: aplicada, porque utiliza métodos y teorías de otras disciplinas, y epistemológica porque, aun cuando tiene sus bases en el cognitivismo, permite el análisis desde el sociocognitivismo al visualizar redes sociales, comunidades online, etc., y analizar desde un punto de vista cognitivo la actuación del usuario ante la representación

de la información en un contexto organizacional o en un dominio específico (Torres, 2008).

El aspecto considerado una actividad relativamente nueva es el uso de las representaciones gráficas, en combinación con las diferentes herramientas informáticas para conseguir visualizaciones de la información más óptimas, lo que constituye uno de los principales objetos de estudio por no pocas disciplinas en los últimos años.

Parte de la credibilidad y sustento de la visualización como disciplina científica se respalda en cinco de sus principios básicos, los cuales dan orden, sentido y comprensión a la VI y a su capacidad para el análisis e interpretación de datos e informaciones. Los cinco principios son el principio de adquisición de conocimiento mediante imágenes, el de fusión, el de transformación de conocimiento, el de objetivización y el del naturalismo, que integrados posibilitan la magia de la visualización y sus múltiples posibilidades.

La VI no es el resultado implícito del acto de ver, no consiste de forma exclusiva en observar. La VI depende mucho del programador y analista de información, el cual debe ser capaz de lograr representaciones gráficas diáfanas y hacer posible la conversión de datos abstractos y fenómenos complejos de la realidad en imágenes visuales comunicativas que permitan ser comprendidas. La VI persigue hacer visible la información casi inapreciable al entendimiento humano, en ello radica su gran esencia y proyección.

Skupin y Fabricant (2003) afirman que la visualización de información es aplicable a una gran variedad de datos, pero la transformación de los mismos hacia una forma visual y la elección de la técnica específica varían en función de las características de los datos (estructurados, semiestructurados o no estructurados). Significa que, para conjuntos de datos con características definidas, se recomienda utilizar en cada caso técnicas específicas que se ajusten a las características de los datos.

#### TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN

Entre las técnicas de reducción de la dimensión más utilizadas, se encuentran el análisis de cluster, empleado en los mapas de Aaronson; el escalamiento multidimensional (MDS) utilizado por Garfield en sus mapas de la ciencia; el análisis factorial (Kinnucan *et al.*, 1987), utilizado por prestigiosos autores en un estudio publicado en 1987; las redes neuronales como técnica conexionista, también denominada mapas autoorganizativos (som) (Lin *et al.*, 1991).

En los noventa apareció con una mayor fuerza el análisis de redes sociales (White *et al.*, 2000; Chen y Paul, 2001; White, 2003), el cual se fortalece con

la utilización del algoritmo Pathfinder Networks (Pfnets) para la poda de enlaces en la visualización de redes sociales, obteniendo estructuras similares, pero más informativas (Chen, 1998a; 1998b), etc.; adicionándole también a la técnica de redes sociales la implementación del algoritmo Kamada Kawai para la representación espacial de la información por parte de la comunidad de investigadores.

Todas estas técnicas son complementarias, pues ofrecen diferentes soluciones a un mismo problema (Chen, 1998b: 31). Los estudios que aplican estas técnicas utilizan como unidades de estudio (agregados) autores, revistas, categorías temáticas, palabras claves, resúmenes, co-publicaciones, etc. La capacidad de abstracción a la hora de situar espacialmente los objetos estudiados de acuerdo a las frecuencias de co-aparición de las unidades de estudio es una de las principales características de estos mapas, ofreciéndoles la doble funcionalidad de ser capaces tanto de visualizar la información como de potenciar su recuperación.

En los años noventa, se registró el surgimiento de nuevos métodos y técnicas para la recopilación de la información, análisis, visualización y posicionamiento espacial de la información en el campo de la documentación y ciencia de la información.

Hjorland y Albrechtsen (1995) publicaron en jasis lo que denominaron “nuevo modelo o enfoque para el estudio de la documentación”, basado en el estudio de las áreas de conocimiento, desde el punto de vista de la forma de pensar o hablar que tiene la sociedad, posiblemente determinada por su entorno laboral, social, económico, etc., denominándolo análisis de dominios, el cual propone un nuevo paradigma disciplinar que anuncia que la evaluación de la ciencia debe realizarse a partir de las prácticas sociales de los científicos.

El análisis de dominio se basa en el paradigma dominio-analítico que establece, según Hjorland y Albrechtsen (1995), que la mejor forma de comprender la información consiste en estudiar los dominios de conocimiento como parte del discurso de las comunidades de las que proceden, que son el reflejo de la división social y laboral de la sociedad (organización del conocimiento, patrones, estructura, lenguaje, formas de comunicación, entre otras). El paradigma dominio-analítico es, en esencia, social, ya que potencia la perspectiva psicológica, sociolingüística y sociológica de la ciencia; es una aproximación filosófica realista, ya que intenta establecer la base científica de un dominio mediante factores externos a la perspectiva individualista y subjetiva de los usuarios (entra en contradicción con los paradigmas cognitivo y conductivista) (Hjorland y Albrechtsen, 1995). Esta perspectiva se aplicaría a cualquier dominio, independiente de su naturaleza y tamaño, o sea que no

tiene que estar reducida sólo al área de la documentación, pues aporta una visión holística y objetiva en cualquier dominio que se analice.

Este nuevo frente de investigación está estrechamente relacionado e interconectado con la visualización de dominios, porque esta última aporta las técnicas de apoyo para realizar los análisis de dominio. Y dentro de los once métodos propuestos por Hjørland y Albrechtsen (1995), los estudios bibliométricos son la aproximación más completa para realizar un análisis de un dominio. Hoy hay una fuerte corriente que apoya y fundamenta el enfoque bibliométrico desde la perspectiva del análisis de dominios, junto a la llamada visualización bibliométrica para realizar el análisis y visualización de grandes dominios científicos mediante indicadores bibliométricos (Vargas, 2005).

### VISUALIZACIÓN DE MAPAS

La construcción de mapas a partir de la información bibliométrica se ha llamado *cienciografía* (*scientography*), término usado por el responsable de la investigación básica del ISI nombrado George Vladutz, quien lo utilizó para denominar los gráficos o mapas que se obtienen como consecuencia de la combinación de la *cienciometría* con la *geografía* (Garfield, 1986).

La *cienciometría* figura como una especialidad basada en la citación, cuyo objetivo es el estudio cuantitativo de la producción científica mediante la aplicación de técnicas bibliométricas a la literatura científica. A pesar de ser poco utilizado, el término *cienciografía*, por existir otros más populares, como *visualización de dominios* o *visualización del conocimiento*, que conciben y hacen alusión a la misma idea y objetivos, esta investigación considera que dicho vocablo describe muy bien el hecho de cartografiar la ciencia mediante grafos (*scientogramas*), para que sea visualizada (*visualización de dominios científicos*) y analizada (*análisis de dominio*) (Garfield, 1986: 47).

La *cienciografía* es considerada para el análisis de dominio: *herramienta y método*. *Herramienta* porque permite la elaboración y generación de mapas bibliométricos, constituyendo a su vez una herramienta holística, ya que permite construir estos mapas a partir del discurso de la comunidad a representar; y una herramienta objetiva porque esos mapas se construyen a partir de los criterios y opiniones de los sujetos de la comunidad analizada. *Método* porque auxilia el análisis de dominio al mostrar de forma gráfica la estructura y relaciones de los elementos presentes en el dominio, y considerada método holístico porque permite analizar el dominio a partir del discurso de la comunidad en que se forma, valorada también como método objetivo, pues posibilita el análisis de la estructura no subjetiva por medio

del consenso intelectual de las relaciones existentes entre los elementos que lo representan.

La simbiosis entre herramienta-metodología y entre holístico-objetivismo presentes en la cienciometría, se fortalecen más mediante el uso de redes sociales en la representación gráfica de los mapas bibliométricos (Garfield, 1986: 47). Las redes posibilitan representar los dominios no sólo como grupos de elementos aislados para estudiar exclusivamente sus características, sino que permite, además, estudiar el dominio como conjuntos completos, donde, además de las características, se identifican las relaciones entre sí, llegando a conclusiones cada vez más sustanciosas.

Existen muchas definiciones de este tipo de mapas, pero en esencia todas coinciden en que los mapas bibliométricos son representaciones espaciales nacidas como resultado de la aplicación de indicadores bibliométricos, los cuales permiten llevar la praxis de un dominio  $x$  a una representación espacial. Por ello, los mapas no son un objetivos en sí mismos, sino que son el medio mediante el cual se recuperan y representan estructuras del conocimiento, sirve de herramienta para expresar visualmente las relaciones que se establecen entre las diferentes variables objeto de estudio.

Estos mapas bibliométricos ofrecen la posibilidad de hacer representaciones y combinar cualquiera de los elementos que componen los diferentes campos de un registro bibliográfico. Representaciones que son posibles por la co-ocurrencia de determinados elementos en los registros de las bases de datos. Estos mapas se elaboran a partir de la premisa de que los valores de las co-ocurrencias entre dos agregados cualesquiera deben ser considerados como el inverso de la distancia (similaridad) existente entre esos mismos agregados en una representación bidimensional. Esta relación inversamente proporcional permite utilizar diversos procedimientos matemáticos para calcular las coordenadas de los agregados en el mapa, a partir de sus distancias (Chinchilla, 2004). Esto permite, a la vez, mediante la utilización de una metáfora espacial, representar las relaciones existentes entre las unidades objeto de estudio.

Las metáforas visuales dependen de los algoritmos aplicados, de ahí que existan diferentes formas de visualizar datos. Registrados en la literatura siete métodos generales de representación visual: 1-D (unidimensional), 2-D (bidimensional), 3-D (tridimensional), multidimensional, árboles, redes y aproximaciones temporales (Shneiderman y Plaisant, 2006). En función del algoritmo aplicado y la metáfora visual utilizada así será la representación espacial que se obtenga.

La mayor parte de las representaciones visuales se enfoca en el análisis de datos multivariantes, su clasificación y al reconocimiento de patrones en la

visualización de dominios científicos, pero la denominación de las interfaces visuales aún tiene imprecisiones, sin distinción se nombran mapas de cocitación, co-ocurrencias, conocimiento, dominios del conocimiento, tecnológicos y demás. En esta investigación se detectó que se orienta más su calificativo al indicador bibliométrico utilizado, que al algoritmo o metáfora visual empleada en la representación espacial.

White y McCain (1997; 1998) publicaron dos artículos en los que proponían la visualización como modelo para estudiar y analizar una disciplina mediante mapas temporales. Garfield (1998) aboga por el uso de las nuevas técnicas de visualización para la generación de mapas globales-secuenciales de la ciencia, él plantea que las nuevas técnicas de visualización hacen posible la generación de mapas globales de la ciencia que al hacer zoom sobre ellos o representar distintos periodos, permiten identificar los frentes de investigación emergentes y asociar nombres de autores a cada frente (Garfield, 1998).

Es una realidad que el uso de los mapas como metáforas de una disciplina científica tiene un gran potencial como interfaz para la recuperación de información (Noyons *et al.*, 1999; Buter y Noyons, 2001; Noyons, 2001). Sobre este último aspecto, Chen incorpora el Pfnets al campo de la documentación para la poda de enlaces en la visualización de redes sociales (Chen, 1998a). Más tarde, White propone Pfnets como una nueva técnica para realizar mapas de cocitación de autores (aca) y sus ventajas (Chen (1998a: 41). En ese mismo año, Chen analiza y compara, junto a Morris, el Minimum Spanning Tree (mst) con Pfnets para la detección e identificación de frentes de investigación, concluyendo que el algoritmo Pfnets ofrece resultados más estables (Chen y Morris, 2003), criterio compartido por esta investigación. Noyons (2001) encamina un estudio con otros colegas, en el que analizan el uso de los mapas como metáfora de una disciplina científica, se exponen sus usos como interfase y sus posibles limitaciones (Chen y Morris, 2003: 56, 58).

Entrado el nuevo milenio, comienzan a proliferar estudios basados en la visualización de pequeños dominios científicos. En 2000, White da a conocer las redes centradas en un sujeto, argumenta que los mapas de dominio siempre se habían elaborado a partir de los autores más citados de un grupo seleccionado de publicaciones, proponen entonces como alternativa que se hicieran a partir del nombre de un autor (White, 2000). Un año más tarde, Chen *et al.* (2001) describen el desarrollo de un método que amplía y transforma el análisis tradicional de coautores en patrones estructurales de la literatura científica, los cuales se representarían en mapas 3D y facilitar la obtención de un mapa del conocimiento claro y más fácil de interpretar (Chen y Paul, 2001). Para estos autores, las nuevas técnicas de visualización permitieron representar mejor la esencia del conocimiento, se perfecciona el

proceso de modelización y representación de la estructura o mapa intelectual de cualquier dominio, ya fuese geográfico, temático o intelectual.

Otros casos de estudio encontrados en este periodo son, por ejemplo, el trabajo de Ding (*et al.*, 1999), quienes elaboraron un mapa de la estructura intelectual del campo de la recuperación de la información en un periodo de diez años (1987-1997). Ellos muestran modelos, patrones y tendencias del campo analizado, así como distintas medidas del grado de asociación entre los términos más relevantes de los documentos producidos bajo el epígrafe “recuperación de información” (Ding *et al.*, 1999).

Por otra parte, Rerup y Larsen (2001) investigan las ventajas de la visualización gráfica de la producción científica de un área geográfica y utilizan MDS respecto de los métodos tradicionales. En este mismo sentido, otros autores prueban con otra técnica, describiendo un método en el que los documentos de una base de datos sean clasificados automáticamente mediante un som, se subraya la posibilidad de éste para utilizarlo en la clasificación, browsing y recuperación de información en esa base de datos (Guerrero *et al.*, 2002). Continúan el desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas White, Buzydlowski y Lin basándose en la experiencia acumulada por White en los trabajos citados y en sus cameos, después implementan un sistema dinámico de visualización: el Authorlink, sistema basado en la co-citación de autores que permite la búsqueda y la recuperación de información en tiempo real (Guerrero *et al.*, 2002: 39; Buzydlowski *et al.*, 2002).

Un año más tarde, Small (2003) también insiste en las herramientas y, al respecto, teoriza sobre el diseño de una herramienta web capaz de detectar y monitorizar en tiempo real cambios en los frentes de investigación de un área producto en sus interacciones. Otros especialistas reafirman la posibilidad del uso de la citación y la co-citación para estudiar la aparición y evolución de nuevos frentes de investigación a través del tiempo, ejemplificando sus criterios mediante un estudio en el campo de la física (Chen y Kuljis, 2003). Morris *et al.* (2003), junto a otros investigadores, trabajan con la visualización orientada a la detección e identificación de los cambios temporales en los frentes de investigación.

Börner *et al.* (2003: 8) revisan magistralmente las diferentes técnicas para el análisis, visualización y posicionamiento espacial de la información. Boyack y Börner (2003) también elaboran, con fines evaluativos, mapas de publicaciones científicas subvencionadas, y logran hacer visible la relación entre el financiamiento gubernamental y el número de citas recibidas. Y dos años más tarde, ambos autores, junto a Boyack *et al.* (2005), desarrollaron una metodología que permite la visualización a “vuelo de pájaro” del mapa de la ciencia mundial.

Los mapas, según Börner, se utilizan para identificar objetivamente áreas principales de investigación, expertos, instituciones, colecciones, becas, artículos, revistas, ideas y demás, en un dominio de interés.

Una de las aportaciones más valiosas del grupo de investigación Scimago (De Moya *et al.*, 2004; 2005) fue la propuesta de utilizar la co-citación de categorías ISI como unidades de análisis y representación para la generación de mapas de grandes dominios científicos. Ellos sugieren que las visualizaciones construidas con espacios temporales más cortos eran mejores para el estudio de la evolución de un determinado dominio científico. Criterio respaldado por la teoría que varios mapas de un mismo objeto de estudio son mejores que uno solo, porque así cada mapa proporciona una perspectiva diferente del dominio bajo análisis. Esta línea de investigación es seguida por Leydesdorff (2007) unos años más tarde, quien combina el Journal Citation Report del SCI y del SCI de 2004, y a partir de los mapas de revistas que obtiene muestra sus especialidades de forma muy coherente.

Y, por último, dentro de los diferentes tipos de mapas existentes y que se deben seguir perfeccionando, los más estudiados son los *mapas de citas* (Leydesdorff, 2007: 9, 11, 12), que intentan identificar factores externos a la percepción subjetiva del usuario, rompen los esquemas mentales apriorísticos para representar una realidad que no se percibe de antemano (Leydesdorff, 2007: 54, 8, 78); *mapas de co-ocurrencia de palabras*, los cuales se aplican cuando se desea reducir un texto a las palabras o sus relaciones mediante las apariciones conjuntas de las palabras que componen ese texto, se identifican áreas emergentes de investigación, composición de los campos científicos, entre otros (Callon *et al.*, 1983; Braam *et al.*, 1991a; Leydesdorff y Heimeriks, 2001; Ding *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2008); *mapas de colaboración*, suponen un análisis más sofisticado de los datos y permiten mostrar las redes de colaboración entre las unidades objeto de estudio, la situación central o periférica de cada uno de ellos y la agrupación de agregados con similares patrones de colaboración (Bellavista *et al.*, 1997; Bordons *et al.*, 1996; Glänzel; 2000; 2001); *mapas del conocimiento*, los cuales analizan en el campo bibliométrico el conocimiento que se encuentra reflejado en las publicaciones científicas y almacenado en las bases de datos o internet, además de los mapas de dominios del conocimiento que también se basan en el análisis de co-ocurrencias de palabras para modelar y representar estructuras intelectuales (Glänzel, 2001: 41, 8, 78); *mapas conceptuales*, como estructuras que permiten una relación entre conceptos e ideas, orientados a los espacios semánticos. Aquí un concepto cercano a otro indicaría una relación e identificar dentro de un área científica los campos de conceptos más importantes y sus asociaciones (Kopcsa *et al.*, 1999; Ferrer *et al.*, 2005; Tejada *et al.*, 2008); *mapas científicas*

*co-tecnológicos*, que representan los input-output de la ciencia a través de indicadores. Esta investigación considera los mapas tecnológicos que proceden de forma exclusiva de la aplicación y de los análisis de indicadores de patentes (Glänzel y Meyer, 2003; Leydesdorff y Meyer, 2007; Díaz, 2007; Díaz y de Moya, 2008; Díaz *et al.*, 2010; Díaz, 2010).

## CONCLUSIONES

Los métodos teóricos aplicados en esta investigación permitieron comprender la diferencia o especialización que se percibe en la visualización bibliométrica, la cual, además de mejorar la recuperación y representación de grandes volúmenes de datos, tal y como lo hace la visualización de información, persigue, además, mejorar la comprensión de los datos que subyacen en los conceptos ya establecidos, mediante técnicas como la co-citación, co-ocurrencia de palabras, entre otros.

El análisis realizado identificó que la tendencia actual persigue desarrollar mapas lo más interactivos posibles, los cuales permitan la navegación intuitiva, la filtración rápida de datos relevantes y la recuperación de datos a pedido.

Cada dominio de análisis requiere acercamientos diversos, dependiendo de sus particularidades e intereses, técnicas de representaciones visuales diferentes, conforme se revisó en este estudio un amplio conjunto de herramientas y sistemas para su implementación. Al respecto, aquí se valora que la técnica más apropiada para visualizar y representar las diferentes estructuras presentes en los estudios de dominios tecnológicos son los mapas de análisis de redes sociales (Social Network Analysis), basados en estudios bibliométricos. La representación visual que ofrece un gráfico de redes proporciona a los investigadores y analistas de información un descubrimiento más diáfano de los patrones y estructuras que subyacen en un dominio, específicamente en los dominios tecnológicos en los que la estructura del conocimiento es aún más compleja, porque abarca la amplia clasificación del conocimiento técnico.

Las visualizaciones de dominios tecnológicos mediante mapas tecnológicos facilita los procesos de análisis y representación de datos, potenciando la gestión de la información de patentes y el descubrimiento de conocimiento; los mapas son capaces de revelar todos los comportamientos que subyacen en un dominio. En términos de mapas tecnológicos, la VI supera las posibilidades que ha ofrecido la gestión tradicional de la tecnología, pues antes las técnicas aplicadas no permitían visualizar el entramado de relaciones que se establecen en los procesos de innovación.

En la actualidad, la innovación como sistema es un proceso social en el que convergen e interactúan diferentes actores y factores de diferente naturaleza en un entorno que propicia esta integración. Es la inclusión de cada una de sus partes y no su simple suma, obteniendo de esta integración sistémica un nuevo estadio de desarrollo en la solución de los problemas de la sociedad.

Toda esta complejidad presente en las innovaciones y generación de tecnologías no es posible representarla con las técnicas que se han usado de forma tradicional, que, en mayor medida, se ocupaban de porcentajes y cifras macroeconómicas. El contexto del presente exige nuevos retos y funciones, de ahí la necesidad de utilizar técnicas capaces de representar los diferentes contextos y relaciones en los que se desarrollan las tecnologías.

Hoy la mejor forma de representar un escenario innovador es mediante la utilización de técnicas de visualización de redes sociales, cuya aplicación en los dominios tecnológicos permiten mostrar relaciones de coautoría, colaboración, transferencia de tecnologías, capacidades tecnológicas, frentes de investigación, consorcios tecnológicos u otros, que existen en los procesos de innovación tecnológica y que es importante su análisis y representación para el gremio tecnólogo e investigador; así como para realizar óptimamente los estudios de monitoreo y vigilancia tecnológica.

La idea de representar mapas científicos y su comunidad en forma de redes no es nuevo, incluso está en las bases de los planteamientos de Garfield y Price, pero algo novedoso sí lo constituye la aplicación de técnicas de redes sociales al análisis de dominios tecnológicos. Visualizar en mapas de redes el dominio tecnológico de países, empresas, tecnólogos, productos, líneas de investigación u otros es algo muy apreciado y notable en la actualidad, ya que agrega un significativo valor a los estudios métricos con patentes.

Las decisiones estratégicas que se tomen mediante el uso e interpretación de mapas tecnológicos que visualicen el comportamiento de grandes volúmenes de datos procedentes de patentes, descarta la utilización de técnicas manuales a la hora de ejecutar proyectos de investigación e innovación. Además de que la aplicación de técnicas de redes sociales en análisis de dominios tecnológicos permite identificar la construcción de procesos de aprendizaje colectivo en la generación de una tecnología, así como identificar el flujo de conocimiento tecnológico, y la transferencia de conocimientos y capacidades tecnológicas en un dominio; algo de especial relevancia para evaluar y documentar la construcción de políticas en ciencia, tecnología e innovación en una organización, país o región.

## RECONOCIMIENTOS

Se reconoce el apoyo en el desarrollo de esta investigación del Programa vIIR Red Universitaria de Cooperación del Consejo Inter Universitario Flamenco (vIIR), específicamente al proyecto internacional “Fortalecimiento del papel de las tecnologías de la información y de la comunicación (tic) en las universidades cubanas para el desarrollo de la sociedad”, Cuba-Bélgica.

## REFERENCIAS

- Aaronson, Susan Ariel. 1975. “The footness of science”, *Mosaic*, vol. 6: 22-27.
- Archibugi, Daniele. 1992. “Patenting as an indicator of technological innovation: A review”, *Science and Public Policy*, vol. 19, no. 6: 357-358.
- Bellavista, Joan, Elena Guardiola, Aída Méndez y María Bordons. 1997. “Evaluación de la investigación”, *Cuadernos Metodológicos del CSI* (Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas), vol. 23.
- Belver, Griffith C., Henry Small, Judith A. Stonehill y Sandra Dey. 1974. “The structure of scientific literature, II: toward a macro and microstructure for science”, *Science Studies*, vol. 4: 339-365.
- Birger, Hjørland y Hanne Albrechtsen. 1995. “A new horizon in information science: domain analysis”, *Journal of the American Society for Information Science* (JASIS), vol. 46, no. 6: 400-425.
- Bordons, María, Isabel Gómez, María Fernández, María Ángeles Zulueta y Aída Méndez. 1996. “Local, domestic and internacional scientific collaboration in biomedical-research”, *Scientometrics*, vol. 37, no. 2: 279-295.
- Börner, Katty, Chaomei Chen y Kevin W. Boyack. 2003. “Visualizing knowledge domains”, *Annual Review of Information Science and Technology*, vol. 37, no.5: 179-255.
- Boyack, Kevin W. y Katty Börner. 2003. “Indicator-assisted evaluation and funding of research: visualizing the influence of grants on the number and citation counts of research papers”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (JASIST), vol. 54, no. 5: 447-461.
- Boyack, Kevin W., Jochen Kla y Katty Börner. 2005. “Mapping the Backbone of Science”, *Scientometrics*, vol. 64, no.3: 351-374.
- Braam, Robert R., Henk F. Moed y Anthony F. J. van Raan. 1991. “Mapping of science by combined co-citation and word analysis. I: structural aspects”, *Journal of the American Society for Information Science* (JASIS), vol. 42, vol. 4: 233-251.
- Bradford, Samuel C. 1948. *Documentation*. Londres: Crosby Lockwood and Sons.
- Bush, Vanevar. 1945. “As we may think”, *The Atlantic Monthly*, vol. 176: 101-108, en <<http://www.theatlantic.com/doc/194507/bush>>, consultada en septiembre de 2007.
- Buter, R.K. y Ed Noyons. 2001. “Improving the functionality of interactive bibliometric science maps”, *Scientometrics*, vol. 51, no.1: 55-67.
- Buzydowski, Jan W., Howard D. White y Xia Lin. 2002. “Term co-occurrence analysis as an interface for digital libraries”, *Lecture Notes in Computer Science Series*, vol. 2539: 133-144.

- Callon, Michel, Jean-Pierre Courtial, Patricia A. Turner y Fernand Baudin. 1983. "From translation to problematic networks an introduction to co-word analysis", *Social network information Sur les Science Sociales*, vol.22: 191-235.
- Chen, Chaomei. 1998a. "Bridging the gap: the use of pathfinder networks in visual navigation", *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 9: 267-286.
- Chen, Chaomei. 1998b. "Generalised similarity analysis and pathfinder network scaling", *Interacting with Computers*, vol. 10: 107-128.
- Chen, Chaomei y Jasna Kuljis. 2003. "The rising landscape: a visual exploration of superstring revolutions in physics", *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, vol. 54, no.5: 435-446.
- Chen, Chaomei y Ray J. Paul. 2001. "Visualizing a knowledge Domains's Intellectual Structure", *Computer*, vol. 34, no.3: 65-71.
- Chen, Chaomei y Steven A. Morris. 2003. "Visualizing evolving networks: Minimum Spanning Trees versus Pathfinder Networks" IEEE Symposium on information visualization.
- Chen, Chaomei, Ray J. Paul y Bob O'Keefe. 2001. "Fitting the jigsaw of citation: information visualization in domain análisis", *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, vol. 52, no.4: 315-330.
- Chinchilla, Zaida. 2004. "Análisis del dominio científico de español: 1995-2002 (ISI, Web of Science)". Granada: Universidad, Departamento de Biblioteconomía y Documentación, tesis doctoral.
- Costa, Joaquín. 1998. *La esquemática: visualizar la información*. Barcelona: Paidós (Paidós Estética, 26).
- Brooks, Dana H. 1994. "The relationship between science and technology", *Research Policy*, vol. 23: 477-486.
- Díaz Pérez, Maidelyn. 2010. "Visualización del análisis del dominio tecnológico de Cuba: 1997-2008. Granada: Universidad de Granada, Departamento de Biblioteconomía y Documentación, tesis doctoral.
- Díaz Pérez, Maidelyn. 2007. "Producción tecnológica de América Latina con mayor visibilidad internacional: 1996-2007". Granada: Universidad de Granada, tesina en opción al Diploma de Estudios Avanzados.
- Díaz Pérez, Maidelyn y Félix de Moya-Anegón. 2008. "El análisis de patentes como estrategia oportuna para la toma de decisiones innovadoras", *El Profesional de la Información*, vol. 17, no. 1.
- Díaz Pérez, Maidelyn, Soleidy Rivero y Félix de Moya-Anegón. 2010. "Producción tecnológica latinoamericana con mayor visibilidad internacional: 1996-2007. Un estudio de caso: Brasil", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 33, no. 1: 34-62.
- Ding, Ying, Gobinda G. Chowdhury y Schubert Foo. 2001. "Bibliometric cartography of information retrieval research by using co-word analysis", *Information processing & management*, vol. 37: 801-817.
- Ding, Ying, Gobinda G. Chowdhury y Schubert Foo. 1999. "Mapping the intellectual structure of information retrieval studies: an author cocitation analysis, 1987-1997", *Journal of Information Science*, vol. 25: 67-78.
- Doyle, Lauren B. 1961. "Semantic roadmaps for literature searchers", *Journal of the Association for Computing Machinery*, vol. 8, no. 4: 553-578.

- Eick, Stephen G. 2001. "Visualizing on-line activity", *Communications of the ACM*, vol. 4 no. 8: 45-50.
- Ferrer Troyano, Francisco Javier, Jesús Salvador Aguilar Ruiz, José Cristóbal Riquelme Santos. 2005. "Connecting segments for visual data exploration and interactive mining of decision rules", *Journal of Universal Computer Science*, vol. 11, no. 11: 1835-1848.
- Garfield, Eugene. 1998. "Mapping the world of science (at the 150 Anniversary Meeting of the AAAS" (Filadelfia), en <http://www.garfield.library.upenn.edu/papers/mapsciworld.html>), consultada en marzo de 2003.
- Garfield, Eugene. 1988. "The encyclopedic isi-Atlas of Science launches 3 new sections: bochemistry, inmunology, and animal and plant sciences", *Current Contents*, vol. 7: 3-8.
- Garfield, Eugene. 1986. "Towards scientography", *Essays of an Information Scientist*, vol. 9: 324.
- Garfield, Eugene. 1984. "Introducing the ISI Atlas of Science: Biotechnology and molecular genetics, 1981/82 and bibliographic update for 1983/84", *Current Contents*, vol. 41: 3-15.
- Garfield, Eugene. 1981. "Introducing the isi Atlas of Science: Biochemistry and molecular biology 1978-80", *Current Contents*, vol. 42: 5-13.
- Garfield, Eugene. 1963. "Citation indexes in sociological and historical research", *American Documentation*, vol. 14, no. 4: 289-291.
- Garfield, Eugene, Irving H. Sher y Richard J. Torpie. 1964. *The use of citation data in writing the history of science*. Filadelfia: Institute for Scientific Information.
- Gershon, Nahum y Ward Page. 2001. "What storytelling can do for information visualization?", *Communications of the ACM*, vol. 44, no. 8: 37.
- Glänzel, Wolfgang. 2001. "National characteristics in International Scientific Co Authorship Relations", *Scientometrics*, vol. 51, no. 1: 69-115.
- Glänzel, Wolfgang. 2000. "Science in Scandinavia: A Bibliometric approach", *Scientometrics*, vol. 48, no. 2: 121-150.
- Glänzel, Wolfgang y Martin Meyer 2003. "Patents cited in the scientific literature: An exploratory study of reverse citation relations", *Scientometrics*, vol. 58, no. 2: 415-428.
- Glenberg, Arthur y William Langston. 1992. "Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models", *Journal of Memory and Language*, vol. 31: 129-151.
- Griliches, Zvi. 1990. "R&D, patent statistics as economic indicators", *Journal of Economic Literature*, vol. 28, no. 4: 1.661-1.797.
- Guerrero-Bote, Vicente, Félix de Moya-Anegón y Víctor Herrero. 2002. "Document organization using Kohonen's algorithm", *Information Processing & Management*, 38: 79-89.
- Hearst, Marti A. 2003. "Information visualization: Principles, promise, and pragmatics", *Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*.
- Herrero-Solana, Víctor. 2000. "Modelos de representación visual de la información bibliográfica: aproximaciones multivariante y conexionistas". Granada: Universidad de Granada, Departamento de Biblioteconomía y Documentación, tesis doctoral.

- Kim, Gil, Jong Hwan Suh y Sang Chan Park. 2008. "Visualization of patent analysis for emerging technology", *Expert Systems with Applications*, vol. 34: 1804-181.
- Kinnucan, Mark T., Michael J. Nelson y Bryce L. Allen. 1987. "Statistical-Methods in Information Science", *Annual Review and Information science and Technology*, vol. 22: 147-178.
- Kopcsa, Alexander, Edgar Schiebel, Clemens Widhalm y Noll, M.. 1999. "Bibliometric Technology Monitoring", en Workshop by the European Forum for Advanced Business Communications (EEMA): A learning experience centred on Knowledge Management, Múnich.
- Larkin, Jill H. y Herbert A. Simon. 1987. "Why a diagram is (sometimes) worth 10,000 words", *Cognitive Science*, vol. 11: 65-100.
- Leydesdorff, Loet. 2007. "Mapping interdisciplinarity at the interfaces between the Science Citation Index and the Social Science Citation Index", *Scientometrics*, vol.71, no. 3.
- Leydesdorff, Loet y Martin Meyer. 2007. "The scientometrics of a Triple Helix of university-industry-government relations (Introduction to the topical issue)", *Scientometrics*, vol. 70, no. 2: 207-222.
- Leydesdorff, Loet y Gaston Heimeriks. 2001. "The self organization of the European Information Society: The case of 'Biotechnology'", *Journal of the American Society for information Science and Technology*, vol. 52, no. 14: 1262-1274.
- Lin, Xia, Dagobert Soergel y Gary Marchionini. 1991. "A self-organizing semantic map for information retrieval". Chicago: Proceedings of the Fourteenth Annual International ACM/SIGIR Conference Research and Development in Information Retrieval.
- Marshakova, Irina. 1973. "System of document connection based on references", *Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya*, series II, no. 6: 3-8.
- McCormick, Bruce H., Thomas A. DeFanti y Maxine D. Brown. 1987. "Visualization in Scientific Computing", *SIGGRAPH Computer Graphic Newsletter*, vol. 21, no. 6: 17-32.
- Meyer, Martin. 2006. "Academic Inventiveness and Entrepreneurship: On the Importance of Start-up Companies in Commercializing Academic Patents", *Journal of Technology Transfer*, vol. 31: 501-510.
- Meyer, Martin, Tiago Santos Pereirac, Olle Persson y Ove Granstrand. 2004. "The scientometric world of Keith Pavitt A tribute to his contributions to research policy and patent analysis", *Research Policy*, vol. 33: 1405-1417.
- Meyer, Martin y Sujit Bhattacharya. 2006. "Commonalities and differences between scholarly and technical collaboration An exploration of co-invention and co-authorship analyses", *Scientometrics*, vol. 61, 3: 443-456.
- Moreiro, José Antonio. 1998. *Introducción al estudio de la información y la documentación*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Morris, Steven A., G. Yen, Zheng Wu y Benyam Asnake. 2003. "Time line visualization of research fronts", *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, vol. 54, no. 5: 413-422.
- Moya-Anegón, Félix de, Benjamín Vargas, Zaida Chinchilla, Elena Corera, Francisco Muñoz. 2005. "Domain analysis and information retrieval through the construction of heliocentric maps based on ISI-JCR category cocitation", *Information Processing & Management*, vol. 41, no. 6: 1520-1533.

- Moya-Anegón, Félix de, Benjamín Vargas, Zaida Chinchilla, Elena Corera, Francisco Muñoz y Víctor Herrero. 2004. "Co-citación de clases y categorías: Proyecto Atlas de la Ciencia", *Scientometrics*, vol. 1: 129-145.
- Narin, Francis. 1994. "Patent bibliometrics", *Scientometrics*, vol. 30, no. 1: 147-155.
- Narin, Francis, Kimberly S Hamilton y Dominic Olivastro. 1995. "Linkage between agency supported research and patented industrial technology", *Research Evaluation*, vol. 5: 183-187.
- Narin, Francis, Kimberly S. Hamilton y Dominic Olivastro. 1997. "The increasing linkage between U.S. technology and public science", *Research Policy*, vol. 26: 317-330.
- Noyons, Ed. 2001. "Bibliometric mapping of science in a science policy context", *Scientometrics*, vol. 50, no. 1: 83-98.
- Noyons, Ed, Henk F. Moed y Marc Luwel. 1999. "Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: a bibliometric study", *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, vol. 50, no. 2: 115-131.
- Polanco, Xavier y A. Zarti. 2008. "Information visualization. State of the art, part C: WP9". EICSTES Project-IST-1999.
- Rerup Ingwersen, Peter Emil y Birger Larsen. 2001. "Mapping national research profiles in social science disciplines", *Journal of Documentation*, vol. 57, no. 6: 715-740.
- Robertson, George G., Stuart K. Card, Jock D. Mackinlay y Ben Shneiderman. 1999. *Readings in information visualization: using vision to think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Shneiderman, Ben y Catherine Plaisant. 2006. "Strategies for evaluating information visualization tools: multi-dimensional in-depth long-term case studies". Nueva York: Proceedings of the 2006 AVI Workshop on Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods For information Visualization BELIV '06, ACM Press.
- Skupin, André y Sara Fabrikant. 2003. "Spatialization Methods. A Cartographic Research Agenda for Non-geographic Information Visualization", *Cartographic and Geographic Information Science*, vol. 30, no. 2: 95-115..
- Small, Henry. 1973. "Co-citation in the scientific literature: a new measure of the relationship between two documents", *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, vol. 24: 265-269.
- Small, Henry. 2003. "Paradigms, citations and maps of science: a personal history", *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, vol. 54, no. 5: 394-399.
- Small, Henry y Belver C. Griffith. 1974. "The structure of scientific literature, I: identifying and graphing specialties", *Science Studies*, vol. 4: 17-40.
- Solla Price, Derek John de. 1965. "Networks of scientific papers", *Science*, vol. 149: 510-515.
- Stuart, Toby E. y Joel M. Podolny. 1996. "Local search and the evolution of technological capabilities", *Strateg. Manage. J.*, vol. 17: 21-38.
- Tejada Artigas, Carlos Miguel, Concepción Mendo Carmona, Zape Razquín, Luis Rodríguez e Isabel Villaseñor. 2008. "Los mapas conceptuales como forma de representación de las competencias profesionales en el marco de la formación universitaria". La Habana: Congreso Internacional de Información INFO.

- Torres, Daniel. 2008. "Bases y desafíos interdisciplinarios en la visualización de la información". La Habana: Congreso Internacional de Información (INFO).
- Torres, Daniel. 2007. "La visualización de la información desde los enfoques de la ergonomía cognitiva". Granada: Universidad de Granada, tesina en opción al Diploma de Estudios Avanzados.
- Trajtenberg, Manuel. 1990. "A penny for your quotes: Patent citations and the value of innovations", *RAND. Journal of Economics*, vol. 21, no. 1: 172-187.
- Vargas, Benjamín. 2005. "Visualización y análisis de grandes dominios científicos mediante redes Pathfinder". Granada: Universidad de Granada, Departamento de Biblioteconomía y Documentación, tesis doctoral.
- White, Howard D. 2000. "Toward ego-centered citation analysis", en Blaise Cronin y Helen Borsky Atkins, eds., *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*. Medford, N.J.: Information Today, 2000, 475-496.
- White, Howard D y Katherine W. McCain. 1997. "Visualization of literatures", *Annual Review of Information Systems and Technology (ARIST)*, vol. 32: 99-168.
- White, Howard D y Katherine W. McCain. 1998. "Visualizing a discipline: an author co-citation analysis of information science, 1972-1995", *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, vol. 49, no. 4: 327-355.
- White, Howard D. 2003. "Pathfinder Networks and Authors Cocitation Analysis: A Remapping of Paradigmatic Information Scientist", *Journal of the American Society for Information Science and Technology (JASIST)*, vol. 54, no. 5: 423-434.
- White, Howard D., Jan Buzydlowski y Xia Lin. 2000. "Co-cited author maps as interfaces to digital libraries: designing Pathfinder Networks in the humanities", *IEEE International Conference on Information Visualization*.
- Zhu, Bin y Chen Hsinchun. 2005. Information Visualization. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, 39: 139-177.

*Para citar este texto:*

Díaz Pérez; Maidelyn, Moya Anegón, Félix de; Carrillo-Calvet, Humberto Andrés. 2017. "Técnicas para la visualización de dominios científicos y tecnológicos". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 17-42.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57884>

# Características de la producción científica de instituciones de Puebla indexada en la Web of Science

Alfonso Felipe Díaz-Cárdenas  
María del Rayo Sankey-García  
Alfonso Díaz-Furlong\*  
Héctor Adrián Díaz-Furlong\*\*  
Reyna Xoxocotzi-Aguilar\*\*\*  
José JaimeVázquez-López  
Cynthia Apam-García\*\*\*\*

*Artículo recibido:*  
3 de agosto de 2015  
*Artículo aceptado:*  
2 de mayo de 2016

## RESUMEN

En este artículo describimos el ámbito de la investigación en el estado de Puebla, México, cuyos resultados han sido publicados en revistas indizadas en la Web of Science (WoS). El corpus examinado fue recopilado mediante el procedimiento de búsqueda con la palabra “puebla” en los campos organización y dirección, restringido al periodo 2008-2012. Como se desprende de

\* Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Puebla; Universidad Autónoma de Puebla, México. Department of Physics, McGill University, Montreal, Canadá. diazcard@yahoo.com, ryathome@hotmail.com, alfonso.furlong@correo.buap.mx.

\*\* Colegio de Arte Digital, Escuela de Artes Plásticas y Audiovisuales, Universidad Autónoma de Puebla, México. hector.diazfurlong@correo.buap.mx.

\*\*\* Escuela de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad Autónoma de Puebla, México. xoxo\_reyna@yahoo.com.mx.

\*\*\*\* Coordinación General de Proyectos BUAP, México. jaime.vazquez@correo.buap.mx, cynthia.apam@correo.buap.mx.

los datos obtenidos la Universidad Autónoma de Puebla y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica son los organismos más productivos del estado de Puebla. Nos centramos en los 102 artículos más citados del periodo y observamos que la producción científica con participación de instituciones poblanas se concentra en las ciencias físicas y biomédicas. Esta producción, mayoritariamente, proviene de colaboraciones de carácter internacional y las publicaciones más citadas presentan al menos tres autores; mientras que los textos de responsabilidad individual tienen poco impacto, de acuerdo con el número de citas registradas. Asimismo, estudiamos las diferencias por áreas científicas en cuanto a producción e impacto en términos de citas.

**Palabras clave:** Citas; Impacto; Temas relevantes de investigación; Autoría múltiple; Indicadores bibliométricos; Desempeño de la investigación.

### **Characteristics of the scientific production of Puebla institutions indexed in the Web of Science**

*Alfonso Felipe Díaz-Cárdenas, María del Rayo Sankey-García, Alfonso Díaz-Furlong, Héctor Adrián Díaz-Furlong, Reyna Xoxocotzi-Aguilar, José Jaime Vázquez-López and Cynthia Apam-García*

#### **ABSTRACT**

This article describes the scope and characteristics of the research developed in the state of Puebla, Mexico, whose results have been published in journals indexed in the Web of Science. The analyzed corpus was compiled by the search procedure with the word “puebla” in the organization and address fields, restricted to the period 2008-2012. We observed from the data obtained that the Universidad Autónoma de Puebla and the Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica are the most productive institutions of Puebla. Our focus was on the 102 most cited articles of the period. Scientific production of Puebla institutions focuses on the physical and biomedical

sciences and this production derives mostly from international collaborations. The multiauthor articles (at least three authors) are the most cited publications, while the individual research papers have little impact according to their number of citations. Finally, we analyze the differences in impact factor across scientific fields.

**Keywords:** Citations; Most-cited; Science trends topics; Multiple authorship; Bibliometric indicators; Research performance.

## INTRODUCCIÓN

En este artículo analizamos el ámbito de la investigación en el estado de Puebla, México, cuyos resultados han sido publicados en revistas indizadas en la Web of Science (WoS), que incluye el Science Citation Index Expanded (SCIE), Social Sciences Citation Index (SSCI) y Arts & Humanities Citation Index (A&HCI). La elección de esta base de datos, de resultados de indagación científica, obedece a su relevancia en el criterio que rige la clasificación de universidades y centros de investigación en cuanto a su productividad. Ciertamente, la categorización de estas instituciones en el ámbito internacional toma, entre otras, a la WoS como indicador del impacto de las publicaciones, a través del número de citas a sus trabajos editados. Una de las más reconocidas, por ejemplo, la llamada clasificación de Shanghai (The Academic Ranking of World Universities) se basa en los documentos indizados en SCIE y SSCI.

El corpus examinado<sup>5</sup> se recopiló mediante el procedimiento de búsqueda usual entre la comunidad científica y escolar: elegimos la palabra “puebla” en los campos organización y dirección como criterio de sondeo entre la información que proporciona este sistema y se restringió al periodo 2008-2012. En una búsqueda inicial, fueron descargados<sup>6</sup> datos preliminares el día 21 de agosto de 2012. Por supuesto, seleccionamos sólo los documentos que fueran autoría de investigadores cuya dirección postal o institucional correspondiera a la comunidad elegida. Básicamente, el análisis de este documento se enfoca en los datos obtenidos en febrero de 2013. Además, previo a la redacción final del texto, realizamos una actualización el día 7 de mayo de 2013.

5 Un conjunto de datos incluidos aquí se tomaron de la Web of Science,® preparados por Thomson Reuters Scientific, Inc. (Thomson®), Filadelfia, Pensilvania, Estados Unidos: © Copyright Thomson Reuters ® 2012, 2013. Todos los derechos reservados.

6 En un artículo enmendado, la Real Academia Española en una de sus acepciones define la palabra *descargar* como: *Inform.* Transferir información desde un sistema electrónico a otro (RAE, 2014: 745).

## DISTRIBUCIÓN DE CITAS

Nuestra primera labor es poner de relieve la frecuencia de citas a los artículos contenidos en el corpus.<sup>7</sup> Describiremos, después, las características de los documentos que ocupan las primeras posiciones en cuanto al número de citas y, finalmente, a partir de esta tarea, nos detendremos en una reflexión sobre la investigación científica en nuestra entidad.

La WoS, en el periodo elegido, registra 3,585 artículos en revistas indexadas en aquélla. El promedio total del periodo es de 4.28 citas por escrito. De éstos, como se observa en el *Cuadro 1*, el 52.08% no ha sido citado –por razones de espacio, los *Cuadros 1* y *2* aparecen seccionados y emparejados–. Esto no es insólito, ya que, de acuerdo con la regla 80/20, en muchas revistas el 80% de las citas son obtenidas por el 20% de sus artículos (Dorta y Dorta, 2010). En lo sucesivo, nos centraremos en los documentos que ocupan los primeros noventa y cinco lugares en cuanto al número de citas. De estos textos, uno cuenta con 524 citas; cuatro recibieron más de 200; once alcanzan más de las 100 y los restantes documentos registran entre 30 a 95 citas. Estos ciento dos textos representan el 2.2% del total del corpus (*Cuadro 1*) y son el eje de la subsecuente discusión.

*Cuadro 1.* Frecuencia de documentos por número de citas

| Número de citas | Frecuencia | Frecuencia acumulada | Porcentaje acumulada | Número de citas | Frecuencia | Frecuencia acumulada | Porcentaje acumulada | Número de citas | Frecuencia | Frecuencia acumulada | Porcentaje acumulada |
|-----------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------|------------|----------------------|----------------------|
| 524             | 1          | 1                    | 0.03                 | 97              | 1          | 32                   | 0.63                 | 29              | 5          | 197                  | 2.94                 |
| 224             | 1          | 2                    | 0.03                 | 93              | 2          | 34                   | 0.66                 | 28              | 1          | 115                  | 3.21                 |
| 223             | 1          | 3                    | 0.03                 | 90              | 1          | 35                   | 0.63                 | 27              | 7          | 122                  | 3.40                 |
| 220             | 1          | 4                    | 0.03                 | 58              | 1          | 36                   | 0.63                 | 25              | 2          | 124                  | 3.46                 |
| 217             | 1          | 5                    | 0.03                 | 57              | 1          | 37                   | 0.63                 | 25              | 5          | 129                  | 3.66                 |
| 142             | 1          | 6                    | 0.03                 | 56              | 2          | 39                   | 0.66                 | 24              | 5          | 134                  | 3.76                 |
| 138             | 1          | 7                    | 0.03                 | 55              | 2          | 41                   | 0.66                 | 23              | 6          | 140                  | 3.91                 |
| 132             | 1          | 8                    | 0.03                 | 54              | 1          | 42                   | 0.63                 | 22              | 10         | 150                  | 4.12                 |
| 130             | 1          | 9                    | 0.03                 | 53              | 1          | 43                   | 0.63                 | 21              | 13         | 163                  | 4.55                 |
| 122             | 1          | 10                   | 0.03                 | 52              | 1          | 44                   | 0.63                 | 20              | 6          | 169                  | 4.71                 |
| 116             | 1          | 11                   | 0.03                 | 51              | 1          | 45                   | 0.63                 | 19              | 12         | 181                  | 5.05                 |
| 114             | 1          | 12                   | 0.03                 | 49              | 3          | 48                   | 0.68                 | 18              | 14         | 195                  | 5.44                 |
| 110             | 1          | 13                   | 0.03                 | 48              | 2          | 50                   | 0.66                 | 17              | 14         | 209                  | 5.83                 |
| 109             | 1          | 14                   | 0.03                 | 47              | 3          | 53                   | 0.68                 | 16              | 13         | 222                  | 6.19                 |
| 107             | 1          | 15                   | 0.03                 | 45              | 2          | 55                   | 0.66                 | 15              | 14         | 236                  | 6.58                 |
| 106             | 1          | 16                   | 0.03                 | 44              | 2          | 57                   | 0.66                 | 14              | 15         | 251                  | 7.00                 |
| 95              | 1          | 17                   | 0.03                 | 43              | 1          | 58                   | 0.63                 | 13              | 30         | 281                  | 7.84                 |
| 92              | 1          | 18                   | 0.03                 | 42              | 1          | 59                   | 0.63                 | 12              | 21         | 302                  | 8.42                 |
| 91              | 1          | 19                   | 0.03                 | 41              | 2          | 61                   | 0.66                 | 11              | 41         | 343                  | 9.57                 |
| 90              | 1          | 20                   | 0.03                 | 40              | 3          | 64                   | 0.68                 | 10              | 38         | 381                  | 10.63                |
| 83              | 1          | 21                   | 0.03                 | 39              | 1          | 65                   | 0.63                 | 9               | 41         | 422                  | 11.77                |
| 82              | 1          | 22                   | 0.03                 | 38              | 2          | 67                   | 0.66                 | 8               | 57         | 479                  | 13.36                |
| 81              | 2          | 24                   | 0.06                 | 37              | 2          | 69                   | 0.66                 | 7               | 53         | 532                  | 14.84                |
| 80              | 1          | 25                   | 0.03                 | 36              | 2          | 71                   | 0.66                 | 6               | 73         | 605                  | 16.88                |
| 79              | 1          | 26                   | 0.03                 | 35              | 6          | 77                   | 0.77                 | 5               | 84         | 689                  | 19.22                |
| 76              | 1          | 27                   | 0.03                 | 34              | 5          | 82                   | 0.74                 | 4               | 140        | 829                  | 23.12                |
| 72              | 1          | 28                   | 0.03                 | 33              | 4          | 86                   | 0.71                 | 3               | 156        | 985                  | 27.48                |
| 71              | 1          | 29                   | 0.03                 | 32              | 5          | 91                   | 0.74                 | 2               | 216        | 1241                 | 34.62                |
| 70              | 1          | 30                   | 0.03                 | 31              | 3          | 94                   | 0.68                 | 1               | 477        | 1718                 | 47.92                |
| 69              | 1          | 31                   | 0.03                 | 30              | 0          | 100                  | 0.22                 | 0               | 1067       | 3585                 | 100.00               |

promedio de citas      4.28

7 Cabe recordar que la tasa de citas varía considerablemente, de acuerdo con la disciplina que se analiza. Ciertamente, mientras que las citas alcanzan su máximo en pocos meses en las áreas médicas, biológicas o en las ciencias de la física, para que un documento atraiga un número importante de citas puede tomar más tiempo en las artes, las humanidades o en las ciencias sociales (Testa, 2003).

El Cuadro 1 ordena las citas de forma descendente y presenta la frecuencia y el porcentaje acumulado. El incremento en el número de citas en los periodos registrados (agosto de 2012; febrero de 2013; mayo de 2013) se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Relación de los 102 documentos más citados

| Posición | Autor   | Citas      | Posición | Autor  | Citas   | Posición  | Autor  | Citas   |
|----------|---|------------|----------|--|---------|-----------|--|---------|
| 01[01]01 | Mango, P., et al. (2008)                                  | 443[24]549 | 26[53]32 | CMS collaboration(2010c)                                   | 53[6]67 | 63[62]88  | CMS collaboration(2011c)                         | 31[2]41 |
| 03[62]06 | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2008b) | 203[22]230 | 31[52]40 | Yano, M. P., et al. (2009)                                 | 50[2]59 | 66[20]78  | Bignard, H., et al. (2008)                       | 30[2]36 |
| 02[02]04 | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2008a) | 207[22]233 | 42[5]35  | Nugello, M., et al. (2010)                                 | 40[2]64 | 87[20]76  | Hancu, A. D., et al. (2010)                      | 25[2]37 |
| 04[09]05 | ALICE collaboration(2008)                                 | 165[20]231 | 34[3]42  | CMS collaboration(2010b)                                   | 48[5]67 | 52[2]63   | Ganapathy, R., et al. (2008)                     | 34[3]35 |
| 74[02]03 | CMS collaboration(2012a)                                  | 28[2]344   | 40[3]42  | Forles, J.W., et al. (2010)                                | 41[5]67 | 66[2]70   | Sekin, V.N., et al. (2010)                       | 30[3]39 |
| 06[62]07 | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2010a) | 111[42]163 | 28[4]46  | Dye, S., et al. (2008)                                     | 53[2]55 | 74[2]78   | Scott, K.S., et al. (2010)                       | 28[2]36 |
| 09[02]08 | ALICE collaboration(2011b)                                | 96[13]138  | 34[4]46  | Auermann, J.E., et al. (2010)                              | 49[2]55 | 96[22]76  | ALICE collaboration(2010b)                       | 24[3]37 |
| 05[08]11 | Cokernoth, R.A., et al. (2008)                            | 117[42]135 | 50[3]40  | Du, S., et al. (2011)                                      | 35[2]59 | 100[22]83 | ALICE collaboration(2010a)                       | 23[2]35 |
| 12[08]09 | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2010d)            | 85[4]148   | 31[3]48  | Patacheon, G., et al. (2009)                               | 50[2]54 | 100[22]70 | CMS collaboration(2012b)                         | 14[2]39 |
| 21[02]10 | Dunkey, J., et al. (2011)                                 | 65[2]145   | 37[3]45  | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2009a)  | 44[2]56 | 58[2]78   | Paolae, E., et al. (2009)                        | 32[2]36 |
| 10[11]12 | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2010b) | 60[11]132  | 66[3]39  | Mannag, T.A., et al. (2011)                                | 30[5]46 | 63[2]87   | Dye, S., et al. (2009)                           | 31[3]34 |
| 08[12]15 | CMS collaboration(2011)                                   | 98[14]115  | 39[3]53  | Frison, R.J., et al. (2010)                                | 42[4]49 | 63[2]87   | Patacheon, G., et al. (2008)                     | 31[3]34 |
| —[13]00  | CMS collaboration(2011b)                                  | —[11]092   | 58[4]49  | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2010c)  | 52[4]53 | 66[2]85   | Rodriguez Zurita, G., et al. (2008)              | 30[3]35 |
| 3[4]14   | CMS collaboration(2011b)                                  | 49[0]131   | 102[4]41 | CMS collaboration(2012c)                                   | 14[2]61 | 87[2]78   | Hickman, J.M., et al. (2010)                     | 25[2]36 |
| 13[4]13  | Khachatryan, V., et al., CMS collaboration(2010)          | 82[0]122   | 38[4]56  | Chenets, D.L., et al. (2008)                               | 43[4]48 | 58[2]83   | Szameit, A., et al. (2009)                       | 32[2]35 |
| 7[1]17   | Devlin, M.J., et al. (2009)                               | 99[0]105   | 44[4]50  | Lin, C., et al. (2009)                                     | 39[4]52 | 74[2]87   | Gómez-Andújar, D., et al. (2008)                 | 28[2]34 |
| 14[12]18 | Ede, S., et al. (2010)                                    | 72[2]103   | 40[2]53  | CMS collaboration(2011d)                                   | 41[2]49 | 82[2]70   | Scier, T., et al. (2009)                         | 26[2]39 |
| 14[18]19 | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2010a)            | 78[2]97    | 48[3]57  | Ambiad, A., et al. (2010)                                  | 38[4]77 | 127[3]78  | CMS collaboration(2011f)                         | 19[3]36 |
| 11[19]21 | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2008c) | 86[9]95    | 79[3]42  | CMS collaboration(2011g)                                   | 27[4]57 | 74[3]74   | Chapin, E.L., et al. (2009)                      | 28[2]33 |
| 36[4]16  | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2011)             | 47[4]107   | 44[5]43  | CMS collaboration(2010a)                                   | 59[4]49 | 71[2]87   | Chapin, E.L., et al. (2008)                      | 29[2]34 |
| 16[2]14  | Kavashov, Y.V., et al. (2008b)                            | 72[3]85    | 96[5]45  | Sahgal, N., et al. (2011)                                  | 24[4]51 | —[2]70    | CMS collaboration(2011a)                         | —[2]39  |
| 15[2]16  | Scott, K.S., et al. (2008)                                | 75[2]82    | 42[5]60  | Iocco, F., et al. (2008)                                   | 40[4]44 | 127[2]87  | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2011b)   | 19[2]34 |
| 25[2]23  | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2010f)            | 60[4]89    | 38[5]61  | ALICE collaboration(2011c)                                 | 32[4]51 | 53[5]78   | Chatchayan, S., et al., CMS collaboration(2012)  | 4[2]34  |
| 19[2]25  | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2010e)            | 68[4]84    | 51[3]62  | Alibekete, I., et al., The Pions AuAu Collaboration (2009) | 33[4]43 | 71[5]29   | Yano, O., et al. (2008)                          | 29[3]32 |
| 30[2]32  | Abreu, P., et al., The Pions AuAu Collaboration (2010)    | 51[8]93    | 44[5]65  | Basilakos, S., et al. (2009)                               | 39[4]42 | 74[5]29   | Kavashov, Y.V., et al. (2009a)                   | 28[3]33 |
| 20[2]30  | CMS collaboration(2011d)                                  | 12[2]96    | 49[4]62  | CMS collaboration(2011b)                                   | 57[4]43 | 178[2]90  | Chatchayan, S., et al., CMS collaboration(2011a) | 14[2]34 |
| 18[2]27  | Paolae, E., et al. (2008)                                 | 69[2]80    | 54[4]68  | Colberg, J.M., et al. (2008)                               | 33[4]41 | 71[5]27   | Eaves-Pyle, T., et al. (2008)                    | 29[2]34 |
| 19[2]29  | Coppin, K., et al. (2008)                                 | 69[2]72    | 50[2]65  | Ramires-San-Paon, J.C., et al. (2008)                      | 35[4]42 | 79[5]102  | Martinez-Huerta, C.A., et al. (2008)             | 27[2]31 |
| 44[2]28  | Chatchayan, S., et al., CMS collaboration(2011e)          | 39[1]79    | 32[2]70  | Kahl, U., et al. (2008)                                    | 34[4]39 | 82[2]102  | Hignak, G.F., et al. (2008)                      | 26[2]31 |
| 24[2]30  | Marsden, G., et al. (2009)                                | 62[2]71    | 54[2]59  | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2009b)  | 33[4]45 | 87[5]94   | Albuquerque, G., et al. (2008)                   | 25[2]33 |
| 22[3]30  | Aamodt, K., et al., ALICE collaboration(2010a)            | 64[6]91    | 54[3]58  | Saldanha, Z., et al. (2009)                                | 33[3]46 | 87[5]97   | Hetherfield, C.B., et al. (2009)                 | 25[2]32 |
| 22[3]32  | Abraham, J., et al., The Pions AuAu Collaboration (2008d) | 64[6]767   | 66[6]67  | Martinez-Talero, R.I., et al. (2009)                       | 30[3]43 | 87[5]102  | Auermann, J.E., et al. (2009)                    | 25[2]31 |
| 28[0]34  | ALICE collaboration(2011a)                                | 56[6]85    | 87[6]65  | Miller, P.J., et al. (2010)                                | 25[3]42 | 79[5]108  | Chatchayan, S., et al., CMS collaboration(2011c) | 27[2]30 |
| 27[0]37  | Reena, T.A., et al. (2008)                                | 55[6]83    | 59[6]70  | Jasson, Y., et al. (2009)                                  | 32[3]39 | 96[5]108  | Lin, H.D., et al. (2008)                         | 24[0]30 |

DOI: http://dx.doi.org/10.22201/fibi.24488321xe.2017.nespl.57885

Los documentos (véanse las referencias) se enlistan en orden descendente, de acuerdo con el número de citas registrado en febrero de 2013. Se indica, en ambas secciones del *Cuadro 2*, el rango (columna derecha) y el número de citas (columna izquierda) en los tres momentos registrados, en orden temporal (agosto de 2012; febrero de 2013; mayo de 2013).

La distribución por universidad o centro de investigación de los artículos más citados está registrada en el *Cuadro 3*:

*Cuadro 3.* Distribución de los documentos más citados por institución

| INSTITUCIÓN  | Frecuencia | Porcentaje   |
|--|------------|--------------|
| Universidad Autónoma de Puebla                     | 52         | 51.0         |
| INAOE  | 39         | 38.2         |
| Universidad Autónoma de Puebla / INAOE             | 4          | 3.9          |
| Universidad de las Américas - Puebla               | 4          | 3.9          |
| Hospital para el Niño Poblano                      | 1          | 1.0          |
| Centro de Hematología y Medicina Interna de Puebla | 1          | 1.0          |
| Investigación aplicada, S.A. de C.V., Tehuacán     | 1          | 1.0          |
| <b>Total</b>                                       | <b>102</b> | <b>100.0</b> |

Las instituciones aparecen en la columna izquierda en orden descendente, según la frecuencia de documentos más citados. La colaboración interinstitucional en Puebla es aún poco frecuente, pero en el *Cuadro 3* está presente ya en cuatro artículos (UAP/INAOE).

Publicaciones con mayor impacto de la Universidad Autónoma de Puebla

Destaquemos que la Universidad Autónoma de Puebla (UAP)<sup>8</sup> –institución pública de educación e investigación–, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) –centro de investigación público situado en Tonanzintla, Puebla– son los espacios que albergan a los autores más citados. En cuanto a la primera de estas instituciones, los grupos de investigadores se distribuyen de acuerdo con el *Cuadro 4*, mientras que los autores de estos textos se concentran en el *Cuadro 5*:

8 A la Universidad Autónoma de Puebla (UAP) recientemente se le antepuso el reconocimiento de “Benemérita” (BUAP), de tal manera que en los documentos publicados es posible encontrar cualquiera de las dos denominaciones. Empleamos en este documento la primera designación.

Cuadro 4. Distribución de grupos o departamentos de investigación de la UAP por frecuencia de documentos

| Grupo / Departamento / Instituto                      | Frecuencia | Porcentaje |
|---|------------|------------|
| CMS Collaboration                                     | 21         | 37.5       |
| ALICE Collaboration                                   | 13         | 23.2       |
| Pierre Auger Collaboration                            | 11         | 19.6       |
| Instituto de Ciencias                                 | 3          | 5.4        |
| Instituto de Física                                   | 2          | 3.6        |
| Instituto de Fisiología                               | 2          | 3.6        |
| Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas | 1          | 1.8        |
| Departamento de Farmacia                              | 1          | 1.8        |
| Facultad de Ciencias Físico Matemáticas               | 1          | 1.8        |
| Facultad de Medicina                                  | 1          | 1.8        |
| Total   | 56         | 100.0      |

De las 56 comunicaciones en las que participan investigadores adscritos a la UAP, mostradas en los Cuadros 3, 4 y 5, dos son resultado de investigaciones realizadas sin colaboración con otras instituciones (Martínez *et al.*, 2009; Rodríguez *et al.*, 2008), una en colaboración con instituciones de México (Liu *et al.*, 2008) y 53 con participación internacional. En el Cuadro 5 se registra por nombre a los autores de la UAP, con el correspondiente número de textos que suscriben.

Cuadro 5. Distribución del número de artículos por profesor-investigador de la UAP

| Autores de la Universidad Autónoma de Puebla  | Frecuencia |
|---|------------|
| H. A. Salazar Ibarquén  | 21         |
| I. Cortés Maldonado, A. Fernández Téllez, H. González Santos, M.I. Martínez, J. Munoz, M. Rodríguez Cahuantzi, G. Tejeda Muñoz, A. Vargas, S. Vergara                                   | 5          |
| I. Cortés Maldonado, A. Fernández Téllez, H. González Santos, R. López Ramírez, M.I. Martínez, J. Munoz, M. Rodríguez Cahuantzi, S. Román López, G. Tejeda Muñoz, A. Vargas, S. Vergara | 4          |
| R. López, O. Martínez Bravo, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres  | 4          |
| R. López, Martínez Bravo, E. Moreno, C. Robledo, H. Salazar   | 3          |
| R. López, O. Martínez Bravo, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres, A. Zepeda   | 2          |
| A. Fernández Téllez, R. López-Ramírez, M.I. Martínez, J. Munoz, M. Rodríguez Cahuantzi, S. Román-López, G. Tejeda Munoz, M.A. Vargas, S. Vergara  | 1          |
| C. Lara   | 1          |
| F. Avelino  | 1          |
| F.M. Izrailev, A.A. Krokhin   | 1          |
| G. Alquicer, G. Flores  | 1          |
| G. Rodríguez Zurita, C. Meneses Fabian, N.I. Toto Arellano, J.F. Vázquez Castillo, C. Robledo Sánchez   | 1          |
| H. Salazar  | 1          |
| I. Cortés Maldonado, A. Fernández Téllez, R. López Ramírez, M.I. Martínez hemández, M. Rodríguez Cahuantzi, S. Román López, G. Tejeda Muñoz, A. Vargas, S. Vergara                      | 1          |
| J. Castro, A. Cordero, J. Cuautle, R. López, Martínez Bravo, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres  | 1          |
| M. Islas Islas  | 1          |

| Autores de la Universidad Autónoma de Puebla  | Frecuencia |
|---|------------|
| O. Martínez Bravo, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres  | 1          |
| R. Martínez Tellez, E. Hernandez Torres, C. Gamboa, G. Flores   | 1          |
| T. Scior, J. A. Yunes Rojas   | 1          |
| U. Pal  | 1          |
| V. Canoa Román, I. Cortés Maldonado, A. Fernández Téllez, M.I. Martínez Hernández, M. Rodríguez Calhuanzi, G. Tejeda Muñoz, A. Vargas, S. Vergara | 1          |
| V.N. Serkin   | 1          |
| V.N. Serkin, T.L. Belyaeva  | 1          |
| Total   | 56         |

El *Cuadro 5* enlista, en orden descendente, por producción académica, a los autores adscritos a esta institución.

#### PUBLICACIONES EN EL ÁREA DE FÍSICA

Como se advierte en los *Cuadros 4 y 5*, un elevado porcentaje (80.36%) de esas publicaciones se debe a contribuciones en tres relevantes proyectos internacionales: la “Colaboración Pierre Auger” y dos investigaciones del Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN, por sus siglas en francés) en dos de sus detectores, el Detector Solenoide Compacto de Muones (CMS, por sus siglas en inglés) y el Experimento del Gran Colisionador de Iones (ALICE, por sus siglas en inglés). En las siguientes líneas comentamos brevemente esos proyectos.

##### *Colaboración Pierre Auger*

Por parte de la UAP participan en este proyecto R. López, O. Martínez Bravo, E. Moreno, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres y A. Zepeda. En cuanto al Observatorio Pierre Auger –localizado en la ciudad de Malargüe, Argentina–, el artículo más citado (Abraham *et al.*, 2008a) (203/224/230 citas) menciona que el observatorio es un detector híbrido de superficie que consta de 1,600 detectores Cherenkov separados por una distancia de 1.5 km y 24 telescopios de fluorescencia, que cubren una superficie de 3,000 km<sup>2</sup>. Este observatorio emplea dos técnicas independientes para detectar y estudiar rayos cósmicos de alta energía. Uno de ellos detecta partículas de alta energía, a través de su interacción con el agua colocada en tanques. La otra técnica sigue el desarrollo de las cascadas atmosféricas, mediante la observación de la luz ultravioleta emitida en la atmósfera de la Tierra.

Los autores hacen hincapié en que uno de los resultados más destacados obtenido de los datos recolectados por el proyecto del observatorio Pierre Auger proporciona evidencia de la anisotropía en las direcciones de arribo de los rayos cósmicos de alta energía, que se correlacionan con las posiciones

de los núcleos galácticos activos (AGN) cercanos. Esta correlación es compatible con la hipótesis de que los rayos cósmicos de alta energía provienen de fuentes extragalácticas, que se encuentran lo suficientemente cerca de nuestra galaxia para que su flujo no sea atenuado por la interacción con la radiación cósmica de fondo.

### ***Proyectos ALICE y CMS***

Las grandes colaboraciones que se concentran en el CERN (CMS, ALICE, ATLAS) cuentan con más de tres mil miembros cada cual, procedentes de más de 180 instituciones de alrededor de cuarenta países (Bosman y Anoro, 2012). Estas colaboraciones han permitido analizar una gran cantidad de datos en relativamente poco tiempo y desarrollado poderosos medios gracias al sistema de computación distribuida grid del LHC (Large Hadron Collider o Gran Colisionador de Hadrones) en el que participan todas esas instituciones.

El proyecto CMS es un detector diseñado para observar una amplia gama de partículas y fenómenos producidos en colisiones de alta energía en el LHC. Fue diseñado principalmente para estudiar colisiones protón-protón (y de plomo-plomo). Al lector le interesará saber que el detector CMS tiene una longitud aproximada de 21.6 m, un diámetro de 14.6 m y un peso total de 12,500 t. Sus principales características son un solenoide, una estructura de rastreo interno de sílice semiconductor y un calorímetro electromagnético de cristales centelladores.

El sistema de coordenadas del CMS tiene su origen centrado en el punto de colisión dentro del experimento, el eje  $y$  apuntando verticalmente hacia arriba y el eje  $x$  apuntando radialmente hacia el centro del LHC. Así, los puntos a lo largo del eje  $z$  están en la dirección del haz. Cuando ocurre una colisión, las partículas viajan a través del CMS dejando patrones característicos o firmas en las diferentes capas, lo que permite identificarlas y de esa manera inferir la presencia de partículas desconocidas hasta ahora y, sin embargo, ya postuladas teóricamente. Todas estas investigaciones se nutren particularmente de la visión de Higgs, Englert y Brout, quienes evaluaron la existencia de una partícula que podría explicar el surgimiento de la masa, propuesta cuya relevancia fue reconocida con el Premio Nobel en Física 2013 para los dos primeros autores.

Un ejemplo, de los más citados entre los 21 artículos indicados en el *Cuadro 4*, tiene como temática la búsqueda de supersimetría en el LHC (CMS collaboration, 2011i): el experimento CMS realizó, entre el conjunto de datos recolectado de las colisiones protón-protón a una energía del centro de masa de 7 teraelectronvoltios (TeV), una búsqueda de eventos con jets y con energía

transversal perdida, que corresponde a una luminosidad integrada de  $1.14 \text{ fb}^{-1}$  (98/114/115 citas). En estos datos fueron analizados los estados finales con dos o más dijets y la energía transversal significativa como se esperaba para la producción y decaimiento del gluino, pareja fermiónica supersimétrica del gluón, y las masas del squark, contraparte bosónica supersimétrica de los quarks. Los límites sobre los parámetros del modelo estándar mínimo supersimétrico constreñido (CMSSM) fueron derivados, lo cual implica una fuerte restricción sobre el espacio de parámetros en relación con los modelos de Súper Simetría (Susy) y CMSSM.

Por otro lado, destaca el documento sobre el bosón de Higgs del modelo estándar (CMS collaboration, 2012a) que publicó CMS el 29 de marzo de 2012, ya que alcanzó en febrero de 2013 217 citas, y en mayo 244; mientras que en agosto de 2012 contaba sólo con 28 citas registradas, lo cual le llevó desde la posición 74 a la 5 (*Cuadro 2*). Dicho trabajo analiza los resultados combinados de colisiones protón-protón, para cinco diferentes modos de decaimiento del bosón de Higgs. El rango de exploración fue de 100 a 600 GeV. El mayor exceso de eventos se observó para una masa hipotetizada del bosón de Higgs de 124 GeV, lo cual es una base para la determinación de las características y la existencia misma de esta partícula. Entre los profesores y estudiantes de la UAP que han colaborado en el proyecto CMS, cabe mencionar a Salazar Ibarguén, Pedraza Morales y Xoxocotzi Aguilar.

En relación con el experimento ALICE, uno de los artículos más citados (ALICE collaboration, 2008) (165/220/231) describe con detalle los componentes del detector del mismo nombre, que consta de un detector de iones pesados en el LHC del CERN –cuya dimensión es de  $\text{m}^3$  y tiene un peso aproximado de 10000 t–. Según el artículo, el propósito del proyecto es investigar la cromodinámica cuántica o QCD. ALICE está diseñado tanto para estudiar la física de las interacciones fuertes, como el plasma quark-gluón a densidades y energías muy altas en colisiones núcleo-núcleo. Además de observar colisiones con iones de plomo, también analiza corridas con iones más ligeros a menor energía y estudia colisiones protón-núcleo.

El experimento consta de 18 sistemas de detección diferentes, cada uno con tecnología específica, impulsadas tanto por los requerimientos de la física, como por las condiciones experimentales previstas en el LHC. El diseño es riguroso pues debe hacer frente a la multiplicidad de partículas previstas en colisiones Pb-Pb. Los distintos subsistemas han sido optimizados para ofrecer una buena resolución, así como una excelente identificación de partículas. Tal como lo señalan los autores, esto permitirá estudiar detalladamente a los hadrones, electrones, muones y fotones producidos en la colisión de núcleos pesados. Por parte de la UAP participan I. Cortés Maldonado,

A. Fernández Téllez, H. González Santos, R. López Ramírez, M.I. Martínez Hernández, J. Muñoz, M. Rodríguez Cahuantzi, S. Román Lopez, G. Tejada Muñoz, A. Vargas y S. Vergara.

Con un número importante de citas (96/138/158), otro trabajo de este proyecto (ALICE collaboration, 2011b) reporta las primeras mediciones de los coeficientes de flujo anisotrópicos de partículas cargadas en colisiones Pb-Pb. Los datos fueron recolectados durante la primera corrida con iones pesados en LHC. Se mostró, entonces, qué flujo triangular sería descrito en términos de la anisotropía espacial inicial y sus fluctuaciones, lo cual provee, según los autores, fuertes restricciones sobre su origen.

### ***Sistemas de potenciales aleatorios unidimensionales***

Félix Izrailev Mikhailovich del Instituto de Física participa en una publicación apoyada por la Deutsche Forschungsgemeinschaft (dfg) y escrita en colaboración con Ulrich Kuhl y Arkadii Krokhin (Kuhl *et al.*, 2008). En ese documento se muestra que las correlaciones de alto rango incrementan la localización de Anderson en sistemas de potenciales aleatorios unidimensionales. Para llegar a este resultado, los investigadores utilizan un sistema de guía de onda con cien dispersores cilíndricos que es cerrada por dos mecanismos absorbentes de microondas.

## INVESTIGACIONES EN NEUROCIENCIAS

El Instituto de Fisiología, uno de los de mayor producción en la UAP, desarrolla varias líneas de estudio con impacto en los últimos años. Aquí destacaremos el trabajo del grupo de investigación que encabeza Gonzalo Flores. Un documento (Alquicer *et al.*, 2008) (25/30/33 citas) describe los resultados de un proyecto realizado en colaboración con el Douglas Mental Health University Institute y el Departamento de Psiquiatría de la Universidad McGill, ambos en Montreal, Canadá. En este artículo, los autores concluyen que el aislamiento social posterior al destete de ratas neonatales, que han sido lesionadas en el hipocampo ventral de manera excitotóxica bilateral, produce un incremento en los cambios morfológicos. Este modelo de lesión neonatal es adecuado para el estudio de alteraciones conductuales, que aparecen después de la pubertad en las ratas, análogas a las de la esquizofrenia en humanos. En estos animales aislados, la disminución en la longitud de las dendritas de la corteza prefrontal y el núcleo *accumbens* (NA) se exacerba, al tiempo que se observa un incremento en la densidad de espinas dendríticas en neuronas del NA.

Como fruto del trabajo de este laboratorio encontramos, entre los textos más citados aquí revisados (30/38/43 citas), un reporte de investigación (Martínez *et al.*, 2009) sobre los efectos del estrés prenatal producido en las ratas madres por restricción de su movilidad durante dos horas diarias a partir del día once de la gestación. Comparados los hijos machos con ratas control, que no fueron sometidas a ninguna forma externa productora de estrés, se observó lo siguiente: el estrés prenatal en ratas afecta la densidad de espinas dendríticas y las dendritas basales de las neuronas piramidales del hipocampo, así como la morfología de las dendritas de las neuronas del NA. Esto puede producir cambios importantes en la transmisión dopaminérgica mesocorticolímbica y conductas vinculadas con el desarrollo de alteraciones como la esquizofrenia en humanos.

## PROYECTOS DE ÓPTICA

### *Interferometría de corrimiento de fase*

G. Rodríguez Zurita, C. Meneses Fabián, N.I. Toto Arellano, C. Robledo-Sánchez y J.F. Vázquez-Castillo, la mayoría miembros del cuerpo académico de Óptica de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas son los responsables de uno de los trabajos más citados, realizados sin colaboración externa a su departamento (Rodríguez *et al.*, 2008). Asimismo, son responsables de una publicación electrónica de nombre *Tlabuizcalpan*, cuyo objetivo es la divulgación de la ciencia y de la investigación aplicada. Ellos han desarrollado un sistema de interferometría de corrimiento de fase con rejilla de fase en un solo disparo o toma. El sistema, que emplea una rejilla de difracción 2D, puede adquirir múltiples interferogramas.

En contraste con el procedimiento secuencial de la metodología llamada Corrimiento de Fase, el sistema propuesto por Rodríguez Zurita y colaboradores es una técnica para evaluar frentes de onda ópticos de manera no secuencial. En palabras de los autores:

para implementar la evaluación no secuencial, se echa mano de una rejilla de difracción, pero no de absorción, sino de fase. Una rejilla como la empleada (rejilla de fase) es el componente óptico denominado *Phase Grating* que consiste en una serie de líneas paralelas en relieve y transparentes. Las líneas tienen separación constante y producen difracción de modo conveniente. Cuando se forma un tramado o malla, cruzando por ejemplo dos rejillas con sus líneas a 90 grados, se obtiene una malla de fase, que es la llamada *Phase Grid*

(comunicación vía correo electrónico con el Doctor Rodríguez Zurita, 8 de junio de 2013).

Este método reduce los errores de medición ocasionados por factores medioambientales, aunque resulta más apropiado con objetos pequeños que no introduzcan cambios de polarización.

### ***Solitones***

Vladimir N. Serkin ha realizado investigaciones en colaboraciones internacionales acerca de la dispersión y propagación de solitones. Serkin ha propuesto nuevos métodos de generación de pulsos láser ultracortos y solitones ópticos. El concepto de solitón permite caracterizar ondas solitarias no lineales, que no se dispersan y preservan su identidad durante su propagación después de alguna colisión. Por sus características, ha sido considerado el modelo ideal de bits naturales de datos. El solitón es la única forma estable en una fibra con dispersión y no linealidad para un amplio rango de amplitud de pulsos y un pico de poder.

En un trabajo realizado en colaboración con investigadores de India y Japón (Ganapathy *et al.*, 2008) (34/35/35 citas), Serkin analiza algunas características de las interacciones de solitones de igual amplitud y de aquellas con pulsos de solitones de amplitudes desiguales, cuyas velocidades son iguales en magnitud, pero opuestas en signo. En ese estudio se subraya el papel del control de la dispersión, en el cual el solitón puede ser controlado y estructurado por sus cuatro parámetros básicos: amplitud, frecuencia, fase y posición temporal. En el documento se examinan las fuerzas de interacción de solitones, la amplificación de los pulsos después de la colisión, el logro de la amplificación óptima, así como los efectos de la interacción de ondas no lineales de Boch. El segundo documento (Serkin *et al.*, 2010) (30/35/39 citas), escrito por Serkin y Belyaeva de la UAP, en colaboración con Hasegawa de Japón, considera los rasgos principales de solitones no autónomos materia-onda cercanos a la resonancia Feshbach, en un condensado unidimensional Bose-Einstein confinado por un potencial armónico.

## INVESTIGACIONES EN CIENCIAS QUÍMICAS

### ***Fusión de nanogrupos oro-platino***

Umapada Pal, en colaboración con investigadores del Instituto Mexicano del Petróleo y de la unam, publicó en 2008 un trabajo (Liu *et al.*, 2008) (24/30/30

citaciones) sobre la estabilidad termodinámica y la fusión de nanogrupos Au-Pt con las variantes estructurales más comunes. Los grupos bimetalícos adquieren la estructura más estable con centro de oro y coraza de platino, independientemente de la estructura inicial por encima de ciertas temperaturas. Consideran, asimismo, que la gran diferencia entre los puntos de fusión de los elementos constituyentes sería un factor determinante sobre los mecanismos de fusión de las nanopartículas bimetalícas. Pal ha desarrollado, entre otras, una línea de investigación sobre nanocompositos o nanocompósitos.

#### INVESTIGACIÓN EN PSIQUIATRÍA

##### ***Persistencia del síndrome de déficit de atención con hiperactividad***

El trabajo en el que participa Carmen Lara, por parte de la UAP, es un proyecto de colaboración internacional y forma parte de la iniciativa de análisis sobre Salud Mental Mundial (smm) de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El documento (Lara *et al.*, 2009), escrito por dieciséis coautores (con 39/48/52 citas), evalúa la persistencia de la niñez a la edad adulta del síndrome de déficit de atención con hiperactividad (ADHD) y los factores que pueden predecir esa continuidad en muestras multinacionales.

#### PUBLICACIONES EN CIENCIAS BIOMÉDICAS

##### ***Formación de biopelículas y la adherencia bacterial***

Fabiola Avelino, con adscripción al Instituto de Ciencias, en colaboración con investigadores del Reino Unido, Estados Unidos y del Instituto de Biotecnología de la unam, en una comunicación científica (Saldaña *et al.*, 2009) (33/39/46 citas) publicada en 2009, concluye que la producción de fibras de curli y celulosa interaccionan sincronizadamente, favoreciendo la formación de biopelículas e incrementando la adherencia bacterial. Estos resultados fueron observados en *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) y enteropatogénica (EPEC). La proteína CsgA es la subunidad mayor de las fibras de curli y la subunidad catalítica celulosa sintetasa (gen *bscA*) es esencial en la formación de celulosa. La expresión de fibras de curli (gen *csgA*) y de celulosa son co-activados por el regulador transcripcional CsgD. Los autores hicieron comparaciones en las propiedades de adherencia en mutantes sencillas de *csgA*, *csgD* (gen activador de *csgAB*), y *bsgA* (proteasa La dependiente de ATP) de EHEC y EPEC. Asimismo, estudiaron el efecto de la sobreexpresión de *csgD* en estos tipos mutantes. Finalmente, sus datos los llevan a concluir que el Fis (factor

para la estimulación de la inversión) actúa como un regulador transcripcional negativo de *csgA*.

### ***Evaluación de la capacidad de cepas de E. coli para inducir la inflamación en dos líneas de células intestinales***

Martha Islas Islas del Centro de Investigaciones Microbiológicas del Instituto de Ciencias, en coautoría con siete investigadores de Estados Unidos y Alemania, en una comunicación científica (Eaves *et al.*, 2008) (29/30/34 citas) refieren que la cepa de *E. coli* O83:H1 posee las características de la nueva categoría denominada *E. coli* Adherente Invasiva (AIEC). Esta cepa, junto con otras tres, fue aislada de pacientes con enfermedad de Crohn para evaluar su capacidad para inducir la inflamación en dos líneas de células intestinales (Caco-2BBE y T84). Básicamente, la O83:H1 fue la que más se asemeja a la cepa LF82 prototipo de la AIEC.

### ***Limitaciones y requisitos para una adecuada aplicación de QSAR***

Los métodos y modelos de cuantificación de las relaciones entre la estructura molecular y la actividad biológica (QSAR, por sus siglas en inglés) han alcanzado un alto valor en la predicción y diagnóstico en medicina y química. T. Scior y A. Yunes Rojas, en colaboración con investigadores de Estados Unidos y Francia, en un texto de 2009 (26/33/39 citas) analizan las limitaciones y los requisitos para una adecuada aplicación de QSAR (Scior *et al.*, 2009). Varias alternativas han sido propuestas para afrontar las deficiencias comunes en la aplicación de QSAR. Asimismo, son discutidos los aspectos que generarían problemas en estos modelos, como el tamaño y composición de los datos, la validación interna y externa de los modelos, los supuestos de linealidad y una adecuada interpretación de los valores que salen del ajuste (*outliers*).

### ***Características de autoría de las publicaciones de la UAP***

Derivados, en su mayoría, de colaboraciones en proyectos internacionales como los descritos hasta aquí, llama la atención que los trabajos de la UAP con mayor cantidad de citas sean producto de la coautoría de más de cien personas. Esta característica es puesta de manifiesto en el *Cuadro 6*.

Cuadro 6. Relación de número de autores (UAP) y número de citas

| Número de autores UAP | Número de citas  |                 |               |               | Total     |
|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------|
|                       | más de 200 citas | 100 a 199 citas | 50 a 99 citas | 30 a 49 citas |           |
| más de 1900           | 1                | 2               | 5             | 13            | 21        |
| 900 a 1100            | 0                | 1               | 8             | 4             | 13        |
| 100 a 599             | 2                | 1               | 5             | 2             | 10        |
| 11 a 20               | 0                | 0               | 0             | 2             | 2         |
| 3 a 10                | 0                | 0               | 0             | 10            | 10        |
| <b>Total</b>          | <b>3</b>         | <b>4</b>        | <b>18</b>     | <b>31</b>     | <b>56</b> |

### PUBLICACIONES CON MAYOR IMPACTO DEL INAOE

En cuanto al INAOE, la responsabilidad de los documentos más citados recae en un pequeño número de investigadores, ya que, como se indica en el Cuadro 7, los 43 trabajos ahí concentrados se deben a un número reducido de investigadores.

Cuadro 7. Distribución del número de artículos por investigador del INAOE

| Autores INAOE  | Documentos |
|--|------------|
| D.H. Hughes  | 18         |
| I. Aretxaga, D.H. Hughes   | 7          |
| A. Bressan   | 2          |
| M. Plionis   | 2          |
| R. López Martínez Bravo, E. Moreno, C. Robledo, H. Salazar                       | 2          |
| R. López, O. Martínez Bravo, C. Robledo, H. Salazar, I. Torres, A. Zepeda        | 2          |
| O. Vega, A. Bressan  | 1          |
| I. Aretxaga  | 1          |
| I. Aretxaga, D.H. Hughes, D. Ferrusca, M. Velazquez                              | 1          |
| E. Aguilar, I. Aretxaga, D. Ferrusca, D.H. Hughes, M. Velazquez, M. Zeballos     | 1          |
| J. Wagg, I. Aretxaga, D. Hughes  | 1          |
| A. Porras  | 1          |
| H.F. Hägele, M.V. Cardaci  | 1          |
| J.C Ramírez San Juana, R. Ramos Garcia, I. Guizar Iturbide, G. Martinez Niconoff | 1          |
| S. Chávez-Cerda  | 1          |
| Y. Juárez R. Mujica  | 1          |
| <b>Total</b>   | <b>43</b>  |

*Investigaciones en astronomía, astrofísica y óptica*

Iniciaremos la revisión de este instituto con los trabajos publicados por Hughes, Aretxaga, Porras y Bressan. Los dos primeros son coautores de más de la mitad de estos artículos, y el último es coautor del documento con el mayor número de citas (Marigo *et al.*, 2008) (443/524/549 citas).

Este artículo provee el primer conjunto de isócronas teóricas cuyos rasgos distintivos residen fundamentalmente en un tratamiento perfeccionado del estudio de las estrellas en la fase térmicamente pulsante de la rama asintótica gigante (tp-agb, por sus siglas en inglés). Las isócronas teóricas tienen un amplio rango de aplicaciones que van desde el cálculo de la edad de poblaciones estelares, hasta la solución de problemas más complejos (Marigo *et al.*, 2008). Por ejemplo, se utilizan para calcular la evolución espectral de poblaciones estelares. Esto permite el desarrollo de modelos teóricos de formación y evolución estelar. Una isócrona específica la ubicación de estrellas con la misma edad y metalicidad en el diagrama Hertzsprung-Russell.

David H. Hughes, director del proyecto e investigador principal del Gran Telescopio Milimétrico, es corresponsable de veintiocho de los artículos del INAOE aquí revisados. Destaca su investigación en la astronomía e instrumentación milimétrica, en especial acerca de la formación y evolución de las grandes estructuras del universo: cúmulos de galaxias y galaxias en formación.

Itziar Aretxaga es coautora de once de los artículos con más citas. Sus áreas de investigación dentro de la astrofísica y la cosmología son el estudio de las galaxias en formación, las supernovas, así como la simbiosis entre la formación estelar y la actividad nuclear de galaxias.

Los proyectos de investigación en que participan Hughes, Aretxaga, Aguilar, Ferrusca, Velázquez, Wagg y Zeballos tienen como objetivo central determinar la composición de las poblaciones de astros que producen la mayor parte de la emisión energética del universo, lo cual permitirá esclarecer la historia de formación y evolución de las poblaciones de galaxias que dominan la emisión del fondo extragaláctico.

Por ejemplo, al parecer, la emisión en luz desde la infrarroja lejana a la milimétrica del universo es producida, en un buen porcentaje, por la formación estelar violenta de galaxias masivas en formación fuertemente oscurcidas. Gracias al consorcio SHADES (por las siglas en inglés de Submillimetre Common-User Bolometer Array (SCUBA) Half Degree Extragalactic Survey) ha sido posible realizar una cartografía milimétrica más extensa –por ejemplo, con más de cincuenta citas hallamos dos trabajos: uno

de ellos (Coppin *et al.*, 2008) con 68/72/72 citas y otro (Dye *et al.*, 2008) con 53/55/55 citas—. Este consorcio cuenta con la participación de trece institutos de Reino Unido, México, Estados Unidos, Canadá, Italia, España, Austria y Japón.

El desarrollo de instrumentos que permiten manipular la luz y la registran en formato digital potencian las capacidades de los telescopios. La fotometría adquirida con las cámaras SCUBA a 0.85 mm y AZTEC a 1.1 mm revelan una población de galaxias hasta ahora no detectables. AZTEC, una cámara bolométrica, fue desarrollada en la Universidad de Massachusetts, en colaboración con el Instituto de Tecnología de California, la Universidad de Cardiff, el INAOE, la Universidad Sejong y el Smith College. Esta cámara, usada tanto en los telescopios ASTE (Atacama Submillimeter Telescope Experiment), como en el JCMT (James Clerk Maxwell Telescope) ha permitido un análisis de densidad y distribución espacial de la población de fuentes milimétricas hacia diecisiete galaxias activas a altos corrimientos al rojo usando observaciones a 1.1 mm. Encontramos dos reportes (Scott *et al.*, 2008; Perera *et al.*, 2008), derivados de estas investigaciones entre los más citados del periodo aquí estudiado y registrados en el *Cuadro 2*.

Los experimentos y observaciones del telescopio submilimétrico Atacama son, igualmente, resultado de proyectos internacionales en los que participa el INAOE. Este telescopio fue instalado a una altura de 5,190 m en Cerro Toco, en el desierto de Atacama, al norte de Chile, en 2007. El tercer documento más citado en el que colabora algún investigador del INAOE (Hughes) tiene que ver con los parámetros cosmológicos establecidos sobre la base de datos obtenidos en Atacama (Dunkley *et al.*, 2011) (65/122/145 citas).

Asimismo, incluimos en el *Cuadro 2* escritos que versan sobre los datos obtenidos en el proyecto Herschel-ATLAS con el telescopio del observatorio espacial Herschel (Amblard *et al.*, 2010; Eales *et al.*, 2010). Vinculados con estos datos se encuentran los hallazgos realizados con BLAST, un telescopio estratosférico de 1.8 m que opera a una altitud aproximada de 35 km. BLAST es un precursor del SPIRE (Spectral and Photometric Imaging Receiver) del observatorio espacial Herschel. En cuanto a los resultados obtenidos, se publicó un artículo en la revista *Nature* (Devlin *et al.*, 2009) (99/105/105 citas). Otro documento (Marsden *et al.*, 2009) relacionado con las investigaciones desarrolladas con BLAST y que recibió un número importante de citas (62/70/71) fue publicado en la revista *Astrophysical Journal*.

Con un número importante de citas (117/132/135) se encuentra el artículo suscrito, entre otros, por Alicia Porras, investigadora del INAOE (Gutermuth *et al.*, 2008). Este texto ofrece un conjunto de datos obtenido por el telescopio espacial Spitzer, el cual es una misión de la NASA operada y

administrada por el Laboratorio de Propulsión a Reacción, mantenido por el Grupo de Educación y Difusión Pública en el Centro Científico Spitzer, localizado en el Instituto de Tecnología de California, y que forma parte del Centro de Análisis y Procesamiento Infrarrojo (IPAC) de la NASA. En el documento citado se analizan los datos obtenidos de la NGC 1333 con los instrumentos de Spitzer: IRAC (por sus siglas en inglés: Infrared Array Camera) y MIPS (por sus siglas en inglés: Multiband Imaging Photometer).

Entre los trabajos del INAOE, cabe mencionar uno que versa sobre el desarrollo de tecnología biomédica para registrar y fiscalizar el flujo sanguíneo y su dinámica de perfusión (Ramírez *et al.*, 2008); un segundo que trata sobre el análisis de los patrones de difracción de haces luminosos, dependientes del momento angular orbital del haz incidente en una apertura triangular y cómo este efecto puede ser utilizado para medir la carga topológica del haz (Hickmann *et al.*, 2010).

Finalmente, dos artículos en los que Manolis Plionis, coautor por el INAOE, analiza de manera sistemática trece diferentes procedimientos de localización de vacíos (*voids*; amplias regiones del espacio escasamente pobladas por galaxias) (Colberg *et al.*, 2008), y otro texto que analiza las propiedades de modelos cosmológicos planos Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW) (Basilakos *et al.*, 2009).

### ***Características de autoría de las publicaciones del INAOE***

Respecto del INAOE, el *Cuadro 8* muestra la relación de coautorías y número de citas de los artículos en los que participan investigadores pertenecientes a esta institución.

*Cuadro 8.* Relación de número de autores (INAOE) y número de citas

| Número de autores<br>INAOE | Número de citas     |                    |               |               | Total |
|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------|---------------|-------|
|                            | más de 200<br>citas | 100 a 199<br>citas | 50 a 99 citas | 30 a 49 citas |       |
| 100 a 599                  | 0                   | 1                  | 2             | 1             | 4     |
| 50 a 99                    | 0                   | 1                  | 5             | 3             | 9     |
| 31 a 49                    | 0                   | 0                  | 1             | 3             | 4     |
| 21 a 30                    | 0                   | 1                  | 6             | 5             | 12    |
| 11 a 20                    | 0                   | 0                  | 2             | 3             | 5     |
| 3 a 10                     | 1                   | 1                  | 0             | 7             | 9     |
| Total                      | 1                   | 4                  | 16            | 22            | 43    |

### ***Publicaciones con mayor impacto de otras instituciones poblanas***

En el *Cuadro 9* se encuentran los autores adscritos a otras instituciones, que participan en alguno de los 102 textos del *Cuadro 2*.

#### PUBLICACIONES CON MAYOR IMPACTO DE LA UDLAP

Víctor Vysloukh es profesor del Departamento de Física y Matemáticas de la Universidad de las Américas-Puebla (UDLA-P), institución privada de educación superior. Realiza investigación en proyectos de colaboración con el INAOE, con el Instituto de Ciencias Fotónicas y la Universidad Politécnica de Cataluña, España, así como con el Instituto de Física Aplicada de Jena, Alemania. Es coautor de tres textos que registran un significativo número de citas. En uno de ellos (Szameit *et al.*, 2009) (32/33/35 citas), los autores reportan que los fenómenos resonantes accesibles en estructuras moduladas longitudinalmente abren nuevas maneras para el control de la propagación de la luz. Mientras que en los otros dos textos –72/83/85 citas (Kartashov *et al.*, 2009b) y 28/31/33 (Kartashov *et al.*, 2009a) citas, respectivamente– analizan las características y propiedades de solitones en retículos ópticos.

*Cuadro 9.* Distribución del número de documentos publicados por autores de instituciones diferentes de la UAP o el INAOE

| Autores  | Institución  | Documentos |
|--|--|------------|
| V.A. Vysloukh                                    | Universidad de las Américas - Puebla               | 3          |
| A. Flores Nunez                                  | Hospital para el Niño Poblano                      | 1          |
| C.A. Martinez-Huitk, A. De Battisti, S. Ferro, S | Universidad de las Américas - Puebla               | 1          |
| E.L. Decanini                                    | Investigación aplicada, S.A. de C.V., Tehuacán     | 1          |
| G.J. Ruiz Argüelles                              | Centro de Hematología y Medicina Interna de Puebla | 1          |
| <b>Total</b>                                     |  | <b>7</b>   |

#### PUBLICACIONES CON MAYOR IMPACTO DEL CHMI

Fundado en 1983, el Centro de Hematología y Medicina Interna (CHMI) de Puebla es una institución médica privada orientada al estudio, diagnóstico y tratamiento de enfermedades hematológicas y de medicina interna. De los cuarenta y dos documentos recuperados en nuestra búsqueda, correspondiente al periodo 2008-2012, en cuya autoría se incluye a investigadores de este centro, se encuentra el texto sobre la eficacia en el tratamiento con Alemtuzumab de pacientes con enfermedad del injerto contra el huésped córticorresistente, posterior al trasplante de células troncales hematopoyéticas

(Gómez *et al.*, 2008) (28/33/34 citas). Alemtuzumab es un anticuerpo humanizado anti-CD52 dirigido contra el antígeno de superficie CD52, el cual se expresa en linfocitos y monocitos. Este anticuerpo se obtiene mediante técnicas de ADN recombinante.

#### PUBLICACIONES CON MAYOR IMPACTO DEL HNP

El Hospital para el Niño Poblano (HNP) es una institución de asistencia a la salud y dedicado a la formación de recursos humanos fomentando la investigación. Proporciona servicios de salud de alta especialidad a la población sin seguridad social menor de dieciocho años. Esta institución aparece en once publicaciones del total de los 3,585 textos ya mencionados. De ellos destaca el que se refiere a la evaluación de la eficacia de montelukast (Bisgaard *et al.*, 2008), un bloqueador del receptor de leucotrieno en el tratamiento de síntomas respiratorios recurrentes que se presentan en niños que padecen bronquiolitis, debida al virus sincitial respiratorio (30/36/36 citas).

#### ***Publicaciones con mayor impacto de Investigación Aplicada, S.A. de C.V.***

Eduardo Lucio Decanini ha sido director industrial de Investigación Aplicada, S.A. de C.V., Tehuacán, Puebla, empresa mexicana de capital privado del ramo farmacéutico veterinario, que forma parte del Grupo IDISA. Dicho centro se ubica en el área de la biotecnología aplicable a la identificación, prevención y solución de problemas en nutrición y salud animal. Decanini, en colaboración con investigadores que trabajan en Estados Unidos, publicó los resultados de un estudio sobre la evolución de los genotipos del virus de la enfermedad de Newcastle y las consecuencias que su diversidad ocasiona en el diagnóstico de esa patología (Miller *et al.*, 2010) (25/38/42 citas).

Cabe destacar el trabajo de otras instituciones del estado de Puebla, como las de sanidad, que realizan investigación de alta calidad. Por ejemplo, en el periodo aquí analizado, investigadores adscritos al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) y al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio del Estado de Puebla (ISSSTEP) publicaron un documento con un número importante de citas (24/25/26) (García *et al.*, 2009), en colaboración con investigadores de la UAP, así como de instituciones de Barcelona, Cuenca (Ecuador) y Filadelfia. El artículo es una revisión sobre el uso de rituximab (anticuerpo monoclonal anti-CD20) en pacientes que padecen lupus eritematoso sistémico.

### *Índices $h$ y promedios de citas por área de investigación*

Para analizar algunos índices bibliométricos de las publicaciones por áreas temáticas, adoptamos la clasificación general que la WoS asigna a cada documento. De esta manera, las publicaciones consideradas en este estudio se agrupan en las siguientes áreas: Agricultura; Alimentos; Antropología y Arqueología; Artes, Literatura, Filosofía y Humanidades; Astronomía y Astrofísica; Ciencia y tecnología; Ciencias Ambientales; Ciencias Biológicas; Ciencias Biomédicas; Ciencias de la Computación; Ciencias de materiales; Ciencias Sociales; Cristalografía; Derecho y Administración Pública; Educación; Energía; Física; Geología y Geografía; Ingeniería; Instrumentación; Investigación de Operaciones; Matemáticas; Negocios y Economía; Neurociencias; Óptica; Psicología y ciencias de la conducta; Química (ciencias biológicas); Química (materiales); Sistemas de Control y Automatización; Telecomunicaciones.

En el *Cuadro 10* se registra, para cada área de investigación, en primer lugar, el índice  $h$ , enseguida entre paréntesis el promedio de citas de los  $h$  documentos que tienen al menos un número  $h$  de citas y, finalmente, se indica el número de citas promedio de todos los documentos del área. El índice  $h$  hace referencia al número  $h$  de publicaciones que han sido citadas por lo menos un número  $h$  de veces (Hirsch, 2005). Estos indicadores por sí solos no son indicios totalmente objetivos de la calidad y del impacto de las publicaciones por área, pero pueden, en conjunto, proporcionar una imagen de aquéllos. Por ejemplo, aunque los documentos del área de instrumentación tienen un índice  $h$  de siete y su promedio total de citas es de 6.59, de un total de 83 publicaciones, el promedio de citas de los textos que cuentan con al menos siete citas es de 62.57. Este valor supera los promedios de los documentos más citados de las áreas de óptica y ciencias biomédicas (29.75 y 27.94, respectivamente) que tienen índices  $h$  de 16 y 18, correspondientemente. Consideramos importante señalar que el alto promedio del área de instrumentación es resultado de un artículo de investigación que tiene 231 citas.

*Cuadro 10.* Promedio de citas por área de investigación

| Artes, Literatura, Filosofía y Humanidades | Ciencias Sociales                    | Derecho y Administración Pública | Cristalografía         | Antropología y Arqueología | Negocios y Economía          | Psicología y ciencias de la conducta | Geología y Geografía | Investigación de Operaciones | Telecomunicaciones  |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------------|---------------------|
| 2 (2).14                                   | 2 (4).1                              | 2 (4.5).82                       | 3 (3).66               | 3 (4).1.13                 | 3 (4.28).80                  | 3 (4.4).71                           | 3 (5.33).2.38        | 3 (5.57).1.69                | 3 (5.75).2.45       |
| Educación                                  | Sistemas de Control y Automatización | Energía                          | Ciencias Biológicas    | Matemáticas                | Agricultura                  | Ciencias de la Computación           | Alimentos            | Instrumentación              | Química: materiales |
| 3 (7).78                                   | 3 (7).32                             | 4 (8.25).2.80                    | 5 (7.2).1.15           | 5 (8).1.22                 | 5 (8.8).1.22                 | 6 (10.37).7.7                        | 7 (12.14).3.04       | 7 (62.57).6.59               | 8 (13.62).3.15      |
| Ciencia y tecnología                       | Ciencias Ambientales                 | Ingeniería                       | Ciencias de materiales | Neurociencias              | Química, Ciencias Biológicas | Óptica                               | Ciencias Biomédicas  | Astronomía y Astrofísica     | Física              |
| 8 (31).4.22                                | 9 (14.5).2.72                        | 9 (15.9).1.44                    | 10 (16.72).2.65        | 10 (24).5.10               | 11 (14.57).3.13              | 16 (29.75).2.44                      | 18 (27.94).3.17      | 34 (79.8).12.06              | 35 (91.94).10.71    |

Para cada área de investigación, se registra el índice  $h$ , a continuación y entre paréntesis, el promedio de citas de los  $h$  documentos que tienen al menos un número  $h$  de citas y, finalmente, se indica el número de citas promedio de todos los documentos del área.

#### IMPACTO DE LAS PUBLICACIONES DE UN SOLO AUTOR

En el *Cuadro 11* está indicado el número de citas de los escritos con un solo autor, con seis citas el máximo alcanzado (entre paréntesis se anota el número de autocitas). Del resto de los 33 documentos con un autor que cuentan por lo menos con una cita, siete tienen dos citas que son autocitas y dieciséis registran una autocita.

*Cuadro 11.* Enumeración de artículos escritos por un autor con tres citas o más

| INSTITUCIÓN           | Autor                        | Año  | Revista                             | Vol. | pag. | Citas*    |
|-----------------------|------------------------------|------|-------------------------------------|------|------|-----------|
| UAP                   | Castañeda, L.                | 2009 | Acta Materialia                     | 57   | 1385 | 6/7 (0)   |
| UAP                   | Escalante, Alberto           | 2009 | Physics Letters B                   | 676  | 105  | 5/7 (4/6) |
| FAC LAT CCSS & UPAEP  | Rojas, Mariano               | 2009 | Applied Research in Quality of Life | 4    | 179  | 5/5 (2)   |
| INAOE                 | Jovanovic Dolecek, G.        | 2009 | Electronics Letters                 | 45   | 1270 | 4/7 (1)   |
| UAP                   | Lorenzo Díaz-Cruz, J.        | 2008 | Physical Review Letters             | 100  |      | 4/6 (0)   |
| UAP                   | Binford, Leigh               | 2009 | Third World Quarterly               | 30   | 503  | 4/5 (0)   |
| INAOE                 | Barberis-Blostein, P.        | 2008 | Physical Review A                   | 77   |      | 4/4 (1)   |
| UDLA-P                | Ibarrá, Carlos               | 2008 | Cepal Review                        |      | 83   | 3/3 (0)   |
| CTR HEMATOL & MED INT | Ruiz-Arguëlles, Guillermo J. | 2010 | Hematology                          | 15   | 1    | 3/3 (2)   |
| UDLA-P                | Ibarrá, Carlos A.            | 2008 | Investigacion Economica             | 67   | 67   | 3/3 (2)   |

El número de citas sigue el mismo formato que hemos empleado antes, el cual consiste en señalar el número de citas registrado en las dos últimas búsquedas (febrero/mayo) separado por una barra, con la adición del número de autocitas entre paréntesis.

#### CARACTERÍSTICAS DE LAS PUBLICACIONES EN TÉRMINOS DE IDIOMA

De los 1,718 documentos que registran al menos una cita, solamente 45 fueron escritos en español: veintisiete de ellos con una sola cita, nueve citados dos veces, cinco tres veces, dos cuatro veces, tan solo un documento citado siete veces y otro más con diez citas. Del total de los 3,585 documentos registrados en el periodo analizado, sólo dos fueron escritos en portugués y otro de ellos en francés, estos tres textos no registran ninguna cita.

## REVISTAS CON EL MAYOR NÚMERO DE CITAS PARA DOCUMENTOS CON PARTICIPACIÓN POBLANA

Las treinta revistas con más citas acumuladas en las que publicaron investigadores poblanos se muestran en el *Cuadro 12*.

*Cuadro 12.* Publicaciones con el mayor número de citas en el periodo 2008-2012

| Revista   | Citas     |           |           |
|---|-----------|-----------|-----------|
|   | ago-12    | feb-13    | may-13    |
| Physical Review Letters                                     | 1225 (48) | 1745 (65) | 1924(65)  |
| Astrophysical Journal                                       | 1137 (72) | 1454 (82) | 1557 (82) |
| Physics Letters B   | 653 (39)  | 1438 (59) | 1844 (59) |
| Monthly Notices of the Royal Astronomical Society           | 961 (71)  | 1148 (77) | 1177 (77) |
| Astronomy & Astrophysics                                    | 785 (32)  | 960 (45)  | 1008 (45) |
| Journal of High Energy Physics                              | 320 (40)  | 602 (69)  | 688 (74)  |
| Astroparticle Physics                                       | 412 (14)  | 512 (15)  | 553 (15)  |
| European Physical Journal C                                 | 295 (12)  | 410 (20)  | 461 (21)  |
| Physical Review D   | 236 (43)  | 361 (55)  | 391 (55)  |
| Journal of Instrumentation                                  | 197 (6)   | 310 (10)  | 337 (10)  |
| Optics Letters  | 204 (29)  | 236 (35)  | 256 (35)  |
| Optics Express  | 174 (23)  | 212 (32)  | 231 (33)  |
| Nature  | 122 (2)   | 132 (2)   | 132 (2)   |
| Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A | 86 (8)    | 122 (8)   | 131 (8)   |
| Publications of the Astronomical Society of the Pacific     | 72 (2)    | 98 (3)    | 106 (3)   |
| Physical Review A   | 77 (11)   | 97 (12)   | 107 (12)  |
| Synapse   | 69 (16)   | 93 (18)   | 100 (18)  |
| Physical Review B   | 75 (13)   | 87 (16)   | 93 (16)   |
| Astronomical Journal  | 67 (11)   | 82 (12)   | 89(12)    |
| Progress in Optics, Vol 52                                  | 72 (1)    | 83 (1)    | 85 (1)    |
| Laser Physics   | 81 (13)   | 83 (15)   | 83 (15)   |
| Astrophysical Journal Letters                               | 52 (10)   | 73 (11)   | 78 (11)   |
| Physical Review C   | 39 (1)    | 71 (1)    | 79 (1)    |
| Journal of Chemical Neuroanatomy                            | 53 (3)    | 63 (3)    | 71 (3)    |
| Journal of Physical Chemistry C                             | 43 (7)    | 62 (7)    | 65 (7)    |
| Applied Physics Letters                                     | 48 (9)    | 61 (10)   | 65 (10)   |
| Science   | 40 (1)    | 57 (1)    | 65 (2)    |
| Bioresource Technology                                      | 41 (4)    | 52 (4)    | 57 (4)    |
| IEEE Journal of Quantum Electronics                         | 50 (4)    | 51 (4)    | 51 (4)    |
| Autoimmunity Reviews  | 41 (5)    | 51 (5)    | 56 (5)    |

Nota: entre paréntesis se indica el número de documentos registrados.

### REFLEXIONES FINALES

Como se desprende de este recorrido por la investigación en Puebla, según el registro de citas en la WoS, la Universidad Autónoma de Puebla y el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica son los organismos del

estado con mayor participación en los documentos más citados del periodo estudiado.

Por lo demás, la producción científica con participación de instituciones poblanas se concentra en las ciencias físicas y biomédicas. Esta producción es, asimismo, mayoritariamente proveniente de colaboraciones de carácter internacional. La producción académica y su impacto en la WoS son dependientes del área científica, como ya lo habían apreciado investigaciones previas (Dorta y Dorta, 2014).

Diversos autores han destacado previamente la relación entre el número de citas y el número de colaboradores, al tiempo que han puesto en evidencia la dificultad de evaluar el grado de participación de un científico o una institución en particular en proyectos en que colaboran decenas de investigadores (Dorta y Dorta, 2010). De manera significativa, la calidad de la producción científica se ha elevado como consecuencia de la colaboración de instituciones del estado de Puebla en proyectos internacionales, como los del CERN (ALICE, CMS), la Colaboración Pierre Auger, los proyectos del Gran Telescopio Milimétrico, el Herschel-ATLAS o los del consorcio SHADES.

No es posible sobrevalorar los logros que resultan de esos grandes proyectos que no sólo amplían nuestro conocimiento científico sino que generan desarrollos en instrumentación, ingeniería y tecnología. Además de que, por la naturaleza misma de los diversos problemas de investigación, resulta necesario integrar investigadores de diferentes disciplinas, instituciones y países (Bornmann y Leydesdorf, 2015). Esta colaboración internacional que hoy, en el estado de Puebla, es creciente en las áreas de física, astronomía y astrofísica, deberá desarrollarse en las áreas científicas de la psicología, la sociología o la economía, por citar sólo algunas.

La aplicación de metodologías mixtas de manera cada vez más sólida y generalizada es otra de las causas que genera la necesidad de formar equipos de investigación integrados por especialistas de diversas áreas académicas (Creswell, 2015). Esas metodologías requieren de análisis de datos (cuantitativos y cualitativos), que se basan en modelos matemáticos y programas de cómputo cada día más complejos.

Mención aparte merece una consideración sobre la autoría de los trabajos aquí comentados: las publicaciones más citadas presentan al menos tres autores, mientras que los textos de responsabilidad individual alcanzan un máximo de seis citas en el periodo elegido para el retrato de la investigación que hemos realizado. Advirtamos, además, que todos los escritos se redactan en inglés.

Una última nota para el lector: debe destacar el hecho de que, la relevancia que en la comunidad científica se ha otorgado a la información registrada

en la WoS, constituye sólo uno de los posibles criterios para evaluar la cantidad y calidad de la producción científica de un investigador, una institución, una región, un país. Es por demás evidente que hay más investigación en Puebla que sería puesta de manifiesto con otros criterios de evaluación de su impacto y con el análisis de otros sistemas de indexación con reconocimiento internacional.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Facultad de Psicología de la UAP y, en particular, A. Díaz-Furlong agradece el apoyo recibido por el Sistema Nacional de Investigadores y el CONACYT.

#### REFERENCIAS

- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2011a. Higher harmonic anisotropic flow measurements of charged particles in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV, *Physical Review Letters*, 107(3), 032301(10). DOI: <<10.1103/PhysRevLett.107.032301
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration-2011b. "Strange particle production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  TeV with ALICE at the LHC", *European Physical Journal C*, vol. 71: 1594. DOI: <10.1140/epjc/s10052-011-1594-5>.
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2010a. "Charged-particle multiplicity measurement in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  and 2.36 TeV with ALICE at LHC", *European Physical Journal C*, vol. 68: 89-108. DOI: <10.1140/epjc/s10052-010-1339-x>.
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2010b. "Charged-Particle Multiplicity Density at Midrapidity in Central Pb-Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 105, no. 25: 252301(11). DOI: <10.1103/PhysRevLett.105.252301>.
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2010c. "Charged-particle multiplicity measurement in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV with ALICE at LHC", *European Physical Journal C*, vol. 68: 345-354. DOI: <10.1140/epjc/s10052-010-1350-2>.
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2010d. "Elliptic flow of charged particles in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 105, no. 25: 252302(11). DOI: <<10.1103/PhysRevLett.105.252302>.
- Aamodt, K. *et al.*-ALICE collaboration. 2010e. "First proton-proton collisions at the LHC as observed with the ALICE detector: measurement of the charged-particle pseudorapidity density at  $\sqrt{s} = 900$  GeV", *European Physical Journal C*, vol. 65: 111-125. DOI: <10.1140/epjc/s10052-009-1227-4>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2008a- "Correlation of the highest-energy cosmic rays with the positions of nearby active galactic nuclei", *Astroparticle Physics*, vol. 29: 188-204. DOI: <10.1016/j.astropartphys.2008.01.002>.

- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2008b. "Observation of the suppression of the flux of cosmic rays above  $4 \times 10^{19}$  eV", *Physical Review Letters*, vol. 101, no 6: 061101(7). DOI: <10.1103/PhysRevLett.101.061101>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2008c. "Upper limit on the cosmic-ray photon flux above  $10^{19}$  eV using the surface detector of the Pierre Auger Observatory", *Astroparticle Physics*, vol. 29: 243-256. DOI: <10.1016/j.astropartphys.2008.01.003>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2008d. "Upper limit on the diffuse flux of ultrahigh energy tau neutrinos from the Pierre Auger Observatory", *Physical Review Letters*, vol. 100, no. 21: 211101(7). DOI: <10.1103/PhysRevLett.100.211101>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2010a. "Measurement of the depth of maximum of extensive air showers above  $10^{18}$  eV", *Physical Review Letters*, vol. 104, no. 9: 091101(7). DOI: <10.1103/PhysRevLett.104.091101>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2010b. "Measurement of the energy spectrum of cosmic rays above  $10^{18}$  eV using the Pierre Auger Observatory", *Physics Letters B*, vol. 685: 239-246. DOI: <10.1016/j.physletb.2010.02.013>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration- 2010c. "The fluorescence detector of the Pierre Auger Observatory", *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A - Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment*, vol. 620: 227-251. DOI: <10.1016/j.nima.2010.04.023>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2009a. "Limit on the diffuse flux of ultrahigh energy tau neutrinos with the surface detector of the Pierre Auger Observatory", *Physical Review D*, 79(10), 102001(15). DOI: <10.1103/PhysRevD.79.102001>.
- Abraham, J. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2009b. "Upper limit on the cosmic-ray photon fraction at EeV energies from the Pierre Auger Observatory", *Astroparticle Physics*, vol. 31: 399-406. DOI: <10.1016/j.astropartphys.2009.04.003>.
- Abreu, P. *et al.*-The Pierre Auger Collaboration. 2010. "Update on the correlation of the highest energy cosmic rays with nearby extragalactic matter", *Astroparticle Physics*, vol. 34: 314-326. DOI: <10.1016/j.astropartphys.2010.08.010>.
- ALICE collaboration. 2011a. "Centrality dependence of the charged-particle multiplicity density at midrapidity in Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 106: 3: 032301(10). DOI: <10.1103/PhysRevLett.106.032301>.
- ALICE collaboration. 2011b. "Suppression of charged particle production at large transverse momentum in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 696:30-39. DOI: <10.1016/j.physletb.2010.12.020>.
- ALICE collaboration. 2011c. "Two-pion Bose-Einstein correlations in central Pb-Pb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 696: 328-337. DOI: <10.1016/j.physletb.2010.12.053>.

- ALICE collaboration. 2010a. "Alignment of the ALICE Inner Tracking System with cosmic-ray tracks", *Journal of Instrumentation*, vol. 5: P03003. DOI: <10.1088/1748-0221/5/03/P03003>.
- ALICE collaboration. 2010b. "Transverse momentum spectra of charged particles in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 900$  GeV with ALICE at the LHC", *Physics Letters B*, vol. 693: 53-68. DOI: <10.1016/j.physletb.2010.08.026>.
- ALICE collaboration. 2008. "The ALICE experiment at the CERN LHC", *Journal of Instrumentation*, vol. 3: S08002. DOI: <10.1088/1748-0221/3/08/S08002>.
- Allekotte, I. et al.-The Pierre Auger Collaboration. 2008. "The surface detector system of the Pierre Auger Observatory", *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section A - Accelerators Spectrometers Detectors and Associated Equipment*, vol. 586: 409-420. DOI: <10.1016/j.nima.2007.12.016>.
- Alquicer, G. et al. 2008. "Postweaning social isolation enhances morphological changes in the neonatal ventral hippocampal lesion rat model of psychosis", *Journal of Chemical Neuroanatomy*, vol. 35: 179-187. DOI: <10.1016/j.jchemneu.2007.10.001>.
- Althouse, B.M., J.D. West, C.T. Bergstrom y T. Bergstrom. 2009. "Differences in impact factor across fields and over time", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 60, no. 1: 27-34. DOI: <10.1002/asi.20936>.
- Amblard, A. et al. 2010. "Herschel-ATLAS: Dust temperature and redshift distribution of SPIRE and PACS detected sources using submillimetre colours", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 518: L9. DOI: <10.1051/0004-6361/201014586>.
- Austermann, J.E. et al. 2010. "AZTEC half square degree survey of the SHADES fields - I. Maps, catalogues and source counts", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 401: 160-176. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2009.15620.x>.
- Austermann, J.E. et al. 2009. "AZTEC Millimetre Survey of the cosmos field - II. Source count overdensity and correlations with large-scale structure", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 393: 1573-1583. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.14284.x>.
- Basilakos, S. et al. 2009. "Hubble expansion and structure formation in time varying vacuum models", *Physical Review D*, vol. 80, no. 8: 083511(19). DOI: <10.1103/PhysRevD.80.083511>.
- Bisgaard, H. et al. 2008. "Study of montelukast for the treatment of respiratory symptoms of post-respiratory syncytial virus bronchiolitis in children", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol. 178: 854-860. DOI: <10.1164/rccm.200706-910OC>.
- Bornmann, L. y L. Leydesdorf. 2015. "Topical connections between the institutions within an organisation (institutional co-authorships, direct citation links and co-citations)", *Scientometrics*, vol. 102: 455-463. DOI: <10.1007/s11192-014-1425-1>.

- Bosman, M. y T.R. Anoro. 2012. "La búsqueda del bosón de Higgs", *Investigación y Ciencia*, vol. 432: 16-23.
- Chapin, E.L. *et al.* 2009. "An AZTEC 1.1 mm survey of the GOODS-N field - II. Multiwavelength identifications and redshift distribution, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 398: 1793-1808. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2009.15267.x>.
- Chapin, E.L. *et al.* 2008. "The Balloon-borne Large Aperture Submillimeter Telescope (BLAST) 2005: A 4 deg<sup>2</sup> Galactic plane survey in Vulpecula ( $l = 59^\circ$ )", *Astrophysical Journal*, vol. 681: 428-452. DOI: <10.1086/588544>.
- Chatrchyan, S. *et al.*- CMS collaboration. 2012. "Search for the Standard Model Higgs Boson in the Decay Channel  $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$  in  $pp$  Collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 108, no. 11: 111804(17). DOI: <10.1103/PhysRevLett.108.111804>.
- Chatrchyan, S. *et al.*- CMS collaboration. 2011a. "Indications of suppression of excited upilon states in Pb-Pb Collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 107, no. 5: 052302(15). DOI: <10.1103/PhysRevLett.107.052302>.
- Chatrchyan, S. *et al.*-CMS collaboration. 2011b. "Observation and studies of jet quenching in PbPb collisions at  $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$  TeV", *Physical Review C*, vol. 84, no. 2: 024906(26). DOI: <10.1103/PhysRevC.84.024906>.
- Chatrchyan, S. *et al.*-CMS collaboration. 2011c. "Search for neutral minimal supersymmetric standard model Higgs bosons decaying to tau pairs in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physical Review Letter*, vol. 106, no. 23: 231801(15). DOI: <10.1103/PhysRevLett.106.231801>.
- Clements, D.L. *et al.* 2008. "The SCUBA Half-Degree Extragalactic Survey (SHADES) - VIII. The nature of faint submillimetre galaxies in SHADES, SWIRE and SXDF surveys", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 387: 247-267. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.13172.x>.
- CMS collaboration. 2012a. "Combined results of searches for the standard model Higgs boson in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 710: 26-48. DOI: <10.1016/j.physletb.2012.02.064>.
- CMS collaboration. 2012b. "Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC", *Physics Letters B*, vol. 716: 30-61. DOI: <10.1016/j.physletb.2012.08.021>.
- CMS collaboration. 2012c. "Search for neutral Higgs bosons decaying to tau pairs in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 713: 68-90. DOI: <10.1016/j.physletb.2012.05.028>.
- CMS collaboration. 2012d. "Search for the standard model Higgs boson decaying into two photons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 710: 403-425. DOI: <10.1016/j.physletb.2012.03.003>.
- CMS collaboration. 2012e. "Search for the standard model Higgs boson decaying to  $W+W^-$  in the fully leptonic final state in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 710: 91-113. DOI: <10.1016/j.physletb.2012.02.076>.

- CMS collaboration. 2011a. "Determination of jet energy calibration and transverse momentum resolution in CMS", *Journal of Instrumentation*, vol. 6, P11002. DOI: <10.1088/1748-0221/6/11/P11002>.
- CMS collaboration. 2011b. "First measurement of the cross section for top-quark pair production in proton-proton collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 695: 424-443. DOI: <10.1016/j.physletb.2010.11.058>.
- CMS collaboration. 2011c. "Measurements of inclusive W and Z cross sections in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Journal of High Energy Physics*, vol. 1: 1-40. DOI: <10.1007/JHEP01(2011)080>.
- CMS collaboration. 2011d. "Measurement of  $W+W^-$  production and search for the Higgs boson in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physics Letters B*, vol. 699: 25-47. DOI: <10.1016/j.physletb.2011.03.056>.
- CMS collaboration. 2011f. "Prompt and non-prompt J/psi production in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *European Physical Journal C*, vol. 71, no. 1575. DOI: <10.1140/epjc/s10052-011-1575-8>.
- CMS collaboration. 2011g. "Search for resonances in the dijet mass spectrum from 7 TeV  $pp$  collisions at CMS", *Physics Letters B*, vol. 704: 123-142. DOI: <10.1016/j.physletb.2011.09.015>.
- CMS collaboration. 2011h. "Search for supersymmetry at the LHC in events with jets and missing transverse energy", *Physical Review Letters*, vol. 107, no. 22: 221804(16). DOI: <10.1103/PhysRevLett.107.221804>.
- CMS collaboration. 2011i. "Search for supersymmetry in  $pp$  collisions at 7 TeV in events with jets and missing transverse energy", *Physics Letters B*, vol. 698: 196-218. DOI: <10.1016/j.physletb.2011.03.021>.
- CMS collaboration. 2010a. "Observation of long-range, near-side angular correlations in proton-proton collisions at the LHC", *Journal of High Energy Physics*, vol. 9, no. 91. DOI: <10.1007/JHEP09(2010)091>.
- CMS collaboration. 2010b. "Search for dijet resonances in 7 TeV  $pp$  collisions at CMS", *Physical Review Letters*, vol. 105, no. 21: 211801 (14). DOI: <10.1103/PhysRevLett.105.211801>.
- CMS collaboration. 2010c. "Transverse-momentum and pseudorapidity distributions of charged hadrons in  $pp$  collisions at  $\sqrt{s} = 0.9$  and 2.36 TeV", *Journal of High Energy Physics*, vol. 2, no. 41. DOI: <10.1007/JHEP02(2010)041>.
- Colberg, J.M. *et al.* 2008. "The Aspen-Amsterdam void finder comparison project", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 387: 933-944. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.13307.x>.
- Coppin, K. *et al.* 2008. "The SCUBA HALF degree extragalactic survey - VI. 350- $\mu$ m mapping of submillimetre galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 384, 1597-1610. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2007.12808.x>.

- Creswell, J.W. 2015. *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*, Londres: Sage.
- Das, S. *et al.* 2011. "The Atacama cosmology telescope: A measurement of the cosmic microwave background power spectrum at 148 and 218 GHz from the 2008 southern survey", *Astrophysical Journal*, vol. 729, no. 62. DOI: <10.1088/0004-637X/729/1/62>.
- Devlin, M.J. *et al.* 2009. "Over half of the far-infrared background light comes from galaxies at  $z \geq 1.2$ ", *Nature*, no. 458: 737-739. DOI: <10.1038/nature07918>.
- Dorta González, M.I. y P. Dorta González. 2014. "Factor de impacto agregado según campos científicos", *Investigación Bibliotecológica*, vol. 28:15-28.
- Dorta González, M.I. y P. Dorta González. 2010. "Indicador bibliométrico basado en el índice *h*", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 33: 225-245. DOI: <10.3989/redc.2010.2.733>.
- Dunkley, J. *et al.* 2011. "The Atacama cosmology telescope: cosmological parameters from the 2008 power spectra", *Astrophysical Journal*, vol. 739: 1-20. DOI: <10.1088/0004-637X/739/1/52>.
- Dye, S. *et al.* 2009. "Radio and mid-infrared identification of BLAST source counterparts in the Chandra Deep Field South", *Astrophysical Journal*, vol. 703: 285-299. DOI: <10.1088/0004-637X/703/1/285>.
- Dye, S. *et al.* 2008. "The SCUBA Half degree extragalactic survey (SHADES) - VII. Optical/IR photometry and stellar masses of submillimetre galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 386: 1107-1130. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.13113.x>.
- Eales, S. *et al.* 2010. "The Herschel ATLAS", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol. 122: 499-515.
- Eaves-Pyles, T. *et al.* 2008. "*Escherichia coli* isolated from a Crohn's disease patient adheres, invades, and induces inflammatory responses in polarized intestinal epithelial cells", *International Journal of Medical Microbiology*, vol. 298: 397-409. DOI: <10.1016/j.ijmm.2007.05.011>.
- Fowler, J.W. *et al.* 2010. "The Atacama cosmology telescope: A measurement of the 600 <math>l < 8000</math> cosmic microwave background power spectrum at 148 GHz", *Astrophysical Journal*, vol. 722: 1148-1161. DOI: <10.1088/0004-637X/722/2/1148>.
- Ganapathy, R. *et al.* 2008. "Soliton interaction under soliton dispersion management", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 44: 383-390. DOI: <10.1109/JQE.2007.914778>.
- García-Carrasco, M. *et al.* 2009. "Use of rituximab in patients with systemic lupus erythematosus: An update", *Autoimmunity Reviews*, vol. 8: 343-348. DOI: <10.1016/j.autrev.2008.11.006>.

- Gómez-Almaguer, D. et al. 2008. "Alemtuzumab for the treatment of steroid-refractory acute graft-versus-host disease", *Biology of Blood and Marrow Transplantation*, vol. 14: 10-15. doi: <10.1016/j.bbmt.2007.08.052>.
- Gutermuth, R.A. et al. 2008. "Spitzer observations of NGC 1333: A study of structure and evolution in a nearby embedded cluster", *Astrophysical Journal*, vol. 674: 336-356. DOI: <10.1086/524722>.
- Hägele, G.F. et al. 2008. "Precision abundance analysis of bright HII galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 383: 209-229. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2007.12527.x>.
- Hickmann, J.M. et al. 2010. "Unveiling a Truncated Optical Lattice Associated with a Triangular Aperture Using Light's Orbital Angular Momentum", *Physical Review Letters*, vol. 105, no. 5: 053904(4). DOI: <10.1103/PhysRevLett.105.053904>.
- Hincks, A.D. et al. 2010. "The Atacama Cosmology Telescope (ACT): Beam profiles and First SZ cluster maps", *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 191: 423-438. DOI: <10.1088/0067-0049/191/2/423>.
- Hirsch, J.E. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research output", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 102: 16569-16572. DOI: <10.1073/pnas.0507655102>.
- Iocco, F. et al. 2008. "Dark matter annihilation effects on the first stars", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390: 1655-1669. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.13853.x>.
- Iverson, R.J. et al. 2010. "BLAST: The far-infrared/radio correlation in distant galaxies", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 402: 245-258. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2009.15918.x>.
- Juárez, Y. et al. 2009. "The metallicity of the most distant quasars", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 494: L25-L28. DOI: <10.1051/0004-6361:200811415>.
- Kartashov, Y.V., B.A. Malomed, V.A. Vysloukh y L. Torner. 2009a. "Two-dimensional solitons in nonlinear lattices", *Optics Letters*, vol. 34: 770-772.
- Kartashov, Y.V., V.A. Vysloukh y L. Torner. 2009b. "Soliton shape and mobility control in optical lattices", *Progress in Optics*, vol. 52: 63-148. DOI: <10.1016/S0079-6638(08)00004-8>.
- Khachatryan V. et al.-CMS collaboration. 2010. "Transverse-momentum and pseudorapidity distributions of charged hadrons in *pp* collisions at  $\sqrt{s} = 7$  TeV", *Physical Review Letters*, vol. 105, no. 2: 022002(14). DOI: <10.1103/PhysRevLett.105.022002>.
- Kuhl, U. et al. 2008. "Enhancement of localization in one-dimensional random potentials with long-range correlations", *Physical Review Letters*, vol. 100, no. 12: 126402(4). DOI: <10.1103/PhysRevLett.100.126402>.
- Lara, C. et al. 2009. "Childhood predictors of adult attention-deficit/hyperactivity disorder: Results from the World Health Organization World Mental Health

- Survey Initiative”, *Biological Psychiatry*, vol. 65: 46-54. DOI: <10.1016/j.biopsych.2008.10.005>.
- Liu, H.B *et al.* 2008. “Thermodynamic stability and melting mechanism of bimetallic Au-Pt nanoparticles”, *Journal of Physical Chemistry C*, vol. 112: 19173-19177. DOI: <10.1021/jp802804u>.
- Marigo, P. *et al.* 2008. “Evolution of asymptotic giant branch stars - II. Optical to far-infrared isochrones with improved TP-AGB models”, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 482: 883-905. DOI: <10.1051/0004-6361:20078467>.
- Marriage, T.A. *et al.* 2011. “The Atacama Cosmology Telescope: Sunyaev-Zel’dovich-selected galaxy clusters at 148 GHz in the 2008 survey”, *Astrophysical Journal*, vol. 737, no. 61. DOI: <10.1088/0004-637X/737/2/61>.
- Marsden, G. *et al.* 2009. “BLAST: Resolving the cosmic submillimeter background”, *Astrophysical Journal*, vol. 707: 1729-1739. DOI: <10.1088/0004-637X/707/2/1729>.
- Martínez Huitle, C.A. *et al.* 2008. “Removal of the pesticide methamidophos from aqueous solutions by electrooxidation using Pb/PbO<sub>2</sub>, Ti/SnO<sub>2</sub>, and Si/BDD electrodes”, *Environmental Science & Technology*, vol. 42: 6929-6935. DOI: <10.1021/es8008419>.
- Martínez Téllez, R.I. *et al.* 2009. “Prenatal stress alters spine density and dendritic length of nucleus accumbens and hippocampus neurons in rat offspring”, *Synapse*, vol. 63: 794-804. DOI: <10.1002/syn.20664>.
- Miller, P.J. *et al.* 2010. “Newcastle disease: Evolution of genotypes and the related diagnostic challenges”, *Infection Genetics and Evolution*, vol. 10: 26-35. DOI: <10.1016/j.meegid.2009.09.012>.
- Negrello, M. *et al.* 2010. “The detection of a population of submillimeter-bright, strongly lensed galaxies”, *Science*, no. 330: 800-804. DOI: <10.1126/science.1193420>.
- Netterfield, C.B. *et al.* 2009. “BLAST: The mass function, lifetimes, and properties of intermediate mass cores from a 50 square degree submillimeter galactic survey in Vela ( $l \approx 265^\circ$ )”, *Astrophysical Journal*, vol. 707: 1824-1835. DOI: <10.1088/0004-637X/707/2/1824>.
- Pascale, E. *et al.* 2008. “The Balloon-borne Large Aperture Submillimeter Telescope: BLAST”, *Astrophysical Journal*, vol. 681: 400-414. DOI: <10.1086/588541>.
- Pascale, E. *et al.* 2009. “BLAST: A far-infrared measurement of the history of star formation”, *Astrophysical Journal*, vol. 707: 1740-1749. DOI: <10.1088/0004-637X/707/2/1740>.
- Patanchon, G. *et al.* 2008. “Sanepic: A mapmaking method for time stream data from large arrays”, *Astrophysical Journal*, vol. 681: 708-725. DOI: <10.1086/588543>.

- Patanchon, G. et al. 2009. "Submillimeter number counts from statistical analysis of blast maps", *Astrophysical Journal*, vol. 707: 1750-1765. doi: <10.1088/0004-637X/707/2/1750>.
- Perera, T.A. et al. 2008. "An AZTEC 1.1 mm survey of the GOODS-N field - I. Maps, catalogue and source statistics", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 391: 1227-1238. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.13902.x>.
- Real Academia Española. 2014. *Diccionario de la lengua española*, 23ª ed. Madrid: Espasa Calpe.
- Ramírez San-Juan, J.C. et al. 2008. "Impact of velocity distribution assumption on simplified laser speckle imaging equation", *Optics Express*, vol. 16: 3197-3203. DOI: <10.1364/OE.16.003197>
- Rodríguez Zurita, G. et al. 2008. "One-shot phase-shifting phase-grating interferometry with modulation of polarization: case of four interferograms", *Optics Express*, vol. 16, 7806-7817. DOI: <10.1364/OE.16.007806>.
- Saldaña, Z. et al. 2009. "Synergistic role of curli and cellulose in cell adherence and biofilm formation of attaching and effacing *Escherichia coli* and identification of Fis as a negative regulator of curli", *Environmental Microbiology*, vol. 11: 992-1006. DOI: <10.1111/j.1462-2920.2008.01824.x>.
- Scior, T. et al. 2009. "How to recognize and workaroud pitfalls in QSAR studies: A critical review", *Current Medicinal Chemistry*, vol. 16: 4297-4313.
- Scott, K.S. et al. 2008. "AZTEC millimetre survey of the cosmos field - I. Data reduction and source catalogue", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 385: 2225-2238. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2008.12989.x>.
- Scott, K.S. et al. 2010. "Deep 1.1 mm-wavelength imaging of the GOODS-S field by AZTEC /ASTE - I. Source catalogue and number counts", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 405: 2260-2278. DOI: <10.1111/j.1365-2966.2010.16644.x>.
- Sehgal, N. et al. 2011. "The Atacama Cosmology Telescope: Cosmology from galaxy clusters detected via the Sunyaev-Zel'dovich effect", *Astrophysical Journal*, vol. 732, no. 44. DOI: <10.1088/0004-637X/732/1/44>.
- Serkin, V.N. et al. 2010. "Nonautonomous matter-wave solitons near the Feshbach resonance", *Physical Review A*, vol. 81, no. 2: 023610(19). DOI: <10.1103/PhysRevA.81.023610>.
- Szameit, A. et al. 2009. "Inhibition of light tunneling in waveguide arrays", *Physical Review Letters*, vol. 102, no. 15: 153901(4). DOI: <10.1103/PhysRevLett.102.153901>.
- Testa, J. 2003. "The Thomson ISI Journal selection process", *Serials Review*, vol. 29, no. 3: 210-212. DOI: <10.1016/S0098-7913(03)00063-7>.
- Vega, O. et al. 2008. "Modelling the spectral energy distribution of ULIRGS - II. The energetic environment and the dense interstellar medium", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 484, no. 631: U29. DOI: <10.1051/0004-6361:20078883>.

Viero, M.P. *et al.* 2009. "BLAST: Correlations in the cosmic far-infrared background at 250, 350, and 500  $\mu\text{m}$  reveal clustering of star-forming galaxies", *Astrophysical Journal*, vol. 707: 1766-1778. DOI: <10.1088/0004-637X/707/2/1766>.

*Para citar este texto:*

Díaz-Cárdenas, Alfonso Felipe; Sankey-García, María del Rayo; Díaz-Furlong, Alfonso; Díaz-Furlong, Héctor Adrián; Xoxocotzi-Aguilar, Reyna; Vázquez-López, José Jaime; Apam-García, Cynthia. 2017. "Características de la producción científica de instituciones de Puebla indexada en la Web of Science". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 43-77.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57885>

# Revisión bibliométrica de las Ciencias de la Información en América Latina y el Caribe

Rubén Sánchez-Perdomo  
Marinelsy Rosario-Sierra  
Darlenis Herrera-Vallejera  
Yaniris Rodríguez-Sánchez\*  
Humberto Carrillo-Calvet\*\*

*Artículo recibido:*  
9 de noviembre de 2015

*Artículo aceptado:*  
22 de agosto de 2016

## RESUMEN

La bibliometría se ha utilizado para la evaluación de las diferentes áreas del conocimiento, con el objetivo de definir políticas de evaluación a los investigadores, así como definir líneas de investigación. Las ciencias aplicadas generalmente han sido las más estudiadas, no obstante, se conoce que el caso de las ciencias sociales tiene un comportamiento diferente. Por ello esta investigación describe el comportamiento bibliométrico de la temática Ciencias de la Información

\* Instituto de Información Científica y Tecnológica, La Habana, Cuba. ruben.sanchez@idict.cu, marinelsy.rosario@idict.cu, darlenis.vallejera@idict.cu, yaniris@idict.cu.

\*\* Facultad de Ciencias/Centro de Ciencias de la Complejidad, UNAM. México. carr@unam.mx.

en América Latina y el Caribe; teniendo en cuenta las dimensiones de la producción científica, el impacto, la colaboración y la evaluación bibliométrica a nivel individual. Se utilizó para el análisis bibliométrico de los artículos científicos elaborados en la base de datos Scopus; en el periodo 2008-2012 en relación con la materia de Ciencias de la Información. Para el procesamiento y visualización de los datos, se utilizaron los programas Ucinet y Bibexcel, respectivamente. Se determinó que los investigadores de América Latina tienen el hábito de publicar sus resultados de investigación en revistas regionales. Aunque la colaboración nacional es predominante, Europa es el continente que estableció una cooperación más estrecha con América Latina. Brasil se destacó en las dimensiones de la producción, el impacto y la colaboración. La mayor influencia en la comunidad científica se obtuvo con las revistas de alto factor de impacto. Se concluye que se debe fortalecer la cultura de la publicación por parte de los investigadores de la región en revistas internacionales.

**Palabras clave:** Evaluación bibliométrica; Ciencias de la Información; América Latina y el Caribe; Producción científica; Impacto científico; Colaboración científica.

**Scientometric study of scientific activity of Cuba in the Natural Sciences and Engineering and Mathematics-Computer**

*Rubén Sánchez-Perdomo, Marinelsy Rosario-Sierra, Darlenis Herrera-Vallejera, Yaniris Rodríguez-Sánchez and Humberto Carrillo-Calvet*

**ABSTRACT**

Bibliometrics was used to evaluate the different areas of knowledge, with the aim of defining policies for evaluation researchers and define lines of research. The applied sciences have generally been the most

studied, however it is known that the case of the social sciences have a different behavior. That is why this research describes the behavior of the subject bibliometric Information Sciences in Latin America and the Caribbean; taking into account the dimensions of scientific production, impact, collaboration and bibliometric assessment at the individual level. Bibliometric analysis from scientific papers processed in the Scopus database; in the period 2008 to 2012 related to the subject area of Information Sciences were used as techniques. For processing and displaying was used the Bibexcel and the Ucinet programs. It was determined that Latin American researchers have the habit of publishing their research results in regional magazines. Although national collaboration is predominantly, Europe is the continent which established closer cooperation with Latin America. Brazil stood out in the dimensions of production, impact and collaboration. The greatest influence on the scientific community was obtained with the journals of high impact factor. It is concluded that should strengthen the culture of publication by researchers from the region in international journals.

**Keywords:** Bibliometric evaluation; Information science; Latin America and Caribbean; Scientific production; Scientific impact; Scientific collaboration.

## INTRODUCCIÓN

**D**ado los gastos que generan las investigaciones científicas, debido a los actuales cambios económicos en la sociedad, es necesario conocer las fortalezas en cada área de especialización del quehacer investigativo. Desde esta perspectiva, cobra gran relevancia la evaluación científica como apoyo para la toma de decisiones, así como para el diseño de políticas científicas coherentes con el momento actual.

En este sentido, los estudios métricos de la información constituyen una disciplina instrumental para la gestión del conocimiento, debido a lo cual el análisis del desempeño científico de los investigadores en el campo de las

Ciencias de la Información cobra especial interés. Dicho campo ha sido escasamente caracterizado desde la perspectiva métrica para la región de América Latina y el Caribe (De Moya y Herrero, 2001; López, 2002; Russell *et al.*, 2007; Herrero y Liberatore, 2008). En el área de las ciencias sociales en México se han realizado diferentes estudios que contribuyen al acervo investigativo de la región (Licea *et al.*, 2000; Torres, 2009; Luna, 2012; Luna *et al.*, 2013; Restrepo, 2015; Sánchez *et al.*, 2015).

Estas evaluaciones se realizan en la actualidad fundamentalmente para determinar entre varios aspectos: autores líderes, características citacionales y visibilidad de los resultados de investigación. Entre los indicadores utilizados para ello se encuentra el índice de especialización temática (Frame, 1977), la tasa de variación (Arencibia, 2010), el índice *h* (Hirsch, 2005), el índice *G* (Egghe, 2006), el índice *A* (Jin *et al.*, 2006) y el índice *R* (Jin, 2006: 8-9), entre otros, que son utilizados en correspondencia con la metodología por la cual se evalúe.

Para el caso de la evaluación de los investigadores, los indicadores bibliométricos más empleados son los basados en el índice *h*, sin embargo, este indicador ha sido muy cuestionado en la literatura, por las limitaciones que posee, como depende de la duración de la carrera de cada científico, porque el cúmulo de publicaciones y citas aumenta con el paso del tiempo, sesga a los investigadores jóvenes (Kelly, 2006), los escritos altamente citados son importantes para la determinación del índice *h*, pero una vez que forman parte del núcleo *h*, es poco importante el número de citas que reciben (Costas y Bordons, 2007), ya que el índice *h* es fácil de obtener, se incrementa el riesgo del uso indiscriminado, como confiar sólo en éste para la valoración de científicos (Martin, 1996), el uso del índice *h* provocaría cambios en el comportamiento de las publicaciones de científicos, un incremento no real en el número de autocitas distribuidas dentro del núcleo *h* (Van Raan, 2006), debido a lo cual surgieron algunos índices como alternativas para evaluar a los investigadores a partir de los resultados de investigación publicados, tal es el caso del Índice multifactorial (Rodríguez y Piloto, 2012).

La aplicación de este índice sería un método alternativo para valorar el esfuerzo que realizan los investigadores de la comunidad científica de las Ciencias de la Información a este campo disciplinar. En este orden de ideas la investigación tiene como objetivo analizar el comportamiento de la actividad científica de los investigadores de América Latina y el Caribe en el área de las Ciencias de la Información, a través de las dimensiones de producción científica, impacto, colaboración y la evaluación bibliométrica a nivel individual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología empleada la desarrolló el Departamento de Servicio de Información del Instituto de Información Científica y Tecnológica (IDICT) de Cuba. Basada en la tesis doctoral “Metodología bibliométrica para la evaluación de la actividad científica” (Rodríguez, 2012), metodología que analiza cuatro dimensiones bibliométricas: 1) dimensión de producción científica (cantidad de artículos publicados por año, revista, países, cuartiles y autores), 2) dimensión del impacto científico (artículos citados y citas recibidas por año, revista, países y autores), 3) dimensión de la colaboración científica (colaboración nacional, internacional y artículos sin colaboración) y 4) la dimensión de la evaluación bibliométrica a nivel individual (índice multifactorial y el índice *h*). Los niveles de agregación con los que se trabajaron fueron macro (país, región) y micro (autores).

Se utilizó como población el total de revistas relacionadas con la temática de Ciencias de la Información indizadas en Scopus, a partir de la cual se extrajo la producción científica correspondiente a la región de América Latina y el Caribe durante el periodo 2008-2012.

Como estrategia de búsqueda, se utilizó el portal Scimago Journal and Country Rank para obtener el listado de las revistas especializadas en la categoría Library and Information Science. Con estas revistas, a través del campo ISSN, se realizó una búsqueda de cada una de éstas en Scopus. Empleando la división política administrativa dada por la División Estadística de la onu, se acotó la búsqueda de los países pertenecientes a la región de estudio. Para el análisis de los autores se seleccionaron todos los que pertenecen a la región de América Latina y el Caribe, excluyendo a los extranjeros que firmaron la coautoría en cada artículo, los cuales sólo se tuvieron en cuenta para la dimensión de colaboración científica.

La información correspondiente al periodo 2008-2012 se descargó de la base de datos Scopus en 2015 (periodo de ventana de citas de tres años). Estos datos se exportaron al gestor bibliográfico EndNote X6, en el cual se eliminaron duplicados y se normalizó la firma de los autores y su país de procedencia; mediante los datos correspondientes a los campos Author y Author Address.

Al finalizar este proceso, se obtuvo un total de 772 artículos científicos, publicados en 67 revistas cuya temática es las Ciencias de la Información, artículos que son los resultados de investigación de dieciocho países de América Latina y el Caribe. Se utilizó para la tabulación de los resultados Microsoft Excel para la obtención de matrices de co-ocurrencia el programa BibExcel (<<http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel/>>) y para la visualización

de las matrices de co-ocurrencia los programas Ucinet y NetDraw (<<http://www.analytictech.com/ucinet/trial.htm>>).

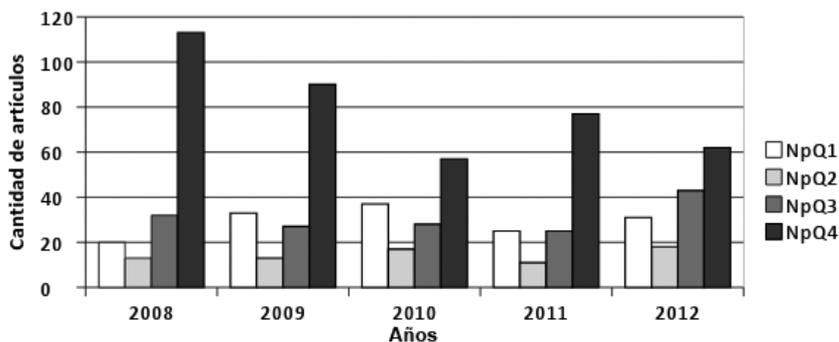
## RESULTADOS

### *Dimensión de producción científica*

#### *Productividad por años, según los grupos de impacto del Scimago Journal and Country Rank (SJ&CR)*

En el análisis de la producción científica del área de las Ciencias de la Información en América Latina y el Caribe, se identificó un promedio anual de 154 artículos publicados. El año más productivo fue 2008, con 178 artículos publicados, a diferencia de 2011, el año de menor producción científica con 138 artículos publicados (figura 1).

*Figura 1. Distribución de la productividad de los investigadores de América Latina y el Caribe en el área de las Ciencias de la Información según los cuartiles de impacto del (SJ&CR)*



Nota: NpQ1: artículos publicados en el cuartil uno, NpQ2: artículos publicados en el cuartil dos, NpQ3: artículos publicados en el cuartil tres, NpQ4: artículos publicados en el cuartil cuatro.

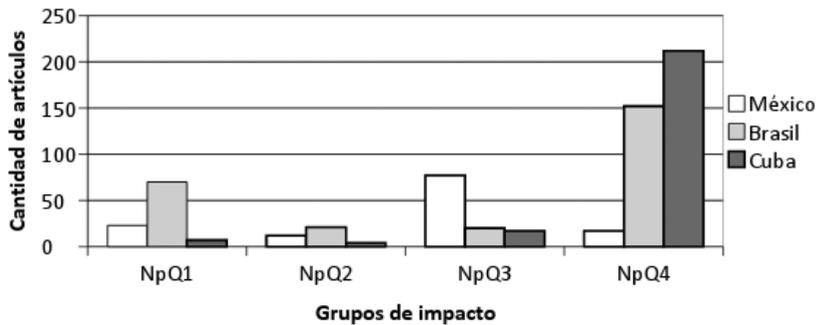
Al analizar la producción científica, según los grupos de impacto, se identificó que de los 772 artículos, el 52% de éstos se publicaron en revistas del cuartil cuatro, sin embargo, la producción científica en este cuartil se ha comportado de manera inestable, con una tendencia a disminuir, a diferencia de los dos primeros cuartiles de la base de datos, en los que aumenta de manera general. Se identificó que las revistas de alta visibilidad procesadas en estos cuartiles son las que menos se emplean para certificar y difundir los

resultados de investigaciones de la comunidad científica regional, ya que son en idioma inglés. La barrera del idioma es un factor que ha sido una cuestión analizada por los editores de diferentes revistas, incluso algunos han tomado estrategias para dar solución a estas cuestiones (Gastroenterol Hepatol., 2005; Plos Medicine, 2006: 0147).

**Productividad por países según (SJ&CR)**

América Latina y el Caribe está conformada por un total de cincuenta países, de los cuales sólo dieciocho contribuyeron en resultados de investigación en el área de las Ciencias de la Información. En la *Figura 2* se muestran los tres países más productivos de la región:

*Figura 2.* Distribución de los países más productivos respecto de los cuartiles de impacto del Scimago Journal and Country Rank (SJ&CR)



Nota: países con más de cien artículos publicados en el periodo. NpQ1: artículos publicados en el cuartil uno, NpQ2: artículos publicados en el cuartil dos, NpQ3: artículos publicados en el cuartil tres, NpQ4: artículos publicados en el cuartil cuatro.

La producción científica de estos tres países representa el 81% del total de la producción científica de la región. Se identificó a Brasil con la mayor producción científica dentro de la región, con 263 artículos publicados; le sigue Cuba, con 240 contribuciones y, por último, se destaca México, con 129 artículos publicados.

Señalar que la producción científica de Brasil es líder en los dos primeros cuartiles, con el 35% de artículos publicados respecto del total, en estos grupos de impacto. México es líder en el cuartil tres, con un 60% de todas sus contribuciones. A diferencia de Cuba, que tiene el 88% de su producción científica distribuida en el cuartil cuatro.

### *Productividad por revistas según SJ&CR*

El análisis de la productividad atendiendo a la fuente de publicación permitió identificar el núcleo de revistas más usadas, como medio para validar el conocimiento generado en el área de las Ciencias de la Información. Así pues, señalar que, del total de revistas analizadas (67), el 33% y 30% de las fuentes se ubican en el primer y segundo cuartil, mientras que el 18 y 19% se procesaron en el tercer y cuarto cuartil, respectivamente (*Cuadro 1*).

*Cuadro 1.* Revistas científicas más usadas por los investigadores para publicar resultados de investigación del área de las Ciencias de la Información

| Revistas   | Np  | Q | % Np  | País           |
|--|-----|---|-------|----------------|
| Acimed   | 214 | 4 | 27.72 | Cuba           |
| Ciencia da Informação  | 105 | 4 | 13.60 | Brasil         |
| Investigación Bibliotecológica   | 82  | 3 | 10.62 | México         |
| Scientometrics   | 49  | 1 | 6.35  | Holanda        |
| Transformação  | 44  | 4 | 5.70  | Brasil         |
| Profesional de la Información  | 30  | 3 | 3.89  | España         |
| Revista Española de Documentación Científica                           | 23  | 3 | 2.98  | España         |
| Journal of the American Society for Information Science and Technology | 17  | 1 | 2.20  | Estados Unidos |
| Journal of Knowledge Management  | 16  | 1 | 2.07  | Reino Unido    |
| Information Processing and Management                                  | 12  | 1 | 1.55  | Reino Unido    |
| International Journal of Geographical Information Science              | 11  | 1 | 1.42  | Reino Unido    |

Nota: 67 revistas; se muestran las revistas con más de diez artículos publicados. Q: representa el cuartil donde se ubican estas revistas; Np: la cantidad de artículos publicados y % Np: el porcentaje que representa del total de artículos publicados.

Al analizar la producción científica respecto de las fuentes de publicación, se destaca como la revista más productiva *Acimed*, publicación cubana del área de las Ciencias de la Información. Dicha revista se encuentra en el cuartil cuatro de impacto, concentrando en su producción científica el 28% del total de artículos publicados entre 2008-2012. Ahí se concentra el 89% de la producción científica cubana, siendo un ejemplo de la preferencia de los autores en el uso de revistas nacionales para publicar.

***Productividad por autores según cuartiles (SJ&CR)***

La productividad por grupos de impacto permitió caracterizar las particularidades propias de los investigadores en Ciencias de la Información. A partir de los hábitos de publicación de los autores, se identificó un patrón de comportamiento con tres grupos diferentes de comportamiento. En el *Cuadro 2* se observan estos tres grupos:

*Cuadro 2.* Grupos de comportamiento de los autores del área de las Ciencias de la Información

| Grupos | Autores | NpQ1 | NpQ2 | NpQ3 | NpQ4 | TNp |
|--------|---------|------|------|------|------|-----|
| G 1    | A1      | 10   | 2    | 0    | 0    | 12  |
|        | A2      | 3    | 0    | 1    | 11   | 15  |
| G 2    | A3      | 1    | 0    | 0    | 0    | 1   |
|        | A4      | 1    | 0    | 0    | 0    | 1   |
|        | A5      | 1    | 0    | 0    | 0    | 1   |
|        | A6      | 1    | 0    | 0    | 0    | 1   |
| G 3    | A7      | 0    | 0    | 3    | 10   | 13  |
|        | A8      | 0    | 0    | 0    | 18   | 18  |

Nota: en total son 1,146 autores. NpQ1: artículos publicados en el cuartil uno; NpQ2: artículos publicados en el cuartil dos; NpQ3: artículos publicados en el cuartil tres; NpQ4: artículos publicados en el cuartil cuatro; TNp: total de artículos publicados por los investigadores.

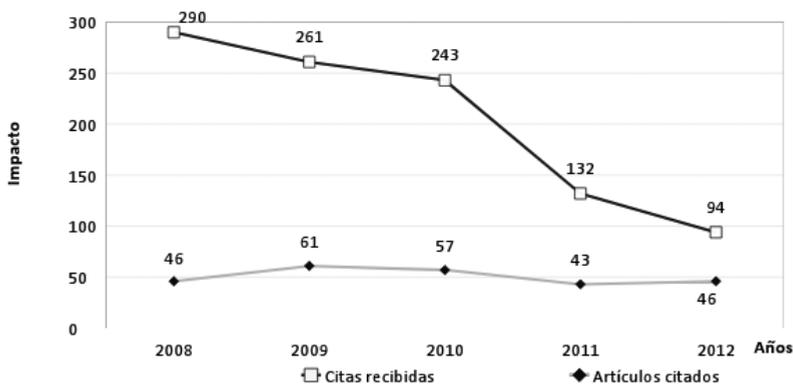
Como se observa en el *Cuadro 2*, el grupo G1 tiene una producción científica destacada, y se identifica por tener más de un artículo en los primeros cuartiles de impacto, a diferencia del grupo G3 que, a pesar de ser altamente productivo, posee sus resultados de investigación en los últimos cuartiles de impacto. Por último, un tercer grupo relevante es el G2, el cual representa a los investigadores que sólo publicaron un solo artículo, pero dentro del cuartil uno de impacto.

## DIMENSIÓN DEL IMPACTO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

### *Comportamiento del impacto de las investigaciones en el tiempo*

En la figura 3 se ilustra el impacto alcanzado en las dimensiones de citas recibidas y artículos citados:

*Figura 3. Impacto de la producción científica de Latinoamérica en Ciencias de la Información (período 2008-2012)*



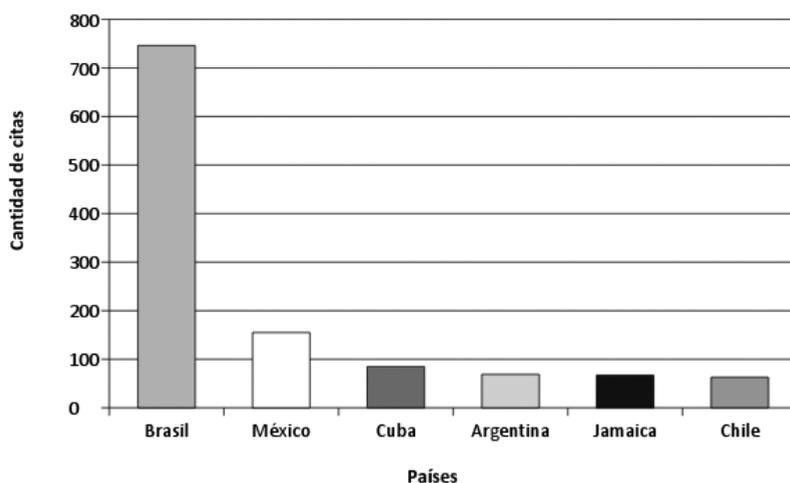
Se identificó que sólo el 33% de la producción científica fue citada, recibiendo estos artículos citados un total de 1,020 citas recibidas. No obstante, se observa un comportamiento estable de los artículos citados (Ac), no así en el caso de las citas recibidas (Cr), donde se identificó una tendencia a disminuir a partir de 2010, de cinco Cr por Ac a tres Cr por Ac. A pesar de que el impacto que genera esta temática comienza a disminuir, no ha dejado de ejercer su influencia en la comunidad científica.

El año que mayor cantidad de citas recibió fue 2008, coincidiendo con el de mayor productividad, esto resulta interesante, pues el 63% de la producción científica de este año está publicada en el cuartil cuatro (cuartil de menor impacto), lo cual indica que la escasa producción científica restante publicada en los cuartiles uno y dos de mayor prestigio alcanzó un impacto de 28 artículos citados con 249 citas recibidas, lo que representa el 86% del impacto alcanzado en el año.

## PAÍSES DE MAYOR IMPACTO DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

En el análisis de citas por zonas geográficas, sobresalen los investigadores brasileños, quienes fueron los más citados, tal y como se muestra en la figura 4:

Figura 4. Distribución de las citas según países de Latinoamérica en el área de las Ciencias de la Información



Los tres países más influyentes coincidieron con los más productivos. El caso de Brasil se identifica como el país de mayor impacto, obteniendo el 73% del total de las citas recibidas, distribuidas por todos los cuartiles, con un promedio de siete citas Cr por Ac.

En el caso de México, alcanzó a tener un destacado impacto por encima de Cuba, que posee mayor cantidad de artículos publicados que México. Esto debido a que el 15% de las citas que reciben las investigaciones mexicanas están ubicadas en el cuartil tres, con un promedio de tres citas por artículo; por lo que el nivel de atracción de citas es superior que el de Cuba, el cual tiene el 10% de sus citas concentradas en el cuartil cuatro.

En este orden de ideas, Argentina es un caso singular, pues es uno de los países con menor producción científica con sólo 41 artículos publicados, pero ubicadas en revistas de mayor impacto, obteniendo un promedio de tres Cr por Ac, con el 94 por ciento de su impacto concentrado en los primeros cuartiles de impacto.

## IMPACTO DE LAS REVISTAS SEGÚN GRUPOS DE IMPACTO DEL (SJ&amp;CR)

En relación con el análisis del impacto de las revistas del área disciplinar en cuestión, se identificó que las revistas de mayor impacto son las que procesan su producción científica en los primeros cuartiles de impacto (*Cuadro 3*):

*Cuadro 3.* Revistas científicas más citadas del área de las Ciencias de la Información

| Revistas   | Cr  | Ac | Q | País           |
|--|-----|----|---|----------------|
| Scientometrics   | 219 | 46 | 1 | Holanda        |
| International Journal of Geographical Information Science              | 119 | 10 | 1 | Reino Unido    |
| Journal of Knowledge Management  | 113 | 15 | 1 | Reino Unido    |
| Journal of the American Society for Information Science and Technology | 96  | 14 | 1 | Estados Unidos |
| Information Processing and Management                                  | 56  | 12 | 1 | Reino Unido    |
| Ciencia da Informação  | 40  | 21 | 4 | Brasil         |
| El Profesional de la Información                                       | 36  | 22 | 3 | España         |
| Health Information and Libraries Journal                               | 36  | 5  | 2 | Reino Unido    |
| Information Research   | 31  | 10 | 2 | Reino Unido    |
| Information Society  | 27  | 3  | 1 | Reino Unido    |
| Telecommunications Policy  | 25  | 5  | 2 | Reino Unido    |
| Library Hi Tech  | 22  | 2  | 1 | Reino Unido    |

Nota: de un total de 67 se reflejan las revistas con más de 20 citas recibidas; Cr: cantidad de citas recibidas; Ac: cantidad de artículos citados; Q: representa el cuartil donde se ubican estas revistas.

La revista de mayor impacto fue *Scientometrics*, con un total de 46 artículos citados, 219 citas recibidas y un promedio de cinco Cr por Ac. El 21% del impacto en el área de las Ciencias de la Información se concentra en la revista *Scientometrics*. Se identificó que las revistas de mayor impacto no se editan en la región, son revistas de habla inglesa y de países anglosajones. La revista brasileña *Ciencia da Informação* es la única revista de la región representada en el *Cuadro 3*, la cual se ubica en el cuartil cuatro y tiene un promedio de dos Cr por Ac; a diferencia de *Library Hi Tech*, con una menor cantidad de artículos citados, pero alcanza un promedio de 11 Cr por Ac, impacto que logra por estar en el primer cuartil de la base de datos.

## IMPACTO DE LOS INVESTIGADORES

Para realizar el análisis del impacto a nivel micro, fue realizar un análisis profundo del comportamiento citacional de los investigadores. En el *Cuadro 4* se muestran los investigadores más relevantes del quehacer investigativo de las Ciencias de la Información:

*Cuadro 4.* Comportamiento de los autores de Latinoamérica en el área de las Ciencias de la Información durante el periodo 2008-2012 a partir de la base de datos Scopus

| Grupos | Autores | Cr | Ac | Np | Cr/Np | Cr/Ac | Ac/Np |
|--------|---------|----|----|----|-------|-------|-------|
| G1     | A1      | 74 | 11 | 12 | 6.17  | 6.73  | 0.92  |
|        | A2      | 38 | 6  | 15 | 2.53  | 6.33  | 0.4   |
| G2     | A3      | 63 | 1  | 1  | 63    | 63    | 1     |
|        | A4      | 63 | 1  | 1  | 63    | 63    | 1     |
|        | A5      | 63 | 1  | 1  | 63    | 63    | 1     |
|        | A6      | 63 | 1  | 1  | 63    | 63    | 1     |
| G3     | A7      | 2  | 1  | 13 | 0.15  | 2     | 0.08  |
|        | A8      | 0  | 0  | 18 | 0     | 0     | 0     |

Nota: total de autores 1 146; Cr: citas recibidas; Ac: artículos citados; Np: artículos publicados; Cr/Np: impacto esperado; Cr/Ac: impacto observado y Ac/Np: artículos citados por artículos publicados.

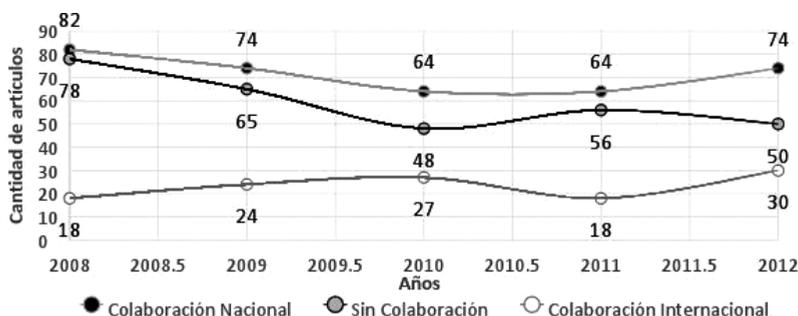
Al respecto, se identificó que, del total de los 1,146 investigadores que forman parte del estudio, 657 (57%) no recibieron citas. Al realizar un análisis de los investigadores, se observa que se repite un patrón de comportamiento similar al que se observó en el análisis de productividad. Se distinguen tres grupos: destaca el grupo G1, en el que sus autores tienen una elevada producción científica y una alta cantidad de citas, logrando un impacto observado considerable; a diferencia del grupo G3, que no recibieron citas, a pesar de su alta productividad, por lo que su impacto observado es casi nulo. Por último, el grupo G2 que presenta un grupo de autores que reciben una gran cantidad de citas, su impacto observado es elevado, pero con base en una sola publicación en todo el periodo analizado.

## DIMENSIÓN DE LA COLABORACIÓN CIENTÍFICA

### *Colaboración científica durante 2008-2012*

En la figura 5 se observa el comportamiento de la colaboración científica. El índice de coautoría es de dos investigadores por artículo en colaboración. Los artículos en colaboración nacional representan el 46 por ciento del total de la producción científica, los artículos sin colaboración constituyen el 39% y los artículos en colaboración internacional representaron el 15% de los artículos publicados.

Figura 5. Comportamiento de la colaboración científica por años

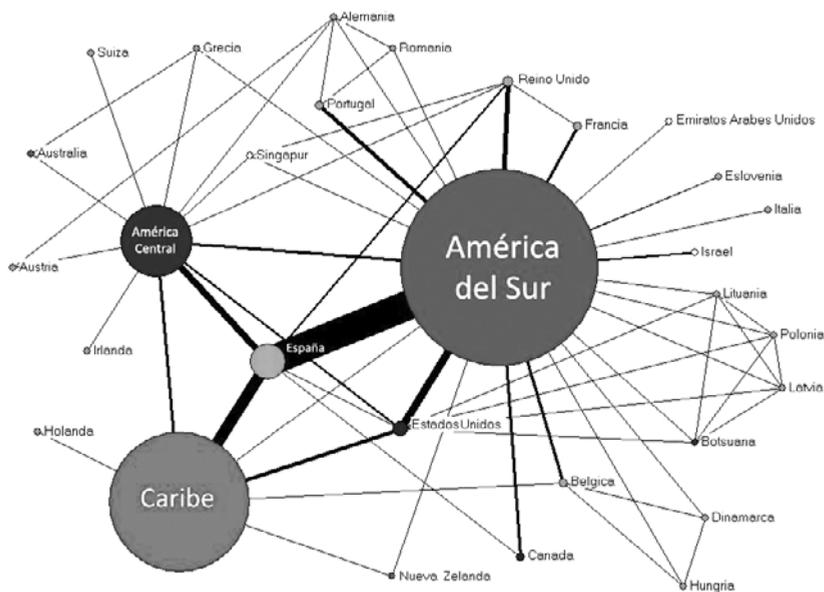


El año con mayor cantidad de artículos en colaboración fue el 2012, de los cuales, 74 artículos se realizaron en colaboración nacional y 30 en colaboración internacional, marcando una tendencia a aumentar los proyectos de colaboración en general, lo cual repercute en una mayor visibilidad de su actividad científica. Este comportamiento ha sido analizado por otros autores basándose en otros contextos (Russell *et al.*, 2007; Arencibia y Araujo, 2008; Chinchilla *et al.*, 2010).

#### COLABORACIÓN INTERNACIONAL ATENDIENDO A LAS TRES REGIONES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

América Latina y el Caribe se subdivide en tres regiones: América Central, América del Sur y el Caribe. Conocer el nivel de colaboración de estas regiones identificará grupos de trabajo que han permitido detectar la internalización del área disciplinar de estudio en cuestión.

Figura 6. Colaboración internacional, según las regiones de América Latina y el Caribe



En la figura 6, aparecen representadas en los nodos las tres regiones de Latinoamérica y su colaboración con el resto del mundo. La región de mayor colaboración es América del Sur, aunque esto se debe al hecho de que está conformado por la mayor cantidad de países en el estudio (9). El país con el que establece la más fuerte colaboración es España, con un total de 47 artículos, que representa el 40% del total de los artículos en colaboración internacional.

La incidencia de colaboración interregional es escasa, prevaleciendo la colaboración de estas tres regiones con 27 países fuera del área, esto estaría causado por la búsqueda de financiamiento en los países desarrollados. En este orden, destaca la colaboración con la región europea (67%). Por otra parte, Estados Unidos tiene relaciones de colaboración más fuertes con América del Sur que con América Central y el Caribe. Otros continentes que colaboran con la región, pero en menor medida, son Asia y Oceanía, representados por cinco países (5 por ciento). El continente con menor colaboración con la región de Latinoamérica resultó ser África, con un solo país, el caso de Bostwana, con tan sólo un artículo en colaboración.

## DIMENSIÓN DE LA EVALUACIÓN BIBLIOMÉTRICA A NIVEL INDIVIDUAL

En el *Cuadro 5* se muestran los investigadores con valores de índice  $h$  entre uno y cinco, así como aquellos con valores del índice multifactorial ( $MI$ ) aplicado superiores a siete.

*Cuadro 5.* Distribución de los investigadores del área de las Ciencias de la Información con los mejores resultados obtenidos de la aplicación del índice  $h$  y  $mi$

| Grupos | Autores | Índice $h$ | $MI$  | $Cr$ | $\Delta H$ | $NpQ1$ | $NpQ2$ | $NpQ3$ | $NpQ4$ | $TNp$ |
|--------|---------|------------|-------|------|------------|--------|--------|--------|--------|-------|
| G1     | A1      | 5          | 20.96 | 74   | 8          | 10     | 2      | 0      | 0      | 12    |
|        | A2      | 3          | 10.54 | 38   | 0          | 3      | 0      | 1      | 11     | 15    |
| G2     | A3      | 1          | 13    | 63   | 0          | 1      | 0      | 0      | 0      | 1     |
|        | A4      | 1          | 13    | 63   | 0          | 1      | 0      | 0      | 0      | 1     |
|        | A5      | 1          | 13    | 63   | 0          | 1      | 0      | 0      | 0      | 1     |
|        | A6      | 1          | 13    | 63   | 0          | 1      | 0      | 0      | 0      | 1     |
| G3     | A7      | 1          | 2.4   | 2    | 0          | 0      | 0      | 3      | 10     | 13    |
|        | A8      | 0          | 2.52  | 0    | 0          | 0      | 0      | 0      | 18     | 18    |

Nota: el total de autores 1 146;  $MI$ : índice multifactorial,  $Cr$ : cantidad de citas recibidas,  $\Delta H$ : variación del índice  $h$  en el tiempo,  $NpQ1$ : artículos publicados en el cuartil uno,  $NpQ2$ : artículos publicados en el cuartil dos,  $NpQ3$ : artículos publicados en el cuartil tres,  $NpQ4$ : artículos publicados en el cuartil cuatro,  $TNp$ : total de artículos publicados.

Se identificaron tres patrones que coinciden, de cierta manera, con el análisis de productividad e impacto. El grupo G1, autores con una alta productividad, tienen una productividad similar, pero A1 genera un impacto mayor por tener sus artículos publicados en el cuartil uno, a diferencia de A2, que tiene sus publicaciones en el cuartil cuatro y recibe menos citas. Esta diferencia hace que el valor del  $MI$  se duplique en el caso de A1 con respecto a A2, a pesar de tener índice  $h$  similares.

A diferencia del grupo G3 que representa a investigadores altamente productivos y sus artículos están la mayoría en el cuartil cuarto, cuartil que no atrae prácticamente citas, por lo que su impacto es casi nulo; dando como resultado valores bajos del índice  $h$  y  $MI$ . Por último, los investigadores que representan el grupo G2 publicaron un único artículo, el que más citas recibió en el periodo de estudio. Se considera que su impacto no es constante, sino que es un caso de alumbramiento y, aunque el índice  $h$  no se modifique, su  $mi$  disminuiría notablemente si se analiza un periodo mayor.

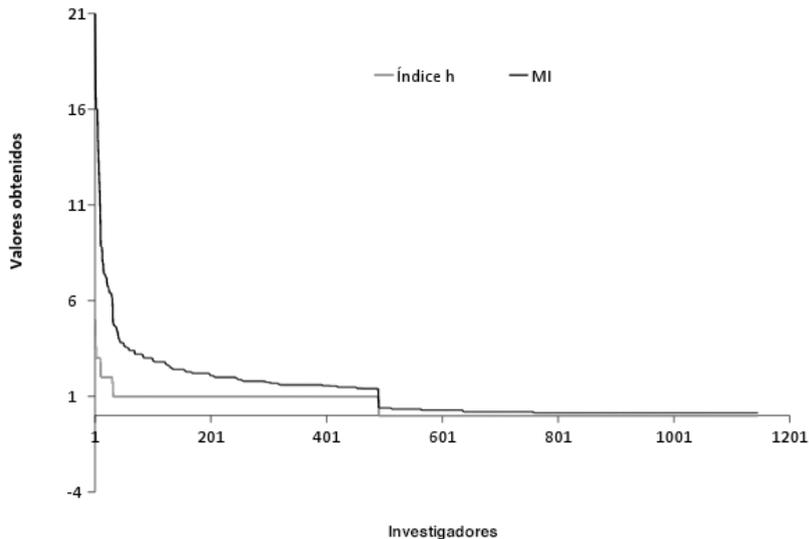
Este análisis revela que no basta tener una producción científica elevada y generar un alto impacto en la comunidad científica, sino que también es

importante publicar en los primeros cuartiles de la base de datos (variable que sólo el *mi* tiene en cuenta).

En la figura 7 se muestra una comparación entre los valores obtenidos por la aplicación del índice *h* y el *mi*, se observa los resultados de los 1,146 investigadores evaluados en el área de las Ciencias de la Información en la región de América Latina y el Caribe:

Figura 7. Comparación de los valores del índice *h* frente al índice multifactorial

El objetivo de la comparación es subrayar la importancia de aplicar el *MI* y



observar la sensibilidad que presentan sus variables. Se observa en la gráfica que, mientras el índice *h* alcanza un valor constante, el *MI* es capaz de evaluar de forma diferente a los investigadores. Esto debido a la sensibilidad que tiene de diferenciar el esfuerzo que realizan los investigadores, no sólo por las citas recibidas, como lo hace el índice *h*, sino también por publicar en los distintos cuartiles de la base de datos.

## DISCUSIÓN

Una característica identificada durante el estudio es que la mayoría de los investigadores de América Latina y el Caribe tienen una preferencia por publicar sus resultados de investigación en revistas regionales ubicadas en los últimos cuartiles de la base de datos. En este comportamiento influyen va-

rios factores: la preferencia de los autores de publicar en español, las políticas editoriales de las revistas de la región son más acordes a las políticas de cada uno de estos países, el carácter local de las investigaciones se asemeja más a las temáticas desarrolladas por estas revistas y la tasa de rechazo de los trabajos es más baja. Esta posición tan regional condiciona el impacto generado por parte de estos investigadores, pues al publicar en revistas ubicadas en los últimos cuartiles de la base de datos, no obtienen gran cantidad de citas y su visibilidad internacional disminuye.

Este estudio bibliométrico abarcó un periodo que va del 2008 hasta el 2012 (cinco años), realizándose la descarga de los artículos de la base de datos Scopus en 2015. El periodo seleccionado se basó en los resultados de otras investigaciones que plantean la existencia de un periodo de ventana de dos a tres años, en las que las contribuciones científicas reciben la mayor parte de sus citas (Abramo *et al.*, 2008; Adams, 2005). Para realizar un estudio de impacto científico sin sesgos en sus resultados, así como evaluar a los investigadores en cuanto a su índice *h* y su *MI*, es necesario esperar mínimo tres años para analizar su producción científica.

En el análisis de la productividad y el impacto de los países de la región, el país más sobresaliente es Brasil, debido, en gran medida, a que es el país más extenso de la región, con una población de 200.4 millones de habitantes, tiene el mayor desarrollo socioeconómico de la región, además destina el 1.21% del PIB en gastos de investigación y desarrollo, siendo el país dentro de la región que más invierte en el desarrollo científico regional.

Asimismo, posee un gran desarrollo en los programas educacionales de la especialidad, que se estudia en diferentes universidades, el 10% de las utilidades que generan las empresas se destinan a financiar la ciencia del país (Banco Mundial, 2015). Otro de los países que se destaca en producción e impacto es México, que destina el 0.46% del PIB en gastos de I+D y, en conjunto con Brasil y Argentina, concentran el 92 por ciento de inversión en I+D en la región.

Argentina, a pesar de ser uno de los países que más invierte en la región para el desarrollo de la ciencia, tiene una baja productividad, sin embargo, sus resultados de investigación poseen un impacto notable. Sólo cuatro países dentro de los estudiados no recibieron citas, lo que los ubica como los de menos impacto en la región, tal es el caso de Aruba, Barbados, República Dominicana y Costa Rica, este último país sobresale porque invierte el 0.48% de su PIB en gastos de I+D, con una inversión superior a la de México y Argentina, sin embargo, su producción científica es baja y su impacto nulo, lo cual quiere decir que en este país estos recursos se emplean en otras áreas con mayor desarrollo.

La colaboración internacional de los investigadores de la región con paí-

ses foráneos es la que ha permitido que exista una pequeña representación de la producción científica de las Ciencias de la Información en los primeros cuartiles de impacto. Esto a consecuencia de los criterios de selección editorial que poseen estas revistas de alto impacto. El carácter internacional de la temática y el nivel de colaboración son parámetros que se tienen muy en cuenta.

En este sentido, cobra especial interés la colaboración entre esta región y España. Cabe señalar que, a pesar de no ser un país de la región, ejerce una influencia directa en el desarrollo de Latinoamérica, debido a los lazos históricos y culturales que los han unido a lo largo del tiempo, así como el hecho de compartir la misma lengua, lo que se revierte en programas de doctorados y proyectos de investigación en común.

La evaluación de la actividad científica de un individuo siempre ha sido objeto de interés, sobre todo a la hora de valorar la promoción en los puestos académicos, liderazgo o la financiación de proyectos de investigación (Agua-yo y Campillo, 2008). Actualmente, el índice  $h$  ha sido utilizado por muchas entidades de investigación y académicas de Europa y de Estados Unidos para evaluar la calidad científica de los profesionales que aspiran a un determinado puesto académico, siendo el indicador número uno en el currículum vitae. En algunos países europeos, el índice  $h$  debe estar entre 18 y 40 para fungir como profesor en las universidades (Bruining *et al.*, 2011). A pesar de ser un indicador muy empleado para evaluar investigadores, no es capaz de discernir entre investigadores que publiquen en revistas de mayor o menor clasificación de impacto, o entre investigadores de mayor o menor experiencia, e independientemente de la revista donde hayan publicado, si no son citados al menos una vez, no tienen índice  $h$ . Tal como lo demuestran las investigaciones realizadas a varias instituciones de investigación y académicas, el  $MI$  es capaz de establecer una clasificación personal para todo tipo de investigadores, ya sean de trayectoria consolidadas o *junior*, capaces de publicar en revistas localizadas en los primeros cuartiles de la base de datos, o en los últimos, que hayan recibido o no citas. Esto permite establecer un mejor criterio a la hora de definir el liderazgo en un proyecto de investigación internacional, o determinar cargos dentro de la dirección de una institución académica (Rodríguez, 2012; Herrera *et al.*, 2014).

## CONCLUSIONES

El estudio de la producción científica en el área de las Ciencias de la Información reflejó la importancia de fortalecer la cultura de publicación por los investigadores, para incrementar las publicaciones en revistas extranjeras. Dicha situación pudo cambiar en la actualidad, aumentando la visibilidad internacional de la actividad científica de los investigadores de la región. Sería interesante realizar, en un futuro, un estudio sobre la temática de Ciencias de la Información en otras bases de datos y abarcando un periodo más extenso.

El impacto de las investigaciones científicas en el área de las Ciencias de la Información refleja una distribución regional heterogénea, los resultados de mayor impacto se corresponden con las revistas de mayor visibilidad. Predomina la colaboración nacional, aunque la internacional garantiza una mayor visibilidad de los resultados.

La aplicación del índice multifactorial permitió evaluar con mayor sensibilidad el desempeño individual de los autores, ya sean investigadores consagrados o de poca experiencia.

## REFERENCIAS

- Abramo, G., C.A. D'Angelo y F.D. Costa. 2008. "Assessment of sectoral aggregation distortion in research productivity measurements", *Research Evaluation*, vol. 17, no. 2: 111-121.
- Adams, J. 2005. "Early citation counts correlate with accumulated impact", *Scientometrics*, vol. 63, no. 3: 567-581.
- Aguayo-Albasini, J.L. y A. Campillo-Soto. 2008. "Evaluación de la actividad investigadora mediante el índice h de Hirsch", *Medicina Clinica*, vol. 131, no. 6: 238-239.
- Arencibia, Jorge R. 2010. "Visibilidad internacional de la ciencia y educación superior cubanas: desafíos del estudio de la producción científica". Granada: Facultad de Biblioteconomía y Documentación, Departamento de Biblioteconomía y Documentación.
- Arencibia, Jorge R. y J.A. Araujo-Ruiz. 2008. "Visualización de la colaboración científica en la *Revista Cenic Ciencias Químicas* durante el periodo 1996-2005 mediante técnicas de análisis de redes sociales", *Revista Cenic Ciencias Químicas*, vol. 39, no. 3: 161-166.
- Banco Mundial. 2015. "Gasto en investigación y desarrollo (% del pib)", en <<http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>>, consultada el 25 de enero de 2015.
- Bruining, N., P. Cummins y P.W. Serruys. 2011. "Impact factor: scientific and career assessment by numbers", *EuroIntervention*, vol. 7: 143-147.

- Chinchilla-Rodríguez, Z., B. Vargas-Quesada, Y. Hassan-Montero, A. González-Molina y F. de Moya-Anegón. 2010. "New approach to the visualization of international scientific collaboration", *Information Visualization*, vol. 9, no. 4: 277-287.
- Costas, R. y M. Bordons. "The h-index: Advantages, limitations and its relation with other bibliometric indicators at the micro level", *Journal of Informetrics*, vol. 1: 193-203.
- Gastroenterol Hepatol. 2005. "Editorial", *Gastroenterol Hepatol.*, vol. 28, no. 1: 1-1.
- Egghe, L. 2006. "Theory and practise of the G-index", *Scientometrics*, vol. 69, no. 1: 131-152.
- Frame, J.D. 1977. "Mainstream research in Latin America and the Caribbean", *Inter-ciencia*, vol. 2: 143-148.
- Herrera-Vallejera, D., I. Lozano-Díaz e Y. Rodríguez-Sánchez. 2014. "Análisis bibliométrico en una universidad cubana como herramienta para la inteligencia empresarial". Ponencia presentada en el Congreso INFO 2014.
- Herrero Solana, V. y G. Liberatore. 2008. "Visibilidad internacional de las revistas iberoamericanas de bibliotecología y documentación", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 31, no. 2.
- Hirsch, J.E. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research output", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 102, no. 46: 16569-16572.
- Jin, B.H. 2006. "H-index: An evaluation indicator proposed by scientist", *Science Focus*, vol. 1, no. 1: 8-9.
- Jin, B.H. et al. 2006. "The R- and AR-indices: Complementing the h-index", *Chin Sci Bull.*, vol. 52: 855-863.
- Kelly, C.D. y M.D. Jennions. 2006. "The h-index and career assessment by numbers", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 21, no. 4: 167-170.
- Licea de Arenas, J., J. Valles y M. Arenas. 2000. "Educational research in Mexico: socio-demographic and visibility issues", *Educational Research*, vol. 42, no. 1: 85-90.
- López Cozar, E.D. 2002. *La investigación en biblioteconomía y documentación*. Gijón: TREA.
- Luna-Morales, M.E. 2012. "International scientific collaboration and recognition of Mexican science from 1980 to 2004", *Investigación Bibliotecológica*, vol. 26, no. 57: 103-129.
- Luna-Morales, M.E., J.M. Russell y C. Mireles-Cárdenas. 2013. "Evolución e impacto de la investigación en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Patrones de publicación y Sistema Nacional de Investigadores", *Investigación Bibliotecológica*, vol. 26, no. 58: 175-213.
- Martin, B.R. 1996. "The use of multiple indicators in the assessment of basic research", *Scientometrics*, vol. 36, no. 3: 343-362.

- Moya Anegón, Félix de y V. Herrero Solana. 2001. "Análisis de dominio de la revista mexicana Investigación Bibliotecológica", *Información Cultura y Sociedad*, vol. 5: 10-28.
- Plos Medicine Editors. 2006. "Ich Weiss Nicht Was Soll Es Bedeuten: Language Matters in Medicine", *Plos Medicine*, vol. 3, no. 2: 0147.
- Restrepo, L.C. 2015. "Modelo de evaluación del desempeño académico de los investigadores en las ciencias sociales en México". México: Universidad Nacional Autónoma de México, tesis doctoral.
- Rodríguez-Sánchez, Y. 2012. "Metodología bibliométrica para la evaluación de la actividad científica". La Habana: Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría".
- Rodríguez-Sánchez, Y. y R. Piloto-Rodríguez. 2012. "MI: índice bibliométrico para la evaluación del desempeño individual de los investigadores", ponencia presentada en el Congreso INFO 2012.
- Russell, J.M., S. Ainsworth, J.A. del Río, N. Narváez-Bethelmont y D. Cortés. 2007. "Colaboración científica entre países de la región latinoamericana", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 30, no. 2: 180-198.
- Sánchez, A., O. Carrillo y P. Garrido. 2015. "Análisis bibliométrico de la *Revista Mexicana de Sociología* basado en indicadores de citación", *Revista Mexicana de Sociología*, vol. 77, no. 1.
- Torres, J.A. 2009. "Desarrollo científico de las Ciencias Sociales en México; análisis bibliométrico del periodo 1997-2006: Social Science Citation Index (SSCI-ISI) y Cite Space". Granada: Universidad de Granada, tesis doctoral.
- Van Raan, A.F. 2006. "Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry groups", *Scientometrics*, vol. 67, no. 3: 491-502.

*Para citar este texto:*

Sánchez-Perdomo, Rubén; Rosario-Sierra, Marinelsy; Herrera-Vallejera, Darlenis; Rodríguez-Sánchez, Yaniris; Carrillo-Calvet, Humberto. 2017. "Revisión bibliométrica de las Ciencias de la Información en América Latina y el Caribe". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 79-100.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57886>

# Fator de difusão: uma medida da difusão do conhecimento através das citações

Sônia Regina Zanotto\*  
Samile Andréa de Souza Vanz  
Ida Regina Chittó Stumpf\*\*

*Artículo recibido:*  
8 de diciembre de 2015  
*Artículo aceptado:*  
27 de septiembre de 2016

## RESUMO

Este artigo aborda a análise das citações recebidas pelas publicações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no período de 2001-2010 sob a ótica da teoria de fatores de difusão do conhecimento. Considerando-se que as citações representam uma maneira de medir o quanto as ideias científicas são difundidas, entende-se que quanto maior o número de diferentes autores, instituições e países citantes maior será o grau de difusão. Identifica 3.158 documentos citantes à produção científica do IBGE. Das 1,272

\* Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). zanotto.sonia@gmail.com.

\*\* Universidade Federal do Rio Grande do Sul. samilevanz@terra.com.br, irstumpf@ufrgs.br.

instituições de filiações dos autores citantes, 748 (58.80%) são brasileiras ou estão sediadas no Brasil, enquanto 518 (40.72%) são estrangeiras. As instituições voltadas para atividades educacionais lideram (47.96%), seguidas pelas instituições de P&D (22.88%) e as demais ocupam os setores públicos. Em relação aos países, das 7.587 ocorrências de países presentes no vínculo institucional dos autores, 6,168 (81.3%) destas se referem ao Brasil e as demais ocorrências estão distribuídas entre 49 países diferentes situados na América do Sul (82.35%), América do Norte (9.71%), Europa (6.93%), e América Central, Ásia, Oceania, África e Oriente Médio (aproximadamente 1% dos autores citantes). Ao aplicar o fator de difusão com base no estudo proposto Rousseau, Liu e Ye (2012) obteve-se o índice de Gini de 0.62 em 2009 e 0.72 em 2001 e 2003 respectivamente. Conclui que o fator de difusão é satisfatório, ou seja, há um grande número de autores, instituições e países diferentes que citam as publicações do IBGE.

**Palavra-chave:** Fator de difusão; Difusão do conhecimento; Bibliometria. Análise de citações; Índice de Gini; Informação estatística oficial; IBGE.

### **Diffusion factor: A measure of knowledge dissemination through citations**

*Sônia Regina Zanotto, Samile Andréa de Souza Vanz  
and Ida Regina Chittó Stumpf*

#### **ABSTRACT**

This paper discusses the analysis of the citations received by the publications of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) in the period of 2001-2010 under perspective of the theory of diffusion factors. Considering that citations represent a way to measure the spreading of scientific ideas, it is presumable that the larger the number of different authors, institutions and countries citing one idea,

the larger its diffusion is. Identifies 3,158 documents citing IBGE's scientific output. Out of 1,272 institutions which citing authors are affiliated with, 748 (58.80%) are Brazilian institutions or based in Brazil, while 518 (40.72%) are from other countries. Institutions focused on education lead (47.96%) the amount, followed by R&D (22.88%), and the rest (29.16%) is lying on public sectors. A number of 6,168 (81.3%) from 7,587 citation occurrences happens to be of authors with affiliations with Brazilian institutions, with the rest being distributed between the other South American countries (82.35%), North America (9.71%), Europe (6.93%), and Central America, Asia, Oceania, Africa and Middle East (sum is about 1%). Applying the diffusion factors proposed by Rousseau, Liu & Ye (2012), the Gini Index obtained varies from 0.62 in 2009 and 0.72 in 2001 and 2003, respectively. Concludes that the diffusion factor is satisfactory because there is a large number of authors, institutions and different countries that cite IBGE's publications.

**Keywords:** Diffusion factor. Knowledge dissemination. Bibliometrics. Citation analysis. Gini Index. Official statistical information. IBGE.

## RESUMEN

Este artículo aborda el análisis de las citas recibidas por las publicaciones del Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) en el período de 2001 a 2010 desde la perspectiva de la teoría de los factores de la difusión del conocimiento. Teniendo en cuenta que las citas son una manera de medir cómo se difunden las ideas científicas, entendiéndose que, cuanto mayor es el número de diferentes autores, instituciones y países citantes, mayor será el grado de difusión. Identifica 3,158 documentos citantes a la producción científica del IBGE. De las 1,272 instituciones de afiliación de los autores citantes, 748 (58.80 %) son de Brasil o tienen su sede en Brasil, mientras que 518 (40.72%) son extranjeros. Las insti-

tuciones direccionadas para las actividades educativas lideran (47.96%), seguidas por las instituciones de I&D (22.88 %) y las demás ocupan los sectores públicos. En relación con los países, de las 7,587 ocurrencias de países presentes en el vínculo institucional de los autores, 6,168 (81.3%) de éstas se refieren a Brasil y otras se distribuyen entre 49 países ubicados en América del Sur (82.35%), América del Norte (9.71%), Europa (6.93%), América Central, Asia, Oceanía, África y Medio Oriente (aproximadamente 1% de los autores citados). Al aplicar el factor de difusión, con base en el estudio propuesto por Rousseau, Liu y Ye (2012), se obtuvo el coeficiente de Gini de 0.62 en 2009 y de 0.72 en 2001 y 2003, respectivamente. Concluye que el factor de difusión es satisfactorio, es decir, hay un gran número de autores, instituciones y países diferentes que citan las publicaciones del IBGE.

**Palabras clave:** Factor de difusión, difusión del conocimiento, bibliometría, Análisis de citas, índice de Gini, Información estadística oficial, IBGE.

## INTRODUÇÃO

É consenso entre a comunidade científica que os indicadores bibliométricos devem ser analisados com cautela e interpretados dentro de um determinado contexto. Isto porque são incompletos em sua capacidade de mensuração e geralmente apresentam resultados isolados que se referem a um único aspecto do problema analisado. O índice de imediatez, a meia vida e o fator de impacto, por exemplo, são medidas de impacto das citações que vem sendo aplicadas há vários anos para mensurar a forma como o periódico recebe citações para seus artigos ao longo do tempo. Nenhuma dessas medidas, no entanto, se preocupa em saber quais são as fontes citantes, como e qual é a dispersão das citações, sendo que, de certa maneira, a dispersão geográfica das fontes citantes representa a extensão do impacto geográfico daquela informação. Entende-se, portanto, que é necessária uma medida que mostre, além do impacto, a dimensão da recepção de uma informação entre a comunidade (Rowlands, 2002).

O Journal Diffusion Factors (Fator de Difusão de Periódicos) foi introduzido em 2002 por Rowlands para medir a influência na pesquisa científica

e a dimensão da difusão dos periódicos, como uma tentativa de complementar o Fator de Impacto (Rowlands, 2002). Desde então, vários pesquisadores vem desenvolvendo medidas de difusão através de diferentes técnicas de coleta de dados. No Brasil, Rummler (2006) apresentou o Índice de Dispersão Segmentar (IDS), indicador que pode ser aplicado a uma obra, um autor, um periódico ou área de conhecimento, e considerou a possibilidade de dimensionar a extensão de impacto de uma unidade de análise, à medida que seja aplicado à análise de citações.

Os resultados científicos são difundidos de um campo para outro, do laboratório para o artigo, da ciência para a tecnologia, e da tecnologia para a sociedade, através de conversas face-a-face, artigos, conferências científicas entre outros meios (Rousseau, Liu e Ye, 2012), caracterizando o processo de comunicação científica, a transferência de conhecimentos. Neste contexto, Rousseau, Liu e Ye (2012) apresentaram a concepção de que as ideias científicas fluem através de sistemas em camadas (*layered system*) e as citações são as unidades de análises, em conjunto com os autores citantes, instituições e países de afiliação destes autores. Para os autores, a difusão do conhecimento está relacionada à forma como o artigo é recebido pela comunidade científica e a difusão é uma medida de alcance, determinada pelos artigos citantes e operacionalizada através das citações (Liu, Rafols e Rousseau; 2012; Liu, Rousseau e Guns, 2013).

A difusão do conhecimento produzido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é evidenciada através de artigos e demais publicações científicas que citam as informações estatísticas oficiais produzidas pelo Instituto. Estas citações estão distribuídas em dezenas de periódicos científicos, em diversos idiomas e publicadas em vários continentes. Alguns aspectos da difusão e da distribuição geográfica das informações estatísticas oficiais no Brasil foram estudados por Zanotto (2011) e por Zanotto, Vanz e Stumpf (2011). Nestes estudos evidenciou-se a importância do IBGE como a principal instituição de produção e coordenação do Sistema Nacional de Informações Estatísticas do Brasil, cuja produção segue padrões, metodologias e princípios fundamentais recomendados internacionalmente e entre os quais se destacam a imparcialidade, a ética, a transparência, a igualdade de acesso, a eficiência e a confidencialidade.

O sítio na internet é o principal repositório de informações do IBGE, onde as atualizações do Portal IBGE e dos bancos de dados são realizadas em conjunto com a edição de produtos impressos, como anuários estatísticos, revistas, relatórios técnicos, mapas e demais produtos das áreas de estatísticas e de geociências. O sítio também disponibiliza produtos especiais para o público infantil e para professores, além de panoramas acerca do perfil

socioeconômico dos 5,570 municípios brasileiros e respectivas Unidades da Federação, e ainda, ferramentas de mapas interativos. O sítio hospeda a biblioteca digital onde é possível consultar e realizar downloads de publicações históricas e atualizadas. Além do portal na Internet o IBGE divulga através da Sala de Imprensa todos os releases das publicações, assim como utiliza as redes sociais *Facebook*, *Twitter*, *Instagram* e *Youtube* para divulgar notícias sobre as informações produzidas e vídeos explicativos (IBGE, 2016).

No presente trabalho apresenta-se a teoria e a metodologia para cálculo do fator de difusão proposta por Rousseau, Liu e Ye (2012) e a sua aplicação prática às citações feitas às publicações do IBGE, como as relacionadas acima, de forma que torna aplicável esta metodologia a um caso real.

#### FATOR DE DIFUSÃO

O Fator de Difusão de Periódicos foi apresentado por Rowlands em 2002 na tentativa de mensurar a transdisciplinaridade e a influência dos periódicos em várias áreas. Pois a dinâmica de como as ideias são transferidas de um autor para outro e de uma disciplina para outra é importante para melhor entender a comunicação científica. Rowlands (2002) comparou metaforicamente as citações recebidas por um periódico ao longo do tempo com o ato de jogar seixos em uma lagoa, afirmando que as medidas bibliométricas padrão utilizadas, a saber, fator de impacto, índice de imediatez e meia vida, apresentam o impacto das citações, ou seja, o splash do seixo na lagoa. O fator de impacto quantifica as citações em um período de tempo (alusivamente, mede o tamanho do seixo); o índice de imediatez representa a curva inicial da citação (ou a aceleração do seixo no ar até encontrar água); e a meia vida indica o declínio da curva (o tempo necessário para que a água da lagoa volte ao estado inicial, completamente parada). Observa-se que nenhuma destas medidas mede o tamanho da recepção do seixo pela lagoa, ou seja, metaforicamente, nenhum indicador mede a recepção de um periódico pela comunidade científica.

Desta forma, Rowlands (2002) propôs uma medida da extensão das ondulações resultantes das citações a uma determinada publicação. Em seus primeiros estudos, o *Journal Diffusion Factors* (nome original em inglês para Fator de Difusão de Periódicos) pôde ser entendido como a medida das características das citações a um periódico e foi introduzido para complementar o Fator de Impacto. O Fator de Difusão de Periódico resultava do número de citações recebidas dividido pelo número de diferentes periódicos citantes em um dado período. A janela de citação (período) pode ser variada, assim como os métodos síncronos e diacrônicos podem ser empregados para análise.

De acordo com a fórmula proposta por Rowlands (2002), o fator de difusão do periódico A, da área de economia, que recebeu 1.000 citações de 100 periódicos diferentes, é 10. Para ter o mesmo fator de difusão, o periódico B, que recebeu 10.000 citações, precisaria recebê-las de 1.000 periódicos diferentes, o que é pouco provável na área de economia em função do tamanho da área e do número de periódicos. Ao fazer tal observação, Frandsen (2004) demonstrou que o Fator de Difusão de Periódicos é fortemente influenciado pelo número de citações que o periódico recebe, levando um periódico altamente citado a obter um baixo fator e por outro lado, um periódico pouco citado a receber um alto fator de difusão. O autor propôs uma alteração na fórmula, substituindo-se o número de citações recebidas pelo número de artigos publicados pelo periódico. Desde então os estudos de fatores de difusão buscam capturar diferentes aspectos do processo de citação, avançando além das tradicionais medidas bibliométricas para os periódicos ou o conjunto de artigos (2006). Em recente artigo, Rousseau, Liu e Ye (2012) consideraram que, mesmo que as ideias científicas sejam transmitidas através de conversas formais e informais, e-mail, blogs e outros meios eletrônicos de comunicação, estas ideias normalmente convergem para um artigo científico e que o conhecimento contido em um artigo é difundido através das citações. A difusão de ideias científicas é hoje um fator a ser considerado na determinação da inovação.

A proposta de Rousseau, Liu e Ye (2012) abrange um sistema de contagem em camadas do conjunto de todas as citações, autores citantes, instituições e países de filiação dos autores. É claro que se um artigo recebe citações oriundas de múltiplos países então o conteúdo desse artigo é difundido mais do que se ele tivesse recebido o mesmo número de citações advindas de um mesmo país. Ou seja, a ideia é que quanto mais autores diferentes, melhor; e quanto mais instituições e países diferentes citantes, melhor. O foco, portanto, não é o número total de citações e sim o número total de diferentes fontes citantes. “Diferente” é a palavra-chave quando o foco é a difusão de ideias contidas em artigos científicos.

A aplicação do fator de difusão pode ser feita para análise de um único artigo, ou então, do conjunto dos artigos publicados por um pesquisador, ou em uma área, ou por um grupo de pesquisa, ou por um país (2012). O método proposto por Rousseau, Liu e Ye (2012), atribui 1 como o crédito máximo de contribuição, e a contagem deve ser fracionada de forma igual. Pode-se ainda utilizar outros métodos de contagem sem alteração da proposta. Quanto à autocitação, os autores preferem mantê-la na contagem, mas não é uma obrigatoriedade. A medida de distribuição de Gini é usada como ferramenta estatística para equacionar o problema, como apresentado na *Figura 1*:

Figura 1. Coeficiente de Gini conforme Rousseau, Liu e Ye (2012)

$$G_e(X) = \frac{2 \sum_{j=1}^N jX_j}{\mu N^2} - \frac{1}{N}$$

Fonte: Rousseau, Liu e Ye (2012).

Nota:  $G_g(X)$  = coeficiente de Gini para o período;

$X = (x_j)$  e  $j = 1, \dots, n$  (matriz de números não negativos).

$jX$  = Variação das posições do período.

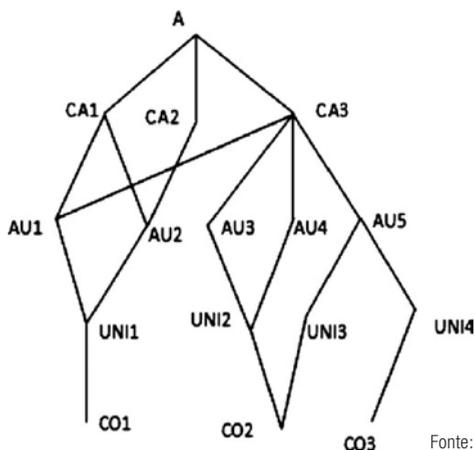
$N$  = Número de camadas analisadas.

$\mu$  = Média do conjunto  $\{x_j\}$ .

O Coeficiente de Gini é uma medida de desigualdade desenvolvida pelo estatístico italiano Corrado Gini, em 1912. É comumente utilizado para calcular a desigualdade de distribuição de renda, entretanto, pode ser usado em outras distribuições. Este índice consiste em um número entre 0 e 1, onde 0 corresponde à completa igualdade de renda (ou seja, existe menor concentração, quando todos têm a mesma renda) e 1 corresponde à completa desigualdade (ou seja, existe maior concentração, quando uma pessoa tem toda a renda, e as demais nada têm). O índice de Gini é o coeficiente expresso em pontos percentuais (é igual ao coeficiente multiplicado por 100) (Sandroni, 1996).

O esquema a seguir representa o método de organização dos indicadores em camadas para análise dos fatores de difusão: citações, autores citantes, instituição de filiação e país de filiação do autor citante.

Figura 2. Esquema do sistema em camadas para cálculo do Fator de Difusão



Fonte: Rousseau, Liu e Ye (2012).

As camadas analisadas correspondem, conforme *Figura 2*, a: Camada 1 (CA): ao conjunto de todas as citações (recebidas pelo artigo A) numa janela de citação dada; Camada 2 (AU): ao conjunto de todos os autores citantes da amostra; Camada 3 (UNI): ao conjunto de todas as instituições a que os autores citantes pertencem; e Camada 4 (CO): ao conjunto de todos os países aos quais pertencem essas instituições. A *Tabela 1* apresenta o método de contagem em camadas para um dado artigo:

*Tabela 1.* Exemplo da contagem fracionada das camadas de Autor, de Instituição e de País

| <b>Autores (Au)</b>        | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Autor 1                    | 0,5                   |                       | 0,25                  | 0,75        |
| Autor 2                    | 0,5                   | 1                     |                       | 1           |
| Autor 3                    |                       |                       | 0,25                  | 0,25        |
| Autor 4                    |                       |                       | 0,25                  | 0,25        |
| Autor 5                    |                       |                       | 0,25                  | 0,25        |
| <i>Peso Autor</i>          | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>2,50</i> |
| <b>Universidades (Uni)</b> | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
| Universidade 1             | 1                     | 1                     | 0,25                  | 1           |
| Universidade 2             |                       |                       | 0,5                   | 0,5         |
| Universidade 3             |                       |                       | 0,125                 | 0,125       |
| Universidade 4             |                       |                       | 0,125                 | 0,125       |
| <i>Peso Universidade</i>   | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1,75</i> |
| <b>Países (Co)</b>         | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
| País 1                     | 1                     | 1                     | 0,25                  | 1           |
| País 2                     |                       |                       | 0,625                 | 0,625       |
| País 3                     |                       |                       | 0,125                 | 0,125       |
| <i>Peso País</i>           | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1,75</i> |

Fonte: Rousseau, Liu e Ye (2012).

Nota das autoras: A soma horizontal de cada unidade (Artigo, Instituição, País) tem peso máximo = 1. O termo universidade foi mantido do texto original (University), no entanto, pode-se entender esta unidade como Instituição de filiação do autor.

No exemplo acima um Artigo A é citado por 3 outros artigos (CA), a soma da fração de autoria (AU) é 2,5; levando-se em conta que a contagem de cada artigo citante contribui no total de 1 unidade de autor e se houver mais de um autor, as contribuições de cada um são fracionadas em partes iguais ( $1/n$ ). A soma da fração das instituições (UNI) e países (CO) é respectivamente 1,75, ambas são resultados derivados das contribuições de autores. Então, cada artigo citante contribui com um total de exatamente 1 unidade (universidade/instituto ou país) e se existirem diferentes autores em digamos n instituições, cada autor recebe uma contribuição de  $(1/n)$  e, se no entanto, um autor tem k endereços institucionais, cada instituto contribui através deste

autor, uma pontuação de  $(1/nk)$ . O somatório horizontal não pode exceder a um tendo em vista que o peso máximo de cada unidade, por exemplo, um autor, uma instituição ou um país é um. Finalizando a análise, a média da soma destas frações é  $\mu = 2,25$ , temos  $N = 4$ ;  $X = (3; 2.5; 1.75; 1.75)$  e, aplicada a fórmula chega-se ao índice de Gini ponderado como  $Ge=0.875$ .

## METODOLOGIA

Para a aplicação da teoria de fatores de difusão segundo a metodologia de Rousseau, Liu e Ye (2012) foram necessários os procedimentos metodológicos descritos a seguir.

As citações à produção científica do IBGE foram identificadas na Web of Science através da opção de busca avançada das referências citadas (Cited Reference Search). A partir da tela de recuperação, no campo de autor citado (Cited Author), utilizou-se a expressão de busca ao IBGE construída pela agregação das diversas variantes da sigla e do nome completo da Instituição, em inglês e português, com o uso de operador booleano “OR” como apresentado abaixo:

IBGE OR (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA) OR (Brazilian Geography and Statistics Institute) OR (BRAS FUND I BRAS OR BRAS GE OR BRAS GEOGR EST OR BRAS IBGE OR BRAS MIN AGR I BR OR BRASIL F I GEOGR OR BRASIL FUND IBGE OR BRASIL I BRAS GEO OR BRASIL IBGE OR BRAZIL F I BRAS G OR BRAZIL F I GEOGR OR BRAZIL FIBGE OR BRAZIL FIBGE OR BRAZIL FUND I BRA OR BRAZIL FUND I GEO OR BRAZIL FUND IBGE OR BRAZIL I BRAS ES OR BRAZIL I BRAS GEO OR BRAZIL I BRAZ GEO OR BRAZIL I GEOG EST OR BRAZIL IBGE OR CENS DEM OR CENSO OR FUND I OR FUND IBGE OR FUND INST BRAS GE OR FUNDACAO IBGE\* OR IBGE INSTITUTO OR PESQ NAC AM DOM OR PESQ NAC POR AM D OR PESQ NAC SAUD NUT OR PESQ PEC MUN OR PNAD).

Ainda na tela de recuperação, no campo de definição do período de busca (Timespan), foi incluído o período de 2001 até 2009 (ano a ano) para a coleta em 2010 e as citações no ano de 2010 para a coleta realizada em junho de 2011. As duas etapas de coleta de dados foram feitas nas três coleções, a saber, Science Citation Index, Social Sciences Citation Index e o Humanities and Arts Citation Index.

Com o objetivo de garantir a qualidade das análises foram necessários procedimentos de limpeza e padronização dos dados coletados. No total, foram excluídos 43 documentos que não correspondiam ao levantamento

correto, por não apresentarem citações ao IBGE ou estarem fora do período de análise. Os procedimentos incluíram a correção e a padronização dos nomes de autores e das respectivas instituições de filiação, que procurou eliminar a duplicidade de entradas causada pelos erros de digitação e grafia diversas das entradas de nomes de pessoas, dos departamentos, faculdades, hospitais, laboratórios, empresas, entidades governamentais, entre outras instituições.

Após, os dados foram analisados com o uso do *software* BibExcel<sup>3</sup> e do programa de planilha eletrônica Microsoft Excel 2007. No conjunto dos dados recuperados foram isoladas as informações de autoria contidas no campo AU e contabilizadas ano a ano, e as respectivas informações de instituição e países contidas no campo C1 de endereçamento.

Na *Figura 3*, com objetivo de exemplificar o método de contagem conforme a metodologia de Rousseau, Liu e Ye (2012), foram relacionados três registros bibliográficos importados da base de dados Web of Science. Posteriormente são apresentados os dados fracionados em planilha. Na exemplificação foram mantidos os campos AU que corresponde à autoria; TI ao Título do artigo citante; SO ao Título do periódico citante; C1 ao campo com o endereçamento dos autores, de onde se extraem as informações de instituição e país de filiação; os demais campos de descrição/identificação dos registros bibliográficos originais foram suprimidos.

*Figura 3.* Exemplo de Documentos Citantes de 2010

| Registro 1 de 2010  |
|---|
| Au Gioia, Simone M.C.L.<br>Babinski, Marly<br>Weiss, Dominik J.<br>Kerr, Americo A.F.S.<br><br>TI Insights into the dynamics and sources of atmospheric lead and particulate matter in Sao Paulo, Brazil, from high temporal resolution sampling<br><br>SO ATMOSPHERIC RESEARCH, VL 98, IS 2-4, BP 478-485, PY 2010<br>C1 [Gioia, Simone M. C. L.; Babinski, Marly] Univ Sao Paulo, Inst Geociencias, Ctr Pesquisas Geocronol, BR-05508080 Sao Paulo, Brazil.<br>[Weiss, Dominik J.] Univ London Imperial Coll Sci Technol & Med, London SW7 2AZ, England.<br>[Weiss, Dominik J.] Nat Hist Museum, London SW7 5PD, England.<br>[Kerr, Americo A. F. S.] Univ Sao Paulo, Inst Fis, Dept Fis Aplicada, BR-05508080 Sao Paulo, Brazil. |

3 BibExcel é um software desenvolvido por Olle Persson (Umeå University, Suécia), que possui um conjunto de ferramentas que auxiliam na análises bibliométricas a partir de dados bibliográficos. Disponível em: <<http://www8.umu.se/inforsk/Bibexcel/>>. Acesso em 10 jun. 2010.

Registro 2 de 2010

Au Michalski, Fernanda  
Metzger, Jean Paul  
Peres, Carlos A.

TI Rural property size drives patterns of upland and riparian forest retention in a tropical deforestation frontier

SO GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE-HUMAN AND POLICY DIMENSIONS VL 20 IS 4 BP 705-712, PY 2010

C1 [Michalski, Fernanda; Metzger, Jean Paul] Univ Sao Paulo, Biosci Inst, Dept Ecol, BR-05508900 Sao Paulo, Brazil.  
[Michalski, Fernanda] Inst Procarvivoros, BR-12940970 Atibaia, SP, Brazil.  
[Peres, Carlos A.] Univ E Anglia, Sch Environm Sci, Ctr Ecol Evolut & Conservat, Norwich NR4 7TJ, Norfolk, England.

Registro 3 de 2010

Au Norris, Darren  
Michalski, Fernanda  
Peres, Carlos A.

TI Habitat patch size modulates terrestrial mammal activity patterns in Amazonian forest fragments

SO JOURNAL OF MAMMALOGY, VL 91 IS 3 BP 551-560 PY 2010

C1 [Norris, Darren; Michalski, Fernanda] Univ Estadual Paulista, Dept Ecol, Lab Biol Conservacao, BR-13506900 Sao Paulo, Brazil.  
[Michalski, Fernanda] Inst Procarvivoros, BR-12945010 Sao Paulo, Brazil.  
[Peres, Carlos A.] Univ E Anglia, Sch Environm Sci, Ctr Ecol Evolut & Conservat, Norwich NR4 7TJ, Norfolk, England.

Legenda:

AU: Campo autoria;

ti: Título do artigo citante;

so: Título do periódico citante;

C1: Campo com o endereçamento dos autores, de onde se extraem as informações de instituição e país de filiação dos autores;

Nota: Por se tratar de um recurso de exemplificação os demais campos de descrição/identificação dos registros bibliográficos originais foram suprimidos.

Os dados observados na *Figura 3* foram contabilizados conforme demonstrado

A partir do exemplo da *Figura 3* procede-se o cálculo fracionado, conforme é apresentado na *Tabela 2*:

Tabela 2. Contagem fracionada das camadas de Autor, de Instituição e de País dos registros 1-3 de 2010

| <b>Autores (Au)</b>                     | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| Gioia, Simone M.C.L.                    | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Babinski, Marly                         | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Weiss, Dominik J.                       | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Kerr, Americo A.F.S.                    | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Michalski, Fernanda                     |                       | 0.33                  | 0.33                  | 0.66        |
| Metzger, Jean Paul                      |                       | 0.33                  |                       | 0.33        |
| Peres, Carlos A.                        |                       | 0.33                  | 0.33                  | 0.66        |
| Norris, Darren                          |                       |                       | 0.33                  | 0.33        |
| <i>Peso Autor</i>                       | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>2,98</i> |
| <b>Universidades/Instituições (uni)</b> | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
| Universidade de São Paulo               | 0.5                   | 0.33                  |                       | 0.83        |
| University of London                    | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Natural History Museum                  | 0.25                  |                       |                       | 0.25        |
| Instituto Pró-Carnívoros                |                       | 0.33                  | 0.33                  | 0.66        |
| University of East Anglia               |                       | 0.33                  | 0.33                  | 0.66        |
| Universidade Estadual Paulista          |                       |                       | 0.33                  | 0.33        |
| <i>Peso Universidade</i>                | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>2,98</i> |
| <b>Países (co)</b>                      | <b>Artigo 1 (CA1)</b> | <b>Artigo 2 (CA2)</b> | <b>Artigo 3 (CA3)</b> | <b>Soma</b> |
| Brazil                                  | 0.5                   | 0.66                  | 0.66                  | 1           |
| England                                 | 0.5                   | 0.33                  | 0.33                  | 1           |
| <i>Peso País</i>                        | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>1</i>              | <i>2</i>    |

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Cada unidade (Autor, Universidade/instituições, País) tem peso máximo = 1.

Finalizando a exemplificação, um conjunto de artigos teriam sido citados por 3 outros artigos (CA), a soma da fração de autoria citante (AU) é 2.98, e a soma da fração das instituições (UNI) e países citantes (CO) é respectivamente 2.98 e 2. A média da soma destas frações é  $\mu = 2.74$ , tem-se  $N = 4$  e chega-se ao índice de Gini ponderado  $Ge = 0.93$ . Como o resultado está mais próximo a 1 do que a zero, pode-se considerar um ótimo grau de difusão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período compreendido entre os anos 2001 a 2010 o IBGE publicou mais de 99 títulos diferentes e recebeu 3.985 citações. Na Tabela 3 abaixo estão relacionados os 10 produtos informacionais produzidos pelo IBGE mais citados.

Tabela 3. Publicações do IBGE mais citadas no período 2001-2010

| Publicação citada                                    | Tema                                      | Frequência   | %          | Σ %    |
|--|---|--------------|------------|--------|
| Censo demográfico                                    | População                                 | 887          | 22.26      | 22.26  |
| Pesquisa nacional por amostra de domicílios (PNAD)   | Trabalho e rendimento                     | 307          | 7.70       | 29.96  |
| Pesquisa de orçamentos familiares (POF)              | Orçamento familiar                        | 205          | 5.14       | 35.11  |
| Levantamento de recursos naturais RADAMBRASIL        | Recursos naturais e meio ambiente         | 170          | 4.27       | 39.37  |
| Censo agropecuário                                   | Agropecuária                              | 166          | 4.17       | 43.54  |
| Anuário estatístico do Brasil                        | Informações socioeconômicas e geográficas | 155          | 3.89       | 47.43  |
| Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)       | Informações socioeconômicas e geográficas | 138          | 3.46       | 50.89  |
| Levantamento sistemático da produção agrícola (LSPA) | Agropecuária                              | 105          | 2.63       | 53.53  |
| Produção agrícola municipal (PAM)                    | Agropecuária                              | 92           | 2.31       | 55.83  |
| Contagem da população                                | População                                 | 76           | 1.91       | 57.74  |
| Demais publicações                                   | —   | 1,684        | 42.26      | 100.00 |
| <i>Total</i>   | —   | <i>3,985</i> | <i>100</i> | —      |

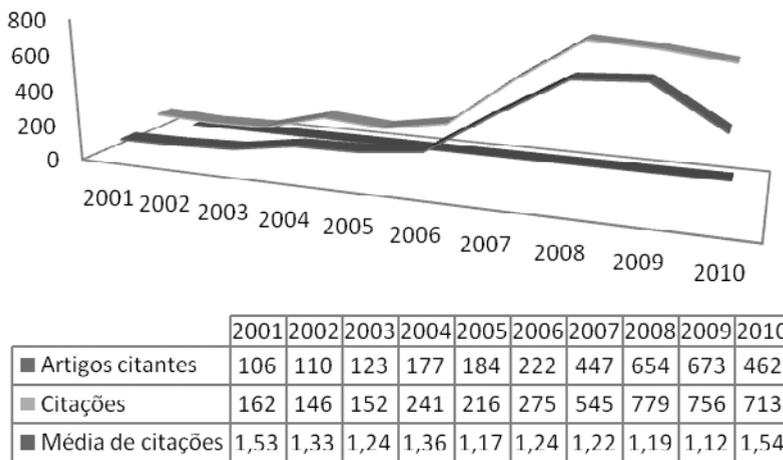
Fonte: Dados da pesquisa.

Observase que os 10 documentos mais citados correspondem a 57.74% das citações recebidas, ficando o restante (42.26) 7% distribuídos nos demais documentos. O primeiro mais citado, que responde por pouco mais de 20% das citações é o Censo Demográfico, uma publicação de reconhecida importância, que apresenta dados populacionais do Brasil desde os primórdios do Estado brasileiro. Os dados do Censo tem periodicidade decenal e são em forma de tabelas sobre idade, sexo, deficiência, cor ou raça, religião, educação, fecundidade, mortalidade, nupcialidade, migração, trabalho e rendimento da população brasileira; sobre o número de componentes e características da família brasileira; dados sobre os domicílios e sua situação

em relação à localização, disponibilidade de serviços de água, esgotamento sanitário, eletricidade, além de enumerar a existência de bens duráveis e características dos responsáveis pelos domicílios (IBGE, 2013). As demais fontes de informação relacionadas na tabela acima, como o SIDRA, por exemplo, perfazem percentuais de participação menores o que poderia ser interpretado como indicador de menor importância entre os documentos produzidos pelo IBGE. Contudo, a evidência de que essas fontes são citadas pelos acadêmicos na produção de novos conhecimentos torna as pesquisas e os levantamentos estatísticos produzidos pelo IBGE de grande relevância.

Dentre as 3,985 citações, identificaram-se 3,158 documentos citantes à produção científica do IBGE. Quando foram analisados os autores destes documentos, encontrou-se 10,707 nomes diferentes, perfazendo uma média de 1.29 citações por autor e frequência que variou de 1 a 19 citações às publicações do IBGE por autor. Na *Figura 4* pode-se observar o movimento crescente dos documentos citantes no decorrer do período, da mesma forma o número de citações e a média de citações por ano.

Figura 4. Artigos e número de citações às Publicações do IBGE na WoS em 2001-2010



No período de 2001 a 2010 observa-se um movimento crescente de documentos citantes ao longo da década, com 106 artigos citantes em 2001 e chegando ao número maior em 2009 com 674. Da mesma forma cresceu o número de citações no período e a média de citações por ano manteve-se entre 1.53 em 2001 e 1.54 em 2010.

Das 1.272 instituições de filiação dos autores citantes classificadas conforme a atividade principal de acordo com a Classificação Nacional de Atividade Econômica (cnae)<sup>4</sup> apresentadas na *Tabela 3*, 748 (58.80%) são de abrangência nacional, ou seja, são brasileiras ou estão sediadas no Brasil, enquanto 518 (40.72%) são estrangeiras sediadas em outros países. Quando aplica-se o critério de atividade principal para cada uma das instituições, destacam-se as instituições voltadas para atividade de Educação superior (47.96%), seguidas das instituições voltadas para a Pesquisa e desenvolvimento científico (22.88%), seguidos pelos órgãos da Administração pública em geral (13.79%) como as Secretarias municipais de saúde, por empresas de Atividades de atenção à saúde humana (7.78%), como os hospitais e clínicas médicas, por empresas voltadas para atividades de agricultura, pecuária e serviços relacionados (1.73%), por indústrias de transformação (1.57%), por entidades voltadas para atividades de organizações associativas patronais, empresariais e profissionais (1.18%), por companhias de eletricidade e gás (Ex. Eletronorte), da construção (Ex. Águas de Limeira SA), e instituições museológicas, com atividades de exploração de lugares, prédios históricos e atrações similares (Ex.: American Museum of Natural History), atividades financeiras e serviços relacionados (Ex.: bndes), entre outras.

*Tabela 4.* Instituições de filiação dos autores citantes do IBGE na WoS no período de 2001/2010 segundo atividade econômica principal

| Atividade principal                   | Cód. CNAE* | Número de unidades |             |       |       | Frequência |             |       |       |
|---------------------------------------|------------|--------------------|-------------|-------|-------|------------|-------------|-------|-------|
|                                       |            | Nacional           | Estrangeira | Total | %     | Nacional   | Estrangeira | Total | %     |
| Educação superior                     | P 853      | 294                | 316         | 610   | 47.96 | 4,780      | 1.009       | 5,789 | 76.49 |
| Pesquisa e desenvolvimento científico | M 72       | 163                | 128         | 291   | 22.88 | 900        | 227         | 1.127 | 14.89 |
| Administração pública em geral        | O 8411-6   | 143                | 26          | 169   | 13.29 | 285        | 54          | 339   | 4.48  |
| Atividades de atenção à saúde humana  | Q 86       | 78                 | 21          | 99    | 7.78  | 132        | 30          | 162   | 2.14  |

| Atividade principal   | Cód. CNAE* | Número de unidades |              |               |               | Frequência   |              |               |               |
|---|------------|--------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
|   |            | Nacional           | Estrangeira  | Total         | %             | Nacional     | Estrangeira  | Total         | %             |
| Indústria de transformação  | Seção C    | 11                 | 9            | 20            | 1.57          | 12           | 13           | 25            | 0.33          |
| Atividades de organizações associativas patronais, empresariais e profissionais           | S 941      | 9                  | 6            | 15            | 1.18          | 10           | 9            | 19            | 0.25          |
| Organismos internacionais e outras instituições extraterritoriais                         | U 99       | —                  | —            | 6             | 0.47          | —            | —            | 22            | 0.29          |
| Eletricidade e Gás  | Seção D    | 5                  | 0            | 5             | 0.39          | 7            | 0            | 7             | 0.09          |
| Construção  | Seção F    | 5                  | 0            | 5             | 0.39          | 6            | 0            | 6             | 0.08          |
| Atividades de museus e de exploração de lugares e prédios históricos e atrações similares | R 9102-3   | 2                  | 8            | 10            | 0.79          | 11           | 11           | 22            | 0.29          |
| Atividades Financeiras e serviços relacionados  | Seção K    | 1                  | 0            | 1             | 0.08          | 1            | 0            | 1             | 0.01          |
| Outros  | —          | 2                  | 0            | 2             | 0.16          | 2            | 0            | 2             | 0.03          |
| <i>Total</i>  | —          | <i>748</i>         | <i>518</i>   | <i>1,272</i>  | <i>100.00</i> | <i>6,188</i> | <i>1,358</i> | <i>7,568</i>  | <i>100.00</i> |
| <i>%</i>  | —          | <i>58.80</i>       | <i>40.72</i> | <i>100.00</i> | —             | <i>81.76</i> | <i>17.95</i> | <i>100.00</i> | —             |

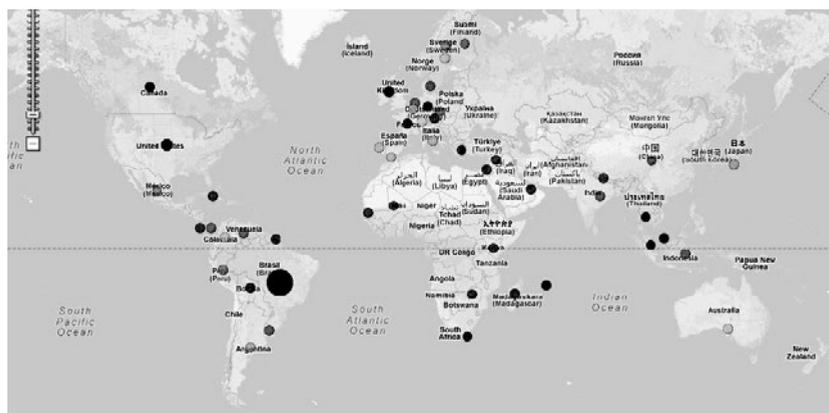
\* Nota: As instituições foram agrupadas de seções até subclasses conforme a Classificação cnae.

As instituições de abrangência internacional estão caracterizadas pelos órgãos de desenvolvimento e por seus departamentos e representações regionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), a Comissão Europeia (UE) entre outras e representam menos de 1% das ocorrências. Analisar a atividade principal das instituições citantes revela a importância dos documentos produzidos pelo IBGE para diversos setores da sociedade brasileira

e internacional, ou seja, a informação gerada pelo IBGE é relevante e subsidia a pesquisa científica.

As instituições que citaram a produção científica do IBGE são sediadas em diversos países. Observouse que das 7,587 ocorrências de países presentes no vínculo institucional do campo de localização dos autores, 6,168 (81.30%) destas ocorrências são para o Brasil e as demais estão distribuídas para 49 países diferentes. A distribuição das instituições e autores entre diferentes países favorece a disseminação das informações estatísticas produzidas pelo IBGE. Observou-se que 82.35% das citações são provenientes de 9 países da América do Sul (Argentina, Bolívia, Brasil, Colômbia, Guiana Francesa, Panamá, Peru, Uruguai e Venezuela); 9.71% da América do Norte, representada pelo Canadá e USA; 6.93% das citações foram feitas por países Europeus (Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Itália, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Tcheca, Suécia e Suíça). Outros países de diferentes continentes somam juntos aproximadamente 1% das citações: Costa Rica, Cuba e México localizados na América Central; 8 países da Ásia (China, Índia, Indonésia, Japão, Malásia, Nepal, Singapura e Tailândia); Austrália e Nova Zelândia na Oceania; 7 países localizados no continente Africano (África do Sul, Quênia, Madagascar, Mali, Maurício, Senegal, Zimbábue); Israel, Síria e Emirados Árabes no Oriente Médio.

Figura 5. Infográfico da distribuição geográfica dos países de filiação dos autores que citaram a produção científica do IBGE na WoS no período 2001-2010



Legenda: frequência das citações



Os dados apresentados mostram que as publicações do ibge receberam um grande número de citações no período, advindas de diferentes autores, instituições e países. Com o objetivo de comprovar que estas citações refletem a difusão satisfatória do conhecimento produzido pelo ibge buscou-se na literatura o fator de difusão equacionado por Rousseau, Liu e Ye(2012). A partir do conjunto das citações recebidas pelas publicações do ibge no período de 2001-2010, conforme descrito anteriormente, e a aplicação da análise dos fatores de difusão propostos por Rousseau, Liu e Ye (2012), obteve-se os dados da *Tabela 4*:

*Tabela 5.* Produção científica do IBGE - Artigos Citantes, Autores, Instituições e Países – 2001-2010

| Ano  | Artigos Citantes(ca) | Soma Frações Autores Citantes(au) | Soma Frações Instituições Citantes(uni) | Soma Frações Países Citantes(co) | $G_e$ |
|------|----------------------|-----------------------------------|---|----------------------------------|-------|
| 2001 | 106                  | 105.49                            | 70.02                                   | 8.58                             | 0.72  |
| 2002 | 110                  | 109.24                            | 69.39                                   | 7.85                             | 0.71  |
| 2003 | 123                  | 121.76                            | 75.53                                   | 12.17                            | 0.72  |
| 2004 | 177                  | 176.00                            | 95.51                                   | 10.07                            | 0.68  |
| 2005 | 184                  | 182.25                            | 89.74                                   | 10.07                            | 0.67  |
| 2006 | 222                  | 221.22                            | 118.88                                  | 16.81                            | 0.69  |
| 2007 | 447                  | 444.96                            | 179.66                                  | 17.86                            | 0.64  |
| 2008 | 654                  | 638.16                            | 235.75                                  | 20.54                            | 0.63  |
| 2009 | 673                  | 671.42                            | 233.50                                  | 18.23                            | 0.62  |
| 2010 | 462                  | 460.72                            | 203.66                                  | 21.32                            | 0.66  |

Fonte: Dados da pesquisa.

Após aplicação da fórmula  $G_e$  obteve-se resultados entre 0,62 em 2009 e 0,72 em 2001 e 2003, indicando um fator de dispersão satisfatório, ou seja, a existência de um grande número de autores, instituições e países diferentes que citam as publicações do IBGE.

Outra consideração importante é a de que, embora o número absoluto de citações seja variável e crescente no período, como em 2008 e 2009 com 654 e 673 artigos citantes, o índice  $G_e$  mantém-se entre 0.63 e 0.62 respectivamente. Sendo que em 2001 e 2003 quando o melhor índice (0.72) foi encontrado tem-se um número de artigos citantes menor, 106 e 123 respectivamente. Desta forma, pode-se dizer que apenas o número absoluto de citações não indica uma boa difusão, mas se analisado em conjunto com os autores citantes, instituições e países citantes é possível determinar o grau de concentração deste conhecimento, conforme estudado por Rousseau, Liu e Ye (2012).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Indicadores bibliométricos são necessários por trazerem novas perspectivas ao entendimento da comunicação científica. O fator de difusão, apesar de não ser completo, é uma medida que pode fornecer informações adicionais sobre a influência e difusão de um artigo, um periódico ou um autor. Partindo da ideia de que as citações representam a difusão do conhecimento e que o coeficiente de Gini padronizado ( $G_e$ ) reflete a medida desta difusão demonstrou-se que é possível calcular e acompanhar a propagação de um conhecimento ao longo de um período.

Das 1.272 instituições de filiações dos autores citantes, 748 (58.80%) são brasileiras ou estão sediadas no Brasil, enquanto 518 (40.72%) são estrangeiras. As instituições voltadas para atividades educacionais lideram (47.96%), seguidas pelas instituições de P&D (22.88%) e as demais ocupam os setores públicos, como as secretarias de estados, hospitais, empresas de atividade agrícola, pecuária e serviços, além das indústrias, entre outras.

Em relação aos países, das 7,587 ocorrências de países presentes no vínculo institucional dos autores, 6.168 (81.30%) destas se referem ao Brasil, e as demais ocorrências estão distribuídas entre 49 países diferentes. A distribuição por continentes é a seguinte: América do Sul (82.35%); América do Norte (9.71%); Europa (6.93%); e América Central, Ásia, Oceania, África e Oriente Médio (aproximadamente 1% dos autores citantes).

Os resultados apontam para uma distribuição das citações feitas por diversos autores em diversas instituições e países diferentes. Com o intuito de compreender melhor este resultado, aplicou-se um indicador mais sofisticado, o fator de difusão. A relação de que quanto maior a quantidade de autores, instituições e países diferentes melhor será o grau de difusão é bem clara quando analisamos os dados absolutos de citações do IBGE. A aplicação do cálculo do fator de difusão comprovou a ideia aparente nos números absolutos: índice de Gini entre 0,62 em 2009 e 0,72 em 2001 e 2003 indica a desigualdade entre os documentos citantes, o que significa um fator de dispersão satisfatório. Ou seja, a existência de um grande número de autores, instituições e países diferentes que citam as publicações do IBGE é favorável para uma melhor disseminação das informações e do conhecimento gerado pela Instituição.

O presente estudo tem características de experimento compartilhado, sujeito a críticas e observações. A análise bibliográfica realizada apresenta limitações em relação ao período de coleta dos dados, pois está limitada aos dez anos, ficando fora desta análise as citações que ocorreram nos anos precedentes, assim como os documentos indexados após a data de coleta;

também em relação à fonte de dados, visto que a base WoS não cobre de forma exaustiva as publicações científicas, ficando fora desta análise as citações que ocorrem em periódicos não indexados e em documentos primários, como as dissertações, teses, trabalhos de conclusão, entre outros; e em relação à natureza das citações bibliográficas de fontes oficiais, visto que alguns editores de periódicos científicos orientam os autores a que façam referência às informações oficiais apenas como notas de rodapé ou em notas de fontes nas tabelas, não relacionando-as na lista de referências no final dos artigos.

## REFERÊNCIAS

- Frandsen, Tove F. 2004. “Journal diffusion factors – a measure of diffusion?”, *Aslib Proceedings*, vol. 56, no. 1: 5-11.
- Frandsen, Tove F., Ronald Rousseau e Ian Rowlands. 2006. “Diffusion factors”, *Journal of Documentation*, vol. 62, no. 1: 58-72.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2016. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/disseminacao/eventos/missao/instituicao.shtm>>. Acesso em 24 maio 2016.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2013. *Metodologia do Censo Demográfico 2010*. Rio de Janeiro: ibge, 713 p. (Série relatórios metodológicos, v. 41). Disponível em <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81634.pdf>>. Acesso em 24 maio 2016.
- Liu, Yuxian, Ismael Rafols e Ronald Rousseau. 2012. “A framework for knowledge integration and diffusion”, *Journal of Documentation*, vol. 68, no. 1: 31-44.
- Liu, Yuxian; Rousseau, Ronald. 2010. “Knowledge diffusion through publications and citations: a case study using ESI-Fields as unit of diffusion”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 61, no. 2: 340-351.
- Liu, Yuxian, Ronald Rousseau e Raf Guns. 2013. “A layered framework to study collaboration as a form of knowledge sharing and diffusion”, *Journal of Informetrics* (Amsterdam), vol. 7, no. 3: 651-664.
- Rousseau, Ronald, Yuxian Liu e Fred Y. Ye. 2012. “A preliminary investigation on diffusion through a layered system”, *Journal of Informetrics* (Amsterdam), vol. 6, no. 2: 177-191.
- Rowlands, Ian. 2020. “Journal diffusion factors: a new approach to measuring research influence”, *Aslib Proceedings*, vol. 54, no. 2: 77-84.
- Rummler, Guido. 2006. “Modelagem de um indicador bibliométrico para análise da dispersão de conhecimentos”, *Ciência da Informação*, Brasília, v. 35, n. 1, p. 63-71, jan./abr. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ci/v35n1/v35n1a08.pdf>>. Acessado em 12 março 2013.
- Sandroni, Paulo. 1996. *Dicionário de administração e finanças*. São Paulo: Best Seller.
- Zanotto, Sônia R. 2011. “Informação estatística oficial produzida pelo IBGE: apropriação pela comunidade científica brasileira no período de 2001 a 2009. 2011”. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Informação, Dissertação (Mestrado em Comunicação e Informação), 165 f. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bit>

stream/handle/10183/30278/000777441.pdf?sequence=1. Acessado em: 12 março 2012.

Zanotto, Sônia R.; Samile A. S. Vanz e Ida R. C. Stumpf. 2011. “A informação estatística oficial produzida pelo IBGE e a sua difusão geográfica”, In *Anais...* Brasília: XII Encontro Nacional de Ciência da Informação e Biblioteconomia.

*Para citar este texto:*

Zanotto, Sônia Regina, Souza Vanz, Samile Andréa de, Chittó Stumpf, Ida Regina. 2017. “Fator de difusão: uma medida da difusão do conhecimento através das citações”. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 101-122.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57887>

# Detección y análisis de “clústers bibliográficos” en las publicaciones de Iberoamérica sobre ciencia, tecnología y sociedad (1970-2013)

Daniela De Filippo\*  
Luciano Levin\*\*

*Artículo recibido:*  
7 de marzo de 2016  
*Artículo aceptado:*  
27 de septiembre de 2016

## RESUMEN

El campo ciencia, tecnología y sociedad (CTS) ha logrado una evidente consolidación, manifiesta en la existencia de revistas especializadas, congresos, un lenguaje común y en la posibilidad de identificar un conjunto de actores pertenecientes a aquél. Sin embargo, la demarcación del campo no resulta sencilla. El objetivo de este estudio es presentar una nueva metodología para identificar y analizar las publicaciones de CTS del mundo y, en concreto, de Iberoamérica. Utilizando la base de datos

\* Laboratorio de Estudios Métricos de la Información (LEMI), Depto. de Bibliotecología y Documentación, Universidad Carlos III de Madrid, España. [dfilippo@bib.uc3m.es](mailto:dfilippo@bib.uc3m.es).

\*\* Proyecto D-Tec, Universidad Nacional de La Pampa-Centro CCTS, Universidad Maimónides, Argentina. [lucianolevin@gmail.com](mailto:lucianolevin@gmail.com).

Web of Science, se han recuperado 47,349 documentos (un 4.6% de ellos pertenecen a Iberoamérica) y se obtuvieron los principales indicadores bibliométricos de actividad y especialización. Para profundizar en el estudio temático de las publicaciones e indagar en las relaciones intertextuales, se han utilizado técnicas de *bibliographic coupling* para identificar clústers bibliográficos (CB). Con esto se pretende conocer mejor la estructura temática de la investigación en CTS y analizar su dinámica a lo largo del tiempo.

**Palabras clave:** Bibliometría; Ciencia; Tecnología y sociedad; Iberoamérica; Clústers bibliográficos, *Bibliographic coupling*; Publicaciones científicas.

**Detection and analysis of “bibliographic clusters” in Iberoamerican publications on science, technology and society (1970-2013)**

*Daniela De Filippo and Luciano Levin*

**ABSTRACT**

Science, Technology and Society (STS) field shows a clear consolidation, manifested in the existence of journals, conferences, a common language and the possibility of identifying a set of actors belonging to him. However, the demarcation of the field is not easy. Therefore, the aim of this study is to present a new methodology to identify and analyze the STS publications in the world and particularly in Latin America. Using the Web of Science database, 47,349 documents (4.6% from Latin America) were recovered and the main bibliometric indicators of activity and specialization were obtained. To study the thematic and the intertextual relationships of publications, bibliographic coupling techniques — to identify “Bibliographical clusters”— were used. Through this approach we try to know the thematic structure of STS research and analyze their dynamics over time.

**Keywords:** Bibliometric indicators; Science; Technology and Society; Iberoamerica; Bibliographic clusters; Bibliographic coupling; Scientific publications.

## INTRODUCCIÓN

Al hablar del campo ciencia, tecnología y sociedad encontramos numerosas acepciones y estudios que lo analizan, entre éstas, algunas definiciones consideran que el campo CTS es hoy un ámbito de trabajo reciente y heterogéneo, aunque bien consolidado, con un carácter interdisciplinar en el que convergen disciplinas como la filosofía de la ciencia, historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio tecnológico (García *et al.*, 2001: 125). En el ámbito concreto de la actividad científica de CTS en Iberoamérica, muchos estudios han contribuido a su definición y análisis (Vessuri, 1987; García *et al.*, 2001; Vaccarezza, 2004; Arellano *et al.*, 2011) y, en todos ellos, un elemento constitutivo de este ámbito es su multidisciplinariedad.

La interacción de abordajes provenientes de diferentes disciplinas que —a pesar de contar con marcos teóricos muy dispares— convergen en una visión del mundo que se ha denominado CTS es, quizá, una de sus mayores fortalezas. Es evidente que esta área trasciende el marco general de las disciplinas —entendidas al mismo tiempo como espacios sociales de interacción, como marcos normativos y como demarcación cognitiva (Kreimer, 2000) — y que se presenta como un espacio con una dinámica propia. La mayor parte de esos estudios, sin embargo, definen el campo en términos generales y abstractos, señalando los problemas a los que estaría habilitado a abordar. No obstante, esos estudios lejos están de presentar una caracterización precisa de cuáles son los problemas de investigación que concretamente son y han sido abordados por el campo de la CTS.

Probablemente, debido a las características mencionadas —la multidisciplinariedad y su dinámica particular— la demarcación cognitiva, es decir, la definición de los problemas de investigación que conforman el campo, se vuelve más compleja. Esto ha provocado que existan pocos estudios dedicados a definir el ámbito de CTS. Éste es, por tanto, el principal desafío de este trabajo: definir y caracterizar un corpus documental que represente al campo de la CTS.

Partimos del supuesto según el cual un campo científico se entendería como una comunidad científica (Kuhn, 1986), epistémica (Haas, 1992) o una “cultura epistémica” (Knorr, 1996) —un espacio que comparte una agenda,

conforma redes y posee un sistema de creencias y valores compartidos—. Asimismo, asumimos que el ritmo y las orientaciones temáticas de este tipo de campo no son idénticos en todos los contextos nacionales o regionales, ya que las fortalezas previas en una determinada temática, el grado de dependencia tecnológica, la existencia de políticas de fomento a ciertas líneas o temas y la integración en redes internacionales, harían que existan variaciones importantes entre regiones y países.

Desde hace más de cuatro décadas, el análisis cuantitativo de la actividad de investigación científica ha sido abordado por la bibliometría, centrada en el análisis de la producción de conocimientos certificados, que son esencialmente artículos científicos. Su uso se debe, especialmente, a que son documentos fácilmente accesibles y su presentación altamente codificada facilita el tratamiento. Además, se consideraría que los artículos captan los conocimientos en el momento preciso de su divulgación, manteniéndose bastante próximos de la ciencia que está en pleno proceso de elaboración (Callon *et al.*, 1995).

Para el estudio de campos en los que confluyen numerosas disciplinas, se han desarrollado diferentes metodologías (Morillo *et al.*, 2001; Sanz *et al.*, 2002). Entre éstas, resultan especialmente relevantes para este estudio las que analizan las referencias compartidas entre textos científicos (Kessler, 1963; Blondel *et al.*, 2008; Price, 1963), pues son un buen punto de partida para construir un cuerpo de datos que sintetice un corpus epistémico. Los textos que comparten referencias hablan de temas en común y se interpretarían como parte un mismo conjunto (Grauwin y Jensen, 2011).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, para iniciar un acercamiento al contenido de las publicaciones de CTS en Iberoamérica, aquí presentamos una metodología para delimitar un conjunto de documentos relacionados con la problemática de dicho campo. A partir de allí, analizamos el contenido de estos textos, haciendo hincapié en la evolución de las relaciones temáticas. Nos centraremos en el análisis de las publicaciones iberoamericanas publicadas en revistas de la corriente principal de la ciencia, para así determinar cuál es la aportación de la región a la producción internacional. Distamos mucho de asumir que esta producción constituye la totalidad de lo que publica la región en este tema.

Por otro lado, si se asume que las publicaciones indexadas en bases de datos internacionales cuentan con una serie de exigencias formales y de contenido, cabe considerar que esta producción es un reflejo de una importante proporción de documentos de calidad. Asimismo, la normalización y estandarización propia de estos documentos facilita su tratamiento y favorece la aplicación de metodologías para el análisis de relaciones intertextuales

(Callon *et al.*, 1995). En definitiva, con este trabajo se intenta responder las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es el tamaño del campo de la CTS en Iberoamérica?
- ¿Cuál es su estructura temática?
- ¿Cómo ha sido la evolución de esa estructura y las interacciones entre las diferentes subáreas a lo largo del tiempo?
- ¿Es posible definir perfiles de producción propios de los países iberoamericanos?

#### FUENTES Y METODOLOGÍA

Este estudio se ha realizado en dos grandes etapas:

- Definición bibliográfica del campo CTS.
- Detección de relaciones temáticas a través del estudio de “comunidades bibliográficas”.

#### *Definición bibliográfica del campo de la CTS*

La metodología observada consiste en la recuperación de un corpus documental, a través de la identificación de publicaciones —indexadas en bases de datos internacionales y otros que cumplieran con alguno de los siguientes requisitos:

- Estar incluidas en revistas con temática de CTS.
- Presentar contenido vinculado con temas de CTS.

Para conformar el conjunto documental que responde al primer requisito, se ha realizado una selección de revistas recogidas en las bases de datos Web of Science y Scopus, que se autodefinen como de ámbitos cercanos al campo de CTS. Para ello se han identificado publicaciones de disciplinas tradicionalmente vinculadas con este ámbito (historia y filosofía de la ciencia, innovación, enseñanza de las ciencias, cienciometría, entre otras). Se han consultado las páginas web de las revistas, para ver cuál es su ámbito disciplinario y se han seleccionado las que se presentan como afines al campo de CTS.

En el *Cuadro 1* se muestran las revistas seleccionadas; asimismo se muestran las categorías a las que pertenecen las revistas en cada una de las bases de datos, pero es importante señalar que la selección no se realiza por

disciplina, sino por revista, en función de las temáticas que cada publicación define como su propio ámbito de estudio.

Cuadro 1. Revistas seleccionadas

| Títulos   | Categoría Web of Science                | Categoría Scopus   |
|---|---|--|
| <i>British Journal of the History of Science</i>                                | History & Philosophy of Science         | History  |
| <i>British Journal of the Philosophy of Science</i>                             |   |  |
| <i>History &amp; Philosophy of the Life Science</i>                             |   |  |
| <i>History of Science</i>   |   | Social Sciences, miscellaneous   |
| <i>Minerva</i>  |   |  |
| <i>Philosophy of Science</i>  |   | History  |
| <i>Social Studies of Science</i>  |   |  |
| <i>Public Understanding Science</i>   |   |  |
| <i>Studies in History &amp; Philosophy of Science</i>                           |   |  |
| <i>Journal of Science Education and Technology</i>                              | Education & Educational Research        | Education  |
| <i>British Journal of Educational Technology</i>                                |   | Education Engineering  |
| <i>Educational Technology &amp; Society</i>                                     |   | Education  |
| <i>Educational Technology Research &amp; Development ETR&amp;D</i>              |   |  |
| <i>Ethics &amp; Information Technology</i>                                      | Information Sciences & Library Sciences | Human computer interaction   |
| <i>Information Society</i>  |   | Library and Information Sciences   |
| <i>Information Technology for Development</i>                                   |   | Computer sciences  |
| <i>Information Technology &amp; People</i>                                      |   | Library and Information Sciences   Management of technology and innovation |
| <i>Journal of the American Society for Information Science &amp; Technology</i> |   | Library and Information Sciences   Computer Sciences                       |
| <i>Scientometrics</i>   |   | Computer sciences Social sciences  |
| <i>Research Evaluation</i>  |   | Library and Information Sciences   |
| <i>Science, Technology and Society</i>  |   | Management   |
| <i>Research Policy</i>  | Planning & development                  | Business, Management and Accounting   Economics, Econometrics and Finance  |

Para el segundo requisito, a partir de una revisión bibliográfica, se han seleccionado términos específicos que aluden a las temáticas CTS. Tras la elaboración de un listado inicial de términos (discutidos en el marco del Instituto Inaecu), se realizó una validación por expertos de la región en diversas disciplinas. Se ha contado con la validación de diez investigadores de sociología de la ciencia y la tecnología, innovación, comunicación pública de la ciencia, bibliometría y filosofía de la ciencia de Argentina, Brasil, México y España, todos ellos pertinentes a la red Iberoamericana de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (Esocite).

Los términos clave seleccionados se utilizaron para identificar documentos CTS, buscándolos en el título, palabras claves y resumen de los documentos. En el *Cuadro 2* se presentan los términos elegidos. Si bien se muestran de manera genérica, para su aplicación se han utilizado diferentes variantes (singular, plural, truncamiento, familias de palabra, etc.) y se han buscado tanto en inglés, como en portugués y en español.

*Cuadro 2.* Términos seleccionados

| Términos   |
|--|
| Science, Technology and Society/ STS/ Social Studies of Science and Technology/ production and social use of knowledge/ knowledge society/ social construction of knowledge/ scientific periphery/ popularization of science/ science communication/ scientific-technological literacy/ university, science and technology/ science, technology and development/ economy of technological change/ economy of innovation/ citizen participation in science and technology/ bioethics and research of science and technology/ management of science and technology/ scientific and technological policy/ research evaluation/ scientometrics/ science, technology and gender/ philosophy of science/ philosophy of technology/ history of science/ history of technology/ sociology of science/ sociology of technology/ scientific education/ economy of science/ sociology of knowledge/ public understanding of science/ perception of science/ social or public appropriation of scientific knowledge/ technoscience/ scientific controversies/ public participation in science and technology/ public engagement with science and technology/ Actor-Network Theory. |

Una vez definidas las revistas y los términos clave, se procedió a la recuperación de documentos de la base de datos Web of Science. Se ha utilizado la colección principal incluyendo las bases de datos: SCI, SSCI y A&HCI. A pesar de las críticas y limitaciones de la fuente, en este caso resultó especialmente útil por su desagregación en 250 categorías disciplinares, lo que permite una mayor riqueza de análisis frente a otras fuentes. Asimismo, los programas informáticos utilizados para el análisis de clústers (punto 2 de la metodología) han sido desarrollados para tratar documentos de esta fuente.

Tras un primer análisis de los documentos de todo el mundo, se han seleccionado los correspondientes a instituciones de Iberoamérica (filtrado por

país firmante) y se han obtenido los principales indicadores bibliométricos. El periodo analizado corresponde a los años 1970-2013 (De Filippo, 2014).

### *Análisis de “clústers bibliográficos”*

La segunda parte de este trabajo propone una variante metodológica que permite el estudio de áreas de investigación basadas en el análisis de *clusters* (conglomerados) conformados por conjuntos de textos que se agrupan según sus referencias compartidas. La hipótesis subyacente es que, a medida que dos textos comparten un mayor número de referencias, los temas a los que se refieren tienen cada vez mayor parecido. Se utiliza la herramienta “BiblioTools 2.1” (disponible en <[http://www.sebastian-grauwin.com/?page\\_id=427](http://www.sebastian-grauwin.com/?page_id=427)>) desarrollada por Grauwin y Jensen (2011; Grauwin *et al.*, 2012). A partir del concepto bibliométrico de *bibliographic coupling* (Kessler, 1963); esta herramienta transforma la información bibliográfica obtenida de Web of Science en “mapas de la ciencia”. Para ello extrae de las publicaciones que conforman los datos de análisis, conjuntos coherentes de información (autores, instituciones, palabras clave, áreas temáticas, revistas de publicación, entre otros) a partir de las publicaciones que comparten referencias. Con esta información se generan conjuntos bibliográficos llamados “clústers bibliográficos” (CB), en los que se puede calcular para cada clúster la frecuencia de aparición (%f) de palabras clave, temáticas, revistas, instituciones, países, autores y referencias. Se calcula también el grado de significación ( $\sigma$ ) para cada una de estas variables en cada CB, según la siguiente función:

$$\sigma = \sqrt{N(f - p) / \sqrt{p(1 - p)}}$$

donde  $N$  es el número de artículos de un CB y  $f$  y  $p$  son la proporción de artículos en el CB y en el total de documentos (Grauwin *et al.*, 2012). Esta información se muestra resumida en cuadros donde se seleccionan sólo los valores más altos de % de frecuencia y de significación.

Tras la obtención de los CB, los grafos que se obtienen como resultado pueden ser fácilmente representados con herramientas del análisis de redes sociales (ARS/SNA).

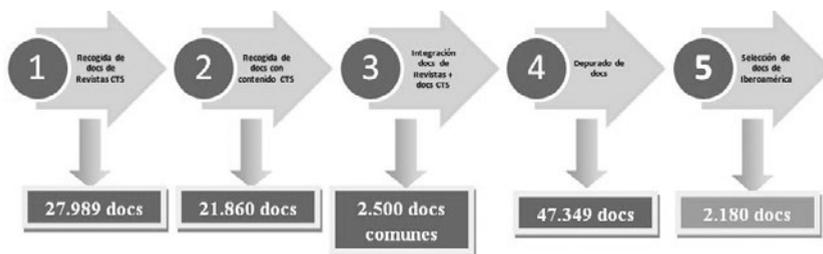
En este trabajo, tras la identificación y recuperación de publicaciones del campo de CTS, se realizó el análisis de CB sólo de los documentos de Iberoamérica. Esto permitió detectar las diferentes temáticas de interés local y su evolución a lo largo del tiempo. Para la visualización de datos, se ha utilizado el programa Gephi, seleccionando para la distribución el algoritmo de Fruchterman-Reingold (1991).

## RESULTADOS

***Recuperación de documentos de CTS***

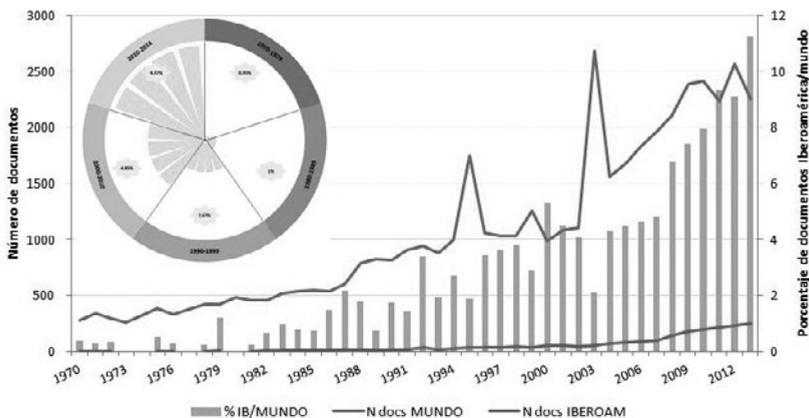
De acuerdo con la metodología descrita, se han obtenido de la Web of Science los documentos de CTS. Dado que se han detectado términos que resultarían ambiguos (como las siglas STS), fue necesario depurar los documentos que generan ruido. Para ello se realizaron filtrados por términos clave y disciplina, asimismo se relevaron los resúmenes de los textos afectados. Finalmente, se ha obtenido un total de 47,349 publicaciones del mundo, de los cuales 2,180 han sido firmados por centros de países de Iberoamérica. En la *Figura 1* se muestra el proceso seguido.

*Figura 1.* Proceso de obtención de documentos de CTS

***Características de la producción de CTS***

La producción científica del mundo vinculada al campo CTS ha aumentado constantemente, con menos de 3,500 documentos en la década de los setenta, hasta llegar a más de 26,000 entre 2000 y 2013. De este total de 2,180 documentos (4.6% de la producción mundial), han sido firmados por países de Iberoamérica y han tenido una presencia muy reducida hasta finales de los noventa (menos de 50 documentos anuales). A partir de entonces, el incremento ha sido muy notorio (superior al 2000%, mientras que la producción total de la región creció un 790%), hasta llegar a los 253 documentos en 2013 (*Figura 2*).

Figura 2. Evolución anual del número de documentos de CTS del mundo y de Iberoamérica



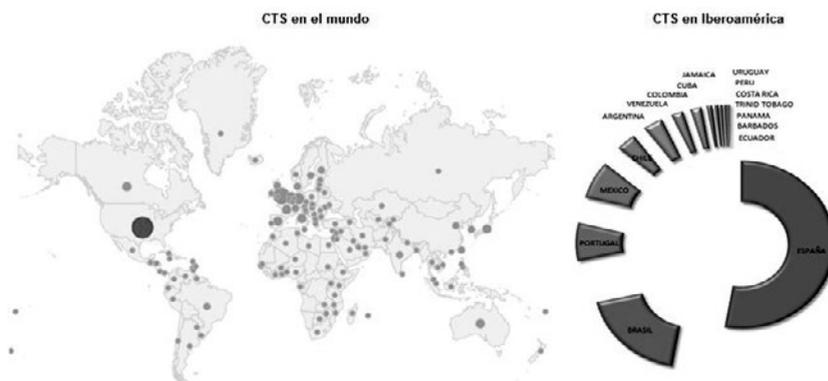
Este aumento se ha evidenciado no sólo en valores absolutos, sino que ha crecido también la aportación de la región al mundo. Así, en los años setenta, las publicaciones de CTS de Iberoamérica representaban un 0.35% del mundo; en los ochenta estos porcentajes subieron al 1%, llegando al 2.7% en la década siguiente. En la del dos mil, esta cifra siguió creciendo hasta llegar al 4.8% del mundo y en la última década representa el 9.4% (Figura 2).

Al considerar el idioma, se aprecia que, si bien el inglés es predominante en el campo de la CTS, éste representa un 13.5% menos en las publicaciones de Iberoamérica (95% de inglés en el mundo frente a 81.5% del inglés en Iberoamérica), donde ganan espacio otras lenguas como el español o el portugués.

En cuanto a los países con mayor producción en el campo de la CTS, Estados Unidos participa con un 31% de las publicaciones del mundo, seguido de Inglaterra (15%) y, con menos participación, se encuentran Alemania (5.5%), Canadá (4.7%) y Holanda (3.5%). Entre los países iberoamericanos, España ocupa la primera posición (en décimo lugar mundial) y luego Brasil, en la posición 21 del mundo.

Los países iberoamericanos con publicaciones de CTS en la WoS fueron 17, y entre ellos España es el que participa con un 55% de los documentos de la región. Brasil aporta un 20%, mientras que Portugal y México rondan el 8% de participación cada cual. Le siguen Chile y Argentina, con casi 4%, y luego Venezuela y Colombia, con un 2% de los documentos cada cual (Figura 3).

Figura 3. Distribución de la producción de CTS del mundo y de Iberoamérica



Las categorías disciplinares que mayor presencia tienen en la producción de CTS del mundo fueron History and Philosophy of science; Education, Educational Research e Information Science and Library Science. Dentro de la producción de Iberoamérica, la categoría que destaca es Information Sciences and Library Science (747 docs.), seguida de Computer Science (461 docs.) y de History and Philosophy of Science (416 docs.). Cuando se compara la aportación porcentual de la producción de Iberoamérica frente a la del mundo para calcular el Índice de Actividad (IA), se aprecia que entre las disciplinas con más de quince documentos de CTS en la región, destacan Chemistry, Multidisciplinary (IA=6.44), Humanities Multidisciplinary (IA=5.60), Ecology (IA=5.38) y Physics Multidisciplinary (IA=4.27) (*Cuadro 3*).

Cuadro 3. Distribución de la producción de Iberoamérica por categoría de la WoS

| WC Ibero   | N doc | %     | Ia   | %I/mundo |
|--|-------|-------|------|----------|
| Information Science & Library Science            | 747   | 34.27 | 2.03 | 9.09     |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 461   | 21.15 | 2.70 | 12.12    |
| History & Philosophy of Science                  | 416   | 19.08 | 0.45 | 2.01     |
| Education & Educational Research                 | 282   | 12.94 | 0.75 | 3.36     |
| Management                                       | 205   | 9.40  | 1.46 | 6.54     |
| Planning & Development                           | 191   | 8.76  | 1.51 | 6.79     |
| Computer Science, Information Systems            | 150   | 6.88  | 1.26 | 5.65     |
| Humanities, Multidisciplinary                    | 63    | 2.89  | 5.60 | 25.10    |
| Education, Scientific Disciplines                | 58    | 2.66  | 2.41 | 10.82    |

| WC Ibero                                    | N doc | %    | la   | %IB/mundo |
|---|-------|------|------|-----------|
| Communication                               | 55    | 2.52 | 1.22 | 5.45      |
| Physics, Multidisciplinary                  | 46    | 2.11 | 4.27 | 19.17     |
| Social Sciences, Interdisciplinary          | 42    | 1.93 | 0.43 | 1.91      |
| Philosophy                                  | 41    | 1.88 | 0.64 | 2.86      |
| Ecology                                     | 34    | 1.56 | 5.38 | 24.11     |
| Public, Environmental & Occupational Health | 28    | 1.28 | 3.43 | 15.38     |
| Chemistry, Multidisciplinary                | 28    | 1.28 | 6.44 | 28.87     |
| Psychology, Multidisciplinary               | 25    | 1.15 | 1.73 | 8.13      |
| Multidisciplinary Sciences                  | 20    | 0.92 | 0.94 | 4.20      |
| Sociology                                   | 19    | 0.87 | 0.41 | 1.83      |
| Biology                                     | 18    | 0.83 | 3.14 | 14.06     |
| Neurosciences                               | 16    | 0.73 | 3.92 | 17.58     |

Las revistas que mejor han recogido la producción del campo de la CTS a nivel mundial han sido British Journal for the History of Science, British Journal of Education Technology, Philosophy of Science y Scientometrics. Por su parte, las revistas en las que se ha concentrado la mayor producción de CTS de la región fueron Scientometrics, Research Policy, Journal of the American Society y Information Science and Technology. Evidentemente, muchas de las revistas identificadas previamente como de contenido de CTS encabezan la lista (se han señalado en rojo), pero hay otras, como Arbor, Science Education, Revista Brasileira de Ensino de Física e Interciencia, que recogen una importante producción de CTS de la región. De hecho, esta última tiene toda su producción sobre CTS firmada por al menos un autor de la región, tal como ocurre con Química Nova (Cuadro 4). Esto sucede porque algunas de estas revistas son de origen iberoamericano.

Cuadro 4. Distribución de la producción de Iberoamérica por categoría de la WoS

| Revista   | N doc ib | %IB   | N doc mundo | %IB/ doc mundo |
|---|----------|-------|-------------|----------------|
| <i>Scientometrics</i>   | 453      | 20.78 | 3,839       | 11,80          |
| <i>Research Policy</i>  | 185      | 8.49  | 2,690       | 6,88           |
| <i>Journal of the American Society for Information Science and Technology</i> | 134      | 6.10  | 2,544       | 5.27           |
| <i>Educational Technology Society</i>   | 73       | 3.35  | 1,035       | 7.05           |
| <i>History and Philosophy of the Life Sciences</i>                            | 70       | 3.03  | 1,750       | 4.00           |

| Revista  | N doc ib | %IB  | N doc mundo | %IB/ doc mundo |
|--|----------|------|-------------|----------------|
| <i>Arbor Ciencia Pensamiento y Cultura</i>                             | 58       | 2.66 | 84          | 69.05          |
| <i>Research Evaluation</i>   | 52       | 2.39 | 414         | 12.56          |
| <i>British Journal of Educational Technology</i>                       | 50       | 2.29 | 3,395       | 1.47           |
| <i>Studies in History and Philosophy of Science</i>                    | 44       | 2.02 | 1,463       | 3.01           |
| <i>Public Understanding of Science</i>                                 | 41       | 1.88 | 808         | 5.07           |
| <i>Philosophy of Science</i>   | 33       | 1.51 | 3,881       | 0.85           |
| <i>British Journal for the History of Science</i>                      | 32       | 1.47 | 4,007       | 0.80           |
| <i>Revista brasileira de ensino de fisica</i>                          | 29       | 1.28 | 29          | 100.00         |
| <i>Interiencia</i>   | 27       | 1.24 | 35          | 77.14          |
| <i>Social Studies of Science</i>                                       | 27       | 1.24 | 1,689       | 1.60           |
| <i>British Journal for the Philosophy of Science</i>                   | 26       | 1.19 | 2,837       | 0.92           |
| <i>Science Education</i>   | 26       | 1.19 | 174         | 14.95          |
| <i>Historia Ciencias Saude Manguinhos</i>                              | 24       | 1.10 | 27          | 88.89          |
| <i>Minerva</i>   | 23       | 1.06 | 1,785       | 1.29           |
| <i>Quimica Nova</i>  | 22       | 1.01 | 22          | 100.00         |
| <i>Information Society</i>   | 20       | 0.92 | 732         | 2.73           |
| <i>Educational Technology research and Development (etrd)</i>          | 16       | 0.73 | 1,091       | 1.47           |
| <i>Theoria Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia</i> | 16       | 0.73 | 28          | 57.14          |
| <i>Ensenanza de las Ciencias</i>                                       | 15       | 0.69 | 17          | 88.24          |
| <i>Journal of science education and technology</i>                     | 15       | 0.69 | 403         | 3.72           |
| <i>Informacao sociedade estudos</i>                                    | 10       | 0.46 | 12          | 83.33          |
| <i>International journal of science education</i>                      | 10       | 0.46 | 118         | 8.47           |

### ***Detección de clústers bibliográficos***

Al aplicar la metodología detallada para la obtención de CB —usando la herramienta Biblio Tools—, se han detectado ocho clústers relevantes (con más de diez artículos); es decir, que entre la producción de Iberoamérica se han generado ocho agregados bibliográficos, cada uno de los cuales comparte referencias comunes. Se muestran enseguida los que cuentan con más de cien documentos y el restante se presenta en el anexo.

Los cuadros presentados son obtenidos directamente por el programa. Cada una representa una comunidad que se denomina con la palabra clave más frecuente en el conjunto documental. Para cada clúster se calcula la frecuencia porcentual de aparición de cada variable (palabra clave, temática, revista, etc) ( $f\%$ ) y la significación ( $\sigma$ ) que éstas adquieren en esa comunidad. Así, una significación  $>1$  indica que esa variable está más presente en esa comunidad que en el resto.

El primer clúster (CB no. 1) está integrado por 345 artículos y se compone de textos sobre actitud pública hacia la ciencia —especialmente en el ámbito educativo—, con un eje fuerte en los trabajos de Bruno Latour como marco teórico/analítico. Aunque aparece como relevante la temática History & Philosophy of Science, se trata de textos que no se inscriben en la tradición de la historia de la ciencia o la epistemología clásica.

Esta comunidad se organiza en torno a las teorías de “Actor-red”, propuesta principalmente por la escuela francesa (Callón y Latour), y que son los estudios mayoritarios en Iberoamérica. Estas características se evidencian en la alta significación alcanzada en las referencias utilizadas, en las revistas referenciadas y en las de publicación. Entre las instituciones de la región con mayor importancia en este CB destaca la Pontificia Universidad Católica de Chile ( $\sigma=5.07$ ) (Cuadro 5).

El CB no. 2 lo componen 341 publicaciones, cuyos referentes teóricos principales son Thomas Kuhn e Imre Lakatos, y en las que se hace también referencia a autores como Matthews y Popper. Este conjunto documental versa sobre discusiones vinculadas con la conformación de los campos disciplinares, y parece de especial interés para autores de Venezuela, Argentina y Brasil, que son los países con mayor significación positiva (Cuadro 6).

En el CB no. 3 la temática principal de los 307 textos es la innovación y la gestión tecnológica. Los principales referentes teóricos son Cohen y Nelson (Cuadro 7).

En el caso de los CB nos. 4-7 existe una importante orientación hacia los estudios métricos de la información y principalmente la cienciometría/bibliometría. En los cuatro, la principal revista de publicación y de referencia es *Scientometrics*, y existen términos clave como indicadores, impacto, colaboración científica que muestran el carácter cuantitativo de este conjunto documental.

Los principales autores referenciados son también reconocidos investigadores en el campo de la bibliometría: Glanzel, Hirsch, Egghe, Garfield, Katz, Van Raan (cuadros 8-11). A pesar de tratar temáticas similares, las publicaciones se agrupan en clústers diferentes, porque se trata de autores de grupos distintos (csis de España, Universidad de Granada y Universidad Carlos III de Madrid), cuyos referentes teóricos dentro del campo varían.

El último CB, el no. 8, cuenta sólo con doce documentos de ámbitos diversos, ya que el reducido número de publicaciones no permite identificar con claridad su orientación (véase anexo).

Cuadro 5. Principales indicadores del CB no. 1

The community "SCIENCE" contains N = 345 articles. Its average internal link weight is  $\langle w_{ij} \rangle \approx 1/1261$

| Keyword                               | f(%)  | n     | Institution                      | f(%)  | n     | Reference  | f(%)  | n     |
|---------------------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| SCIENCE                               | 4.96  | 410   | USC                              | 7.54  | 238   | Latorre B, 1997, SCI ACTION FOLLOW SC (0), 0   | 1.91  | 920   |
| TECHNOLOGY                            | 3.22  | 0.17  | UNIV COMPLUTENSE MADRID          | 4.64  | 2.63  | Latorre B, 2005, REASSEMBLING SOCIAL (0), 0  | 4.35  | 9.20  |
| KNOWLEDGE                             | 4.06  | 0.19  | UNIV AUTONOMA BARCELONA          | 4.35  | 3.09  | anonymosa, 1992, COMMUNICATION (0), 0  | 3.19  | 7.95  |
| DESIGN                                | 2.61  | 2.17  | UNIV CARLOS III MADRID           | 3.19  | 0.39  | Wassenaar M, 2003, TECHNOLOGY AND SOCIAL INCLUSION - RE-THINKING THE DIGITAL DIVIDE (0), | 2.90  | 7.58  |
| ATTITUDES                             | 2.32  | 4.04  | PONTIFICIA UNIV CATORICA         | 2.90  | 5.07  | Novis P, 2001, DIGITAL DIVIDE CIVIC (0), 0   | 2.92  | 6.78  |
| BIOTECHNOLOGY                         | 2.03  | 2.42  | CHILE                            | 2.90  | 2.09  | Latorre B, 1988, PASTEURIZATION FRANC (0), 0   | 2.03  | 5.35  |
| EDUCATION                             | 2.03  | 2.42  | UNIV LISBON                      | 2.90  | 2.09  | Callon M, 1986, POWER ACTION BELIEF (0), 196   | 2.03  | 5.80  |
| INSTRUCTION                           | 1.74  | 2.93  | UNIV NOVA LISBOA                 | 2.90  | 2.51  | Shapiro P, 2004, PUBLIC UNDERST SCI (13), 55   | 2.03  | 6.34  |
| HEALTH                                | 1.74  | 1.66  | UNIV VALENCIA                    | 2.61  | 0.91  | Gregory J, 1998, SCI PUBLIC COMMUNICA (0), 0   | 2.03  | 6.34  |
| INTERNET                              | 1.74  | 1.66  | UNIV ESTADUAL CAMPINAS           | 2.61  | 1.04  | anonymosa, 1941, COMMUNICATION (0), 0  | 2.03  | 6.34  |
| INFORMATION                           | 1.74  | 0.81  | FUNDACAO OSWALDO CRUZ            | 2.32  | 3.05  | Zurita G, 2004, COMPUT EDUC (52), 289  | 2.03  | 6.34  |
| ENVIRONMENT                           | 1.45  | 2.78  | UNIV CHILE                       | 2.03  | 1.74  | anonymosa, 1993, COMMUNICATION (0), 0  | 2.03  | 6.34  |
| RISK                                  | 1.45  | 1.98  | CITR CIENCIAS HUMANAS & SOCIALES | 1.74  | 3.42  | Galland J, 1998, MAKING NATURAL KNOWL (0), 0   | 1.74  | 4.83  |
| FRAMEWORK                             | 1.45  | 1.24  | UNIV AUTONOMA MADRID             | 1.74  | 2.92  | Wynne B, 1995, HDH SCI TECHNOLOGY S (0), 261   | 1.74  | 5.87  |
| ENVIRONMENTS                          | 1.45  | 2.34  | UNIV GRANADA                     | 1.74  | 0.92  | Shapiro S, 1985, LEVIATHAN AIR PUMP B (0), 0   | 1.74  | 3.80  |
| POLICY                                | 1.45  | 0.18  | UNIV NACL AUTONOMA MEXICO        | 1.74  | 1.54  | Secord JA, 2004, RES (60), 454   | 1.74  | 5.87  |
| GENETICS                              | 1.45  | 3.14  | UNIV NACL AUTONOMA MEXICO        | 1.74  | 1.54  | Cooper R, 1994, HIST SCI (23), 237   | 1.74  | 5.87  |
| METAANALYSIS                          | 1.45  | 3.14  | UNIV FED RIO DE JANEIRO          | 1.74  | 0.55  | Giddens A, 1996, CONSEQUENCES MODERNI (0), 0   | 1.74  | 5.87  |
| HISTORY                               | 1.45  | 0.58  | DEPT FILOSOFIA                   | 1.74  | 2.00  | Latorre B, 1999, PANDORAS HOPE ESSAYS (0), 0   | 1.74  | 5.87  |
| CHILDREN                              | 1.16  | 0.94  | UNIV FED MINAS GERAIS            | 1.74  | 0.64  | De Chatterjee S, 2002, DESIGNS LIFE MOL BIO (0), 0                                       | 1.45  | 5.36  |
|                                       |       |       | UNIV POMPEU FABRA                | 1.74  | 2.13  |  |       |       |
| Subject                               | f(%)  | n     | Country                          | f(%)  | n     | Journal  | f(%)  | n     |
| History & Philosophy Of Science       | 36.23 | 16.07 | Spain                            | 47.54 | 23.96 | SOC STUD SCI   | 18.84 | 8.51  |
| Education & Educational Research      | 28.70 | 11.18 | Brazil                           | 20.09 | 0.03  | COMPUT EDUC  | 14.49 | 13.08 |
| Communication                         | 11.59 | 12.64 | Portugal                         | 10.43 | 1.47  | RES  | 14.20 | 10.67 |
| Information Science & Library Science | 10.43 | 0.09  | Chile                            | 7.54  | 3.39  | PUBLIC UNDERST SCI   | 13.33 | 14.38 |
| Humanities, Multidisciplinary         | 4.06  | 2.16  | China                            | 6.09  | 1.93  | SCIENCE  | 11.01 | 3.02  |
| Social Sciences, Interdisciplinary    | 4.06  | 3.09  | USA                              | 4.06  | 0.93  | COMADMIN ACM   | 9.26  | 5.66  |
| Sociology                             | 2.32  | 0.62  | England                          | 4.06  | 0.93  | NATURE   | 8.59  | 3.19  |
| Management                            | 2.32  | 0.63  | Mexico                           | 4.06  | 0.24  | BRIT J EDUC TECHNOL  | 7.83  | 9.64  |
| Philosophy                            | 2.03  | 0.80  | Colombia                         | 3.72  | 3.17  | SCI TECHNOL HUM VAL  | 7.83  | 9.64  |
| Computer Science, Information Systems | 2.03  | 2.83  | France                           | 2.32  | 1.46  | LECT NOTES COMPUT SC   | 6.38  | 5.35  |
| Journal                               | f(%)  | n     | Author                           | f(%)  | n     | Title Words  | f(%)  | n     |
| TECHNOL TECHNOL SOC                   | 13.91 | 12.92 | Numbum M                         | 2.03  | 7.37  | SCIENCE  | 30.83 | 3.88  |
| PUBLIC UNDERST SCI                    | 9.28  | 11.85 | Simoes A                         | 2.03  | 4.76  | LEARNING   | 11.88 | 9.64  |
| HIST CIENC SAUDE/MAN                  | 5.31  | 9.19  | Bernardo-Mangin B                | 1.74  | 0.02  | PUBLIC   | 7.25  | 5.25  |
| HIST J EDUC TECHNOL                   | 5.22  | 4.08  | Hernandez-Leo D                  | 1.45  | 5.49  | SCIENTIFIC   | 7.25  | 5.25  |
| HIST PHIL LIFE SCI                    | 4.35  | 2.09  | Nieto-Galan A                    | 1.16  | 3.27  | STUDY  | 6.96  | 0.82  |
| ARBOR                                 | 4.06  | 2.48  | Casasús A                        | 1.16  | 3.31  | TECHNOLOGY   | 6.96  | 2.89  |
| SOC STUD SCI                          | 2.90  | 3.27  | Munoz E                          | 1.16  | 2.08  | KNOWLEDGE  | 6.67  | 2.66  |
| MINERVA                               | 2.90  | 4.17  | Aedo I                           | 1.16  | 4.91  | BRAZIL   | 5.80  | 3.27  |
| INFORM SOC                            | 2.61  | 0.48  | Tobó O                           | 1.16  | 4.91  | TEACHERS   | 5.11  | 8.25  |
| HIST SCI                              | 2.03  | 5.50  | Lujan JL                         | 1.16  | 4.91  | HISTORY  | 5.22  | 1.48  |

Cuadro 6. Principales indicadores del CB no. 2

The community "SCIENCE" contains N = 341 articles. Its average internal link weight is  $\langle w_{ij} \rangle \approx 1/453$

| Keyword                               | f(%)  | n     | Institution               | f(%)  | n     | Reference                                      | f(%)  | n     |
|---------------------------------------|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| SCIENCE                               | 11.73 | 1.29  | UNIV ORIENTE              | 6.16  | 10.85 | Kuhn TS, 1962, STRUCTURE SCI REVOLU (0), 0     | 9.09  | 13.23 |
| PHILOSOPHY                            | 5.57  | 7.53  | DEPT CIENC                | 6.16  | 8.49  | Matthews M, 1994, SCI TEACHING ROLE IH (0), 0  | 9.09  | 13.50 |
| STUDENTS                              | 5.57  | 5.42  | CUBANA BIBLI              | 4.99  | 9.78  | Kuhn TS, 1970, STRUCTURE SCI REVOLU (0), 0     | 8.80  | 12.48 |
| EDUCATION                             | 4.99  | 4.91  | UNIV SAO PAULO            | 4.99  | 2.26  | Lakatos I, 1970, CRITICISM GROWTH KNO (0), 91  | 7.92  | 12.59 |
| KNOWLEDGE                             | 3.23  | 0.61  | UNIV LISBON               | 4.69  | 4.73  | Thomson J J, 1897, PHILOS MAG (44), 293        | 4.99  | 9.97  |
| MODELS                                | 2.93  | 1.80  | MEXICO CITY 04510         | 4.40  | 2.90  | Mash M, 1997, SCI EDUC (83), 405               | 4.69  | 9.87  |
| BELIEFS                               | 2.93  | 5.47  | DEPT FIS                  | 4.40  | 3.30  | Niaz M, 1998, SCI EDUC (82), 327               | 4.40  | 9.37  |
| HISTORY                               | 2.93  | 3.18  | UNIV NACL AUTONOMA MEXICO | 4.11  | 0.81  | Lederman NG, 1992, J RES SCI TEACH (29), 331   | 4.11  | 9.05  |
| PHYSICS                               | 2.64  | 3.21  | DEPT FILOSOFIA            | 4.11  | 5.83  | Rutherford E, 1911, PHILOS MAG (21), 609       | 3.81  | 8.72  |
| CONCEPTIONS                           | 2.64  | 5.14  | FAC EDUC                  | 3.81  | 5.10  | Papper & R, 1950, LOGIC SCI DISCOVERY (0), 0   | 3.52  | 8.32  |
| CURRICULUM                            | 2.64  | 5.07  | UNIV AUTONOMA BARCELONA   | 3.81  | 2.37  | Van Fraassen BAS, 1980, SCI IMAGE (0), 0       | 3.52  | 8.37  |
| RATIONAL RECONSTRUCTION               | 2.35  | 3.25  | UNIV BASQUE COUNTRY       | 3.81  | 2.93  | Hacking Ian, 1965, REPRESENTING ENTERVE (0), 0 | 2.64  | 7.25  |
| EVOLUTION                             | 1.76  | 0.37  | CSIC                      | 3.32  | 4.44  | Giere V, 1988, EXPLAINING SCI COGNI (0), 0     | 3.23  | 8.01  |
| VEWS                                  | 1.76  | 4.54  | EPSTEINMOL SCI GRP        | 3.23  | 7.84  | Holton G, 1978, HIST STUD PHYS BIOL (0), 161   | 3.23  | 8.61  |
| MODELS                                | 1.76  | 0.47  | INST FIS                  | 3.23  | 4.51  | Niaz M, 2000, J RES SCI TEACH (27), 480        | 2.64  | 7.64  |
| CONCEPTUAL CHANGE                     | 1.47  | 4.14  | DEPT LOG & PHILOSOPHY SCI | 3.23  | 7.40  | Ogborne J, 2003, J RES SCI TEACH (40), 692     | 2.64  | 7.25  |
| CHEMISTRY TEXTBOOKS                   | 1.47  | 4.14  | DEPT FILOSOFIA            | 2.93  | 5.36  | Lakatos I, 1970, CRITICISM GROWTH KNO (0), 0   | 2.64  | 6.76  |
| CATHODE RAYS                          | 1.47  | 4.14  | FAC CIENCIAS              | 2.64  | 0.48  | Barthes SC, 1991, INT J SCI EDUC (13), 227     | 2.64  | 7.25  |
| INFORMATION                           | 1.47  | 1.14  | INST QUIM                 | 2.64  | 5.20  | Bahr N, 1913, PHILOS MAG (26), 1               | 2.64  | 7.25  |
| JOURNALS                              | 1.47  | -0.10 | UNIV COMPLUTENSE MADRID   | 2.64  | 0.23  | Hanson N, 1958, PATTERNS DISCOVERY (0), 0      | 2.64  | 7.25  |
| Subject                               | f(%)  | n     | Country                   | f(%)  | n     | Journal  | f(%)  | n     |
| History & Philosophy Of Science       | 29.29 | 12.31 | Brazil                    | 38.71 | 4.49  | SCI EDUC                                       | 21.63 | 20.46 |
| Education & Educational Research      | 24.63 | 8.65  | Brazil                    | 23.17 | 1.44  | PHILOS SCI                                     | 20.53 | 18.76 |
| Education, Scientific Disciplines     | 7.92  | 7.29  | Portugal                  | 8.21  | 0.03  | J RES SCI TEACH                                | 19.65 | 18.59 |
| Physics, Multidisciplinary            | 7.14  | 5.99  | Venezuela                 | 7.04  | 7.63  | STRUCTURE SCI REVOLU                           | 19.06 | 16.99 |
| Philosophy                            | 5.87  | 6.61  | Argentina                 | 6.45  | 2.63  | INT J SCI EDUC                                 | 18.68 | 16.99 |
| Humanities, Multidisciplinary         | 5.28  | 3.64  | Mexico                    | 5.87  | 1.05  | SCI ED   | 16.13 | 17.27 |
| Chemistry, Multidisciplinary          | 3.81  | 3.60  | USA                       | 5.28  | 2.44  | SCIENCE  | 15.23 | 16.99 |
| Information Science & Library Science | 3.23  | 10.03 | England                   | 4.40  | 0.94  | SYNTHESE                                       | 14.08 | 15.43 |
| Ecology                               | 2.93  | 2.51  | Colombia                  | 2.05  | 0.05  | BRIT J PHILOS SCI                              | 13.20 | 13.62 |
| Psychology, Multidisciplinary         | 1.76  | 1.33  | Canada                    | 1.76  | 0.20  | NATURE   | 12.90 | 13.16 |
| Journal                               | f(%)  | n     | Author                    | f(%)  | n     | Title Words                                    | f(%)  | n     |
| STUD HIST PHILOS SCI                  | 8.21  | 9.66  | Niaz M                    | 7.33  | 12.42 | SCIENCE  | 34.31 | 10.42 |
| PHILOS SCI                            | 6.74  | 9.34  | Garcia-Carmona A          | 2.05  | 6.55  | PHILOSOPHY                                     | 13.49 | 11.90 |
| SOC EDUC-NETHERLANDS                  | 6.45  | 10.44 | Brazil                    | 1.76  | 0.06  | HISTORY  | 11.44 | 7.55  |
| ARBOR                                 | 4.69  | 3.28  | Morassut T                | 1.47  | 5.53  | SCIENTIFIC                                     | 9.68  | 0.34  |
| REV BRAS ENSINO FIS                   | 4.69  | 6.53  | French S                  | 1.47  | 5.53  | EDUCATION                                      | 7.53  | 4.67  |
| BRIT J PHILOS SCI                     | 4.69  | 6.54  | Monasterio-Mas MA         | 1.47  | 5.53  | CHEMISTRY                                      | 7.04  | 9.63  |
| ENSEN CIENC                           | 4.11  | 8.87  | Vazquez-Alonso A          | 1.47  | 5.53  | PHYSICS  | 6.74  | 8.89  |
| QUIM NOVA                             | 3.23  | 4.99  | Freire O                  | 1.47  | 4.41  | TEXTBOOKS                                      | 4.99  | 9.85  |
| SCI EDUC                              | 2.64  | 7.43  | Peto PA                   | 1.16  | 4.95  | TEACHERS                                       | 4.11  | 7.55  |
| HIST PHIL LIFE SCI                    | 2.35  | 0.26  | Rodriguez MA              | 0.88  | 4.28  | HISTORICAL                                     | 4.11  | 6.58  |

Cuadro 7. Principales indicadores del CB no. 3

The community "INNOVATION" contains N = 307 articles. Its average internal link weight is  $< w_{in} > \geq 1/209$

| Keyword  | f(%)  | σ     | Institution                       | f(%)  | σ     | Reference                                       | f(%)  | σ     |
|--|-------|-------|-----------------------------------|-------|-------|---|-------|-------|
| INNOVATION                                       | 21.82 | 13.54 | CSIC                              | 11.73 | 0.38  | Colson WM, 1986, ADMIN SCI QUART (35), 128      | 14.31 | 17.26 |
| RESEARCH-AND-DEVELOPMENT                         | 14.88 | 13.32 | UNIV POLITECN VALENCIA            | 9.12  | 8.48  | Colson WM, 1986, ECON J (99), 509               | 13.03 | 16.44 |
| TECHNOLOGY                                       | 13.36 | 7.70  | INGENIO                           | 5.54  | 19.07 | Nelson RR, 1982, EVOLUTIONARY THEORY (9), 0     | 12.05 | 15.54 |
| SCIENCE  | 11.73 | -1.21 | UNY CARLOS III MADRID             | 5.21  | 2.50  | Polvin K, 1994, RES POLICY (23), 343            | 11.07 | 15.16 |
| PERFORMANCE                                      | 10.75 | 6.96  | UNY COMPLUTENSE MADRID            | 5.21  | 13.17 | Landvall B-A, 1992, NATL SYSTEMS INNOVAT (9), 0 | 9.79  | 12.22 |
| KNOWLEDGE  | 10.42 | 5.96  | FAC CIENCIAS ECON & EMPRESARIALES | 4.23  | 6.58  | Nelson RR, 1993, NATL INNOVATION SYST (9), 0    | 8.47  | 13.22 |
| FIRMS  | 8.14  | 7.78  | EMPRENARIALES                     | 3.91  | 6.67  | Thoen DJ, 1986, RES POLICY (15), 295            | 7.49  | 12.22 |
| INDUSTRY   | 7.17  | 3.35  | INGENIO CSIC UPV                  | 3.91  | 6.67  | Edowits H, 2000, RES POLICY (29), 169           | 6.84  | 10.90 |
| DETERMINANTS                                     | 7.17  | 6.74  | FAC ECON                          | 3.91  | 6.67  | Giddons M, 1994, NEW PRODUCTION KNOWL (9), 0    | 6.51  | 10.28 |
| POLICY   | 6.19  | 6.51  | DEPT BUSINESS ADM                 | 3.58  | 7.16  | Meyer-Krahmer F, 1998, RES POLICY (27), 828     | 6.31  | 11.36 |
| GROWTH   | 6.19  | 4.67  | UNY BUSSEX                        | 3.58  | 5.75  | Dagupta P, 1994, RES POLICY (23), 487           | 5.86  | 10.61 |
| IMPACT   | 5.21  | -0.46 | UNY ESTADUAL CAMPINAS             | 2.61  | 0.97  | Giliches J, 1991, J ECON LIT (29), 1661         | 5.86  | 10.61 |
| SPILLOVERS                                       | 4.89  | 7.42  | SCH BUSINESS                      | 2.28  | 4.02  | Itneray J, 1991, J MANAGE (17), 99              | 5.54  | 10.28 |
| PERSPCTIVE                                       | 4.89  | 3.89  | INST INNOVAT & KNOWLEDGE          | 2.28  | 6.92  | Nossola I, 1995, KNOWLEDGE CREATING C (9), 0    | 5.21  | 10.35 |
| EMPIRICAL-ANALYSIS                               | 4.89  | 7.77  | MANAGEMENT                        | 2.28  | 6.09  | Van Hippel E, 1988, SOURCES INNOVATION (9), 9   | 4.89  | 9.25  |
| SYSTEMS  | 4.56  | 4.71  | EUROPEAN COMMISS                  | 2.28  | 4.92  | Kogan B, 1992, ORGAN SCI (3), 383               | 4.89  | 10.02 |
| PATTERNS   | 4.23  | 0.34  | ISEE BUSINESS SCH                 | 2.28  | 5.27  | Prosser C, 1987, TECHNOLOGY POLICY EC (9), 0    | 4.89  | 10.02 |
| COMPETITIVE ADVANTAGE                            | 3.91  | 6.94  | BOCCONI UNIV                      | 1.95  | 5.60  | Colson WM, 2002, MANAGE SCI (48), 1             | 4.56  | 9.26  |
| ABSORPTIVE-CAPACITY                              | 3.91  | 6.94  | SPRU                              | 1.95  | 6.19  | Mowery DC, 2001, RES POLICY (30), 59            | 4.56  | 9.68  |
| MODELS   | 3.58  | 2.59  | UNY VALENCIA                      | 1.95  | 0.01  | Waglers B, 1995, RES POLICY (26), 303           | 4.56  | 9.68  |
| Subject  | 1.95  | 2.59  | IPES                              | 1.95  | 5.12  | RedJournal                                      | 1.95  | 0     |
| Management                                       | 26.08 | 32.83 | Country                           | f(%)  | σ     | RES POLICY                                      | 74.92 | 26.30 |
| Planning & Development                           | 55.05 | 32.06 | Spain                             | 60.91 | 13.02 | AM ECON REV                                     | 33.35 | 23.78 |
| Information Science & Library Science            | 24.10 | -1.32 | Brazil                            | 13.03 | -3.07 | IND CORP CHANGE                                 | 27.69 | 21.01 |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 14.33 | -1.21 | Portugal                          | 10.10 | 11.88 | MANAGE SCI                                      | 27.69 | 21.28 |
| Education & Educational Research                 | 4.23  | -3.52 | England                           | 9.77  | 3.21  | STRATEGIC MANAGE J                              | 27.38 | 22.55 |
| Humanities, Multidisciplinary                    | 3.28  | 1.10  | Usa                               | 7.17  | -1.17 | ADMIN SCI QUART                                 | 26.71 | 21.61 |
| Social Science, Interdisciplinary                | 2.28  | 0.99  | Italy                             | 5.86  | 1.86  | ECON J  | 24.43 | 20.80 |
| History & Philosophy Of Science                  | 1.85  | -0.23 | Mexico                            | 5.54  | 2.1   | RES ECON STAT                                   | 23.13 | 20.44 |
| Computer Science, Information Systems            | 1.83  | -3.00 | Chile                             | 3.91  | 0.02  | SCIENTOMETRICS                                  | 21.10 | -0.83 |
| Business   | 1.63  | 3.58  | France                            | 3.58  | -0.29 | EC INNOVATION NEW TE                            | 21.17 | 20.47 |
| Journal  | 1.95  | 0     | Spain                             | 3.28  | 1.86  | RedJournal                                      | 1.95  | 0     |
| RES POLICY                                       | 54.90 | 33.15 | Author                            | f(%)  | σ     | INNOVATION                                      | 23.78 | 30.81 |
| SCIENTOMETRICS                                   | 13.68 | -1.39 | Aragón-Cruje JM                   | 3.28  | 8.27  | TECHNOLOGY                                      | 12.28 | 6.92  |
| RES EVALUAT                                      | 5.24  | 4.64  | D'Amo P                           | 2.28  | 7.69  | TECHNOLOGICAL                                   | 11.79 | 11.79 |
| ARBOR  | 3.28  | 1.37  | Castro-Martinez E                 | 1.63  | 5.36  | FIRMS   | 11.07 | 15.51 |
| INFORM SOC                                       | 1.63  | 1.83  | Molero J                          | 1.63  | 5.91  | KNOWLEDGE                                       | 10.42 | 5.92  |
| J AM SOC INF SCI TEC                             | 1.63  | -2.67 | Molina-Gallart J                  | 1.63  | 5.8   | SCIENCE   | 7.49  | -0.49 |
| EDUC TECHNOL SOC                                 | 1.63  | -1.14 | Acosta M                          | 1.63  | 5.26  | SPANISH   | 6.61  | 1.54  |
| INTERCIENCIA                                     | 1.30  | 0.55  | Coronado D                        | 1.63  | 5.26  | STUDY   | 5.86  | -0.04 |
| SCRIPTA NOVA                                     | 0.98  | 0.58  | Gomez J                           | 1.63  | 2.38  | PUBLIC  | 5.21  | 7.46  |
| MINERVA  | 0.98  | 0.25  | Cuadman B                         | 1.63  | 3.91  | EMPIRICAL                                       | 5.21  | 7.46  |
|  |       |       | Galarran-Gracia A                 | 1.30  | 5.29  |   |       |       |

Cuadro 8. Principales indicadores del CB no. 4

The community "SCIENCE" contains N = 268 articles. Its average internal link weight is  $< w_{in} > \geq 1/202$

| Keyword  | f(%)  | σ     | Institution               | f(%)  | σ     | Reference                                      | f(%)  | σ     |
|--|-------|-------|---------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| SCIENCE  | 26.87 | 8.29  | CSIC                      | 20.15 | 4.15  | Katz JS, 1999, RES POLICY (28), 1              | 8.28  | 11.98 |
| IMPACT   | 12.69 | 4.79  | CXDDOC                    | 5.97  | 6.43  | Norris F, 1991, SCIENTOMETRICS (21), 313       | 7.46  | 11.86 |
| INDICATORS                                       | 8.70  | 4.20  | UNY CARLOS III MADRID     | 4.83  | 1.86  | Ghaani W, 2001, SCIENTOMETRICS (34), 69        | 7.09  | 11.54 |
| JOURNALS   | 7.84  | 4.15  | MEXICO CITY 0658          | 4.10  | 1.90  | King DA, 2004, NATURE (430), 311               | 5.97  | 9.49  |
| PATTERNS   | 6.72  | 2.42  | UNY FED RIO DE JANEIRO    | 4.10  | 2.17  | Ghaani W, 2006, SCIENTOMETRICS (37), 47        | 5.97  | 8.84  |
| COLLABORATION                                    | 6.54  | 4.51  | DEPT ECON                 | 3.73  | 3.73  | Nova E, 1986, SUBJECT CLASSIFICATI (8), 0      | 5.22  | 10.13 |
| CREATION   | 5.60  | 4.85  | UNY NACL AUTONOMA MEXICO  | 3.73  | 0.38  | Signer PD, 1992, J AM SOC INFORM SCI (43), 628 | 4.85  | 9.69  |
| COOPERATION                                      | 5.22  | 7.29  | DEPT BROQUIM MED          | 2.99  | 2.39  | Lotz J, 1986, SCIENTOMETRICS (20), 33          | 4.85  | 10.13 |
| SCIENTIFIC COLLABORATION                         | 5.22  | 8.21  | UNY FED RIO GRANDE DO SUL | 2.99  | 4.64  | Basko M, 1992, INTERCIENCIA (7), 279           | 4.84  | 9.75  |
| LATIN-AMERICA                                    | 4.85  | 6.57  | FAC MED                   | 2.61  | -0.92 | Levieso G, 1993, SCIENTOMETRICS (27), 317      | 4.10  | 9.33  |
| COUNTRIES  | 4.85  | 5.26  | UNY ENTREPREMADURA        | 2.61  | 2.46  | Bauer F, 1998, SCIENTOMETRICS (11), 0          | 4.10  | 9.33  |
| CO-AUTHORSHIP                                    | 3.73  | 6.30  | UNY ESTADUAL CAMPINAS     | 2.61  | 0.92  | Prosser C, 2004, SCIENTOMETRICS (30), 421      | 4.10  | 8.41  |
| PUBLICATION                                      | 3.73  | 2.96  | UNY FED GOIAS             | 2.24  | 4.21  | Ghaani W, 1999, SCIENTOMETRICS (45), 185       | 4.10  | 8.84  |
| INTERNATIONAL COLLABORATION                      | 3.73  | 6.32  | UNY ALCANTAR              | 2.24  | 3.14  | Lotz J, 2006, SCIENTOMETRICS (37), 87          | 4.10  | 7.66  |
| ARTICLES   | 3.36  | 3.48  | UNY AUTONOMA MADRID       | 2.24  | -0.26 | Schubert A, 1989, SCIENTOMETRICS (16), 3       | 3.73  | 8.38  |
| PUBLICATIONS                                     | 3.36  | 3.15  | UNY GRANADA               | 2.24  | -2.21 | Frans JD, 1979, SOC STUD SCI (9), 481          | 3.73  | 8.89  |
| RESEARCH COLLABORATION                           | 2.99  | 4.08  | SCMAGOS RES GRP           | 2.24  | 3.31  | Muller G, 1996, SCIENTOMETRICS (30), 263       | 3.73  | 7.94  |
| ARTICLES   | 2.99  | 8.22  | OCES                      | 2.24  | 2.30  | Krawinkel M, 1986, SCIENTOMETRICS (10), 199    | 3.73  | 8.89  |
| PERFORMANCE                                      | 2.99  | -0.44 | UNY SAO PAULO             | 2.24  | -0.66 | Frans J D, 1977, Interciencia (7), 143         | 3.73  | 8.89  |
| PRODUCTIVITY                                     | 2.99  | 0.62  | INST CIENCIAS BROMED      | 1.87  | 5.49  | Camil J, 1993, MED CLIN-BARCELONA (88), 721    | 3.73  | 8.89  |
| Subject  | f(%)  | σ     | Country                   | f(%)  | σ     | RedJournal                                     | f(%)  | σ     |
| Information Science & Library Science            | 19.37 | 17.87 | Spain                     | 43.68 | -3.80 | SCIENTOMETRICS                                 | 76.49 | 20.01 |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 61.06 | 20.11 | Brazil                    | 25.12 | 2.49  | SCIENCE  | 27.24 | 4.29  |
| History & Philosophy Of Science                  | 6.72  | -3.86 | Mexico                    | 7.84  | 0.31  | RES POLICY                                     | 26.12 | 5.05  |
| Computer Science, Information Systems            | 3.36  | -1.46 | Usa                       | 5.97  | -1.77 | NATURE   | 23.51 | 3.81  |
| Education & Educational Research                 | 2.99  | -0.96 | Chile                     | 4.10  | 0.23  | J AM SOC INFORM SCI                            | 22.01 | 7.68  |
| Social Science, Interdisciplinary                | 2.61  | 1.36  | Argentina                 | 3.73  | -0.02 | INTERCIENCIA                                   | 19.03 | 15.20 |
| Management                                       | 2.24  | -3.25 | England                   | 2.99  | -1.84 | RES EVALUAT                                    | 18.66 | 8.09  |
| Planning & Development                           | 1.87  | -0.66 | Chile                     | 2.61  | 2.69  | SOC STUD SCI                                   | 18.79 | 8.22  |
| Biology  | 1.87  | 2.65  | Netherlands               | 2.24  | -0.83 | J INFORM SCI                                   | 14.18 | 11.51 |
| Evology  | 1.87  | 0.72  | Venezuela                 | 1.87  | 0.21  | J AM SOC INF SCI TEC                           | 14.18 | 24.0  |
| Journal  | f(%)  | σ     | Author                    | f(%)  | σ     | RedJournal                                     | f(%)  | σ     |
| SCIENTOMETRICS                                   | 61.06 | 30.41 | Gomez J                   | 6.34  | 9.57  | SCIENTIFIC                                     | 20.83 | 11.78 |
| RES EVALUAT                                      | 2.99  | 1.20  | Bordoue M                 | 6.34  | 7.51  | SCIENCE  | 19.49 | 2.30  |
| J AM SOC INF SCI TEC                             | 2.99  | -0.47 | Lotz J                    | 4.10  | 7.86  | BRADLIAN                                       | 19.02 | 8.53  |
| SOC STUD SCI                                     | 2.99  | 3.29  | Raio-Curtillo J           | 3.73  | 9.10  | BIBLIOMETRIC                                   | 9.79  | 7.94  |
| MINERVA  | 2.61  | 3.16  | Bussell JM                | 3.36  | 6.84  | SPANISH  | 9.79  | 3.91  |
| RES POLICY                                       | 2.24  | -0.86 | Pennasol IIT              | 3.36  | 7.21  | STUDY  | 8.96  | 2.11  |
| INFORM SOC-ENTUD                                 | 1.87  | 4.75  | Pleau LM                  | 2.99  | 7.57  | INTERNATIONAL                                  | 8.58  | 7.53  |
| PERSPCTIVE CHENF INF                             | 1.87  | 5.20  | De Magon-Alpous F         | 2.99  | 3.98  | PRODUCTION                                     | 8.58  | 6.75  |
| INTERCIENCIA                                     | 1.49  | 0.83  | Krawinkel M               | 2.99  | 7.57  | BRAZIL   | 8.21  | 9.29  |
| BIAZ J MED BIOL RES                              | 1.12  | 2.79  | Mendez A                  | 2.99  | 8.29  | COLLABORATION                                  | 7.84  | 9.31  |

Cuadro 9. Principales indicadores del CB no. 5

The community "SCIENCE" contains N = 182 articles. Its average internal link weight is  $\langle w_{in} \rangle \approx 1/60$

| Keyword  | [%]   | #     | Institution                             | [%]   | #     | Reference   | [%]   | #     |
|--|-------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|
| SCIENCE  | 20.31 | 2.11  | UNIV GRANADA                            | 14.08 | 8.12  | Hirsch JE. 2005. P NATL ACAD SCI USA [102], 10560 | 35.71 | 28.58 |
| IMPACT   | 16.48 | 6.14  | CSIC                                    | 14.29 | 1.39  | Glantz W. 2002. SCIENTOMETRICS (3), 171           | 12.64 | 16.60 |
| INDICATORS                                       | 14.84 | 6.83  | UNIV ALCALA DE HENARIS                  | 8.24  | 6.72  | Riggle L. 2006. SCIENTOMETRICS (69), 131          | 10.99 | 15.45 |
| JOURNALS   | 13.74 | 7.87  | CTIC UGR                                | 4.95  | 9.25  | Siegel PO. 1997. BRIT MED J (314), 698            | 7.89  | 15.41 |
| INDEX  | 12.64 | 11.03 | UNIV SAO PAULO                          | 3.30  | 1.26  | Garfield E. 2006. JAMA-J AM MED ASSOC (290), 90   | 10.44 | 15.45 |
| H-INDEX  | 10.41 | 11.94 | UNIV NAVARRA                            | 3.30  | 2.93  | Van ram AFJ. 2006. SCIENTOMETRICS (67), 401       | 9.89  | 13.57 |
| PUBLICATION                                      | 8.79  | 6.05  | FAC PSICOL                              | 2.30  | 3.55  | Moad & F. 2005. CITATION ANAL RES EV (9), 0       | 9.34  | 11.64 |
| QUALITY  | 7.14  | 3.04  | UNIV VALENCIA                           | 3.30  | 1.33  | Balasta PD. 2006. SCIENTOMETRICS (68), 179        | 7.69  | 13.25 |
| SCOPUS   | 7.14  | 8.64  | UNIV CARLOS III MADRID                  | 2.75  | 4.05  | Jin RH. 2007. CHINESE SCI BULL (52), 855          | 7.14  | 12.76 |
| RANKING  | 6.59  | 7.54  | FAC CIENCIAS                            | 2.75  | 4.05  | Brown T. 2006. SCIENTOMETRICS (69), 169           | 7.14  | 12.76 |
| OUTPUT   | 6.04  | 5.50  | DEPT COMP SCI & ARTIFICIAL INTELLIGENCE | 2.75  | 4.05  | Bald P. 2005. NATURE (436), 900                   | 7.14  | 12.76 |
| CITATION ANALYSIS                                | 5.49  | 5.40  | INST IRET CIENCIA & TECNOL              | 2.75  | 4.47  | Guadalupe-perera B. 2010. J INFORMETR (4), 379    | 7.14  | 12.76 |
| BIBLIOMETRIC INDICATORS                          | 4.95  | 6.69  | DOCUMENTAC LOPEZ PINERO                 | 2.75  | 4.47  | Brown T. 2006. SCIENTOMETRICS (69), 169           | 7.14  | 12.76 |
| CITATIONS  | 4.40  | 4.57  | UNIV FED SAO PAULO                      | 2.75  | 2.73  | Paola G. 1996. INFORM PROCESS MANAG (12), 297     | 7.14  | 12.76 |
| RESEARCH OUTPUT                                  | 4.40  | 7.45  | UNIV FED RIO DE JANEIRO                 | 2.75  | 0.53  | Garfield E. 1972. SCIENCE (178), 471              | 6.59  | 10.36 |
| HIRSCH-INDEX                                     | 4.40  | 7.97  | UNIV FED RIO DE JANEIRO                 | 2.75  | 0.53  | Barnum L. 2005. SCIENTOMETRICS (65), 391          | 6.04  | 11.73 |
| WEB  | 3.85  | 3.34  | UNIV PORTO                              | 2.75  | 2.03  | Alonso S. 2009. J INFORMETR (3), 273              | 6.04  | 11.73 |
| PUBLICATIONS                                     | 3.85  | 3.20  | DEPT CIENCIAS COSM & IA                 | 2.75  | 6.97  | Adam D. 2002. NATURE (415), 726                   | 6.04  | 10.65 |
| CITATION   | 3.85  | 2.18  | CTR SCI & TECNOL STUDIES                | 2.75  | 6.97  | Coutas R. 2007. J INFORMETR (1), 193              | 5.49  | 10.59 |
| Subject  | [%]   | #     | CWTS                                    | 2.75  | 5.85  | Bolton J. 2006. SCIENTOMETRICS (69), 669          | 5.49  | 11.19 |
| Information Science & Library Science            | 80.77 | 18.11 | UNIV POLITECN VALENCIA                  | 2.75  | 6.97  | Garfield E. 1989. CAN MED ASSOC J (161), 979      | 5.49  | 11.19 |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 38.79 | 15.06 | Country                                 | [%]   | #     | SCIENTOMETRICS                                    | 87.56 | 20.31 |
| Computer Science, Information Systems            | 14.29 | 5.17  | Brazil                                  | 64.84 | 2.54  | J AM SOC INF SCI TEC                              | 50.00 | 18.28 |
| Education & Educational Research                 | 2.75  | 3.37  | Spain                                   | 19.23 | 6.28  | P NATL ACAD SCI USA                               | 42.31 | 12.60 |
| Mathematical Sciences                            | 2.75  | 2.65  | USA                                     | 4.95  | -1.94 | NATURE  | 38.46 | 8.77  |
| Biology  | 2.20  | 2.20  | Portugal                                | 4.40  | 1.89  | J INFORMETR                                       | 32.71 | 19.58 |
| Physics, Multidisciplinary                       | 2.20  | -0.04 | Chile                                   | 3.85  | 0.01  | SCIENCE   | 30.22 | 4.68  |
| Medicine, General & Internal                     | 2.20  | 3.00  | Netherlands                             | 3.85  | 0.56  | J AM SOC INFORM SCI                               | 29.92 | 8.65  |
| Medicine, Research & Experimental                | 1.65  | 2.29  | Mexico                                  | 3.85  | -1.41 | BRIT MED J  | 24.18 | 13.96 |
| Physiology                                       | 1.10  | 1.40  | Germany                                 | 3.30  | -0.32 | RES EVALUAT                                       | 18.68 | 6.68  |
| Journal  | [%]   | #     | Argentina                               | 2.75  | -0.71 | JAMA-J AM MED ASSOC                               | 17.03 | 9.75  |
| SCIENTOMETRICS                                   | 38.79 | 15.27 | Colo                                    | 2.70  | 1.63  | File Words  | [%]   | #     |
| J AM SOC INF SCI TEC                             | 13.74 | 5.50  | Austria                                 | [%]   | #     | IMPACT  | 25.82 | 16.48 |
| J INFORMETR                                      | 2.20  | 3.17  | Companario JM                           | 2.50  | 9.28  | SCIENTIFIC  | 20.88 | 5.69  |
| RES EVALUAT                                      | 2.20  | 0.28  | Garcia JA                               | 5.49  | 11.44 | CITATION  | 14.84 | 12.15 |
| AN ACAD BRAS CIENC                               | 2.20  | 7.22  | Rodriguez-Sanchez R                     | 5.49  | 10.29 | JOURNALS  | 14.84 | 12.01 |
| BRAS J MED BIOL RES                              | 1.65  | 3.71  | Fdez-Vadell J                           | 5.49  | 10.29 | FACTORS   | 14.29 | 15.31 |
| ANN PHYS-BERLIN                                  | 1.10  | 5.11  | Castan R                                | 3.30  | 3.75  | SCIENCE   | 13.19 | 4.09  |
| REV INF SOC CHENT                                | 1.10  | 1.81  | De Moya-Angón F                         | 3.30  | 6.97  | H-INDEX   | 9.89  | 15.36 |
| CULT EDUC  | 1.10  | 4.02  | Bertera F                               | 3.30  | 3.75  | BIBLIOMETRIC                                      | 9.34  | 6.22  |
| PROF INFORM                                      | 1.10  | 2.01  | Bardeou M                               | 3.30  | 2.49  | EVALUATION  | 8.24  | 4.71  |

Cuadro 10. Principales indicadores del CB no. 6

The community "SCIENCE" contains N = 157 articles. Its average internal link weight is  $\langle w_{in} \rangle \approx 1/214$

| Keyword  | [%]   | #     | Institution                   | [%]   | #     | Reference  | [%]   | #     |
|--|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|
| SCIENCE  | 20.38 | 1.97  | UNIV GRANADA                  | 27.39 | 12.41 | Van ram AFJ. 2005. SCIENTOMETRICS (62), 131          | 12.10 | 15.88 |
| PATTERNS   | 8.92  | 3.28  | CSIC                          | 17.29 | 2.45  | Kanada T. 1989. INFORM PROCESS LETT (3), 7           | 7.64  | 11.74 |
| INFORMATION                                      | 8.28  | 4.80  | DEPT COMP SCI                 | 10.19 | 6.99  | Burnstein R. 1999. MODERN INFORM RETRIE (9), 0       | 5.73  | 11.54 |
| WEB  | 7.64  | 7.51  | DEPT INFORM SCI               | 6.37  | 9.67  | Smail H. 1973. J AM SOC INFORM SCI (24), 285         | 5.73  | 7.65  |
| INDICATORS                                       | 7.01  | 9.71  | UNIV CARLOS III MADRID        | 5.10  | 1.70  | Jagwesson P. 1998. J DOC (54), 236                   | 5.73  | 10.87 |
| INTERNET   | 5.73  | 6.43  | CYBERMETH LAB                 | 5.10  | 8.88  | White HD. 1998. J AM SOC INFORM SCI (49), 327        | 5.73  | 10.87 |
| MODEL  | 5.73  | 3.13  | UNIV POLITECN VALENCIA        | 4.46  | 2.02  | Liu N. 2005. BIGHER ED EUROPE (30), 127              | 5.10  | 9.58  |
| NETWORKS   | 5.73  | 3.61  | FAC LIB & INFORM SCI          | 4.46  | 8.12  | Smail H. 1999. J AM SOC INFORM SCI (50), 799         | 5.10  | 9.58  |
| CITATION   | 5.10  | 3.22  | UNIV AMSTERDAM                | 4.46  | 6.92  | Noonan PCM. 1999. J AM SOC INFORM SCI (50), 115      | 5.10  | 10.88 |
| WORLD-WIDE-WEB                                   | 5.10  | 8.12  | CCBS                          | 4.46  | 4.69  | Sablos G. 1986. INFORM PROCESS MANAG (24), 513       | 5.10  | 10.88 |
| UNIVERSITIES                                     | 5.10  | 4.39  | UNIV FED MENAS GERAS          | 4.46  | 3.39  | Almind TC. 1997. J DOC (53), 404                     | 5.10  | 10.88 |
| MAPS   | 5.10  | 6.41  | CINDAC                        | 3.18  | 1.94  | Leydendorff L. 2009. J AM SOC INF SCI TEC (60), 348  | 5.10  | 9.66  |
| IMPACT   | 4.46  | -0.73 | SCMLAGO RES GRP               | 3.18  | 4.23  | White HD. 1981. J AM SOC INFORM SCI (32), 163        | 5.10  | 9.58  |
| COMMUNICATION                                    | 3.82  | 3.70  | MANAUS                        | 3.18  | 7.60  | Leydendorff L. 2010. J AM SOC INF SCI TEC (61), 1129 | 4.46  | 9.43  |
| CITATION ANALYSIS                                | 3.82  | 3.07  | FAC EXON                      | 3.18  | 3.40  | Frohman TMJ. 1991. SOFTWARE PRACT EXPER (21), 486    | 4.46  | 10.17 |
| CENTRALITY                                       | 3.82  | 7.55  | UNIV FED AMAZONS              | 3.18  | 8.43  | Kloosne R. 2009. J AM SOC INF SCI TEC (60), 455      | 4.46  | 9.43  |
| TECHNOLOGY                                       | 3.82  | -0.34 | BELO HORIZONTE                | 2.55  | 2.38  | Sablos G. 1983. INTRO MODERN INFORM (9), 0           | 4.46  | 9.43  |
| AUTHOR COCITATION ANALYSIS                       | 3.82  | 6.33  | DEPT BIBLIOTECON & DOCUMENTAC | 2.55  | 2.49  | Van & S.J. 2010. SCIENTOMETRICS (84), 523            | 4.46  | 9.43  |
| COCITATION                                       | 3.82  | 5.87  | HP                            | 2.55  | 4.63  | Brown RH. 1991. J AM SOC INFORM SCI (42), 233        | 4.46  | 9.43  |
| Subject  | [%]   | #     | Country                       | [%]   | #     | ReJournal  | [%]   | #     |
| Information Science & Library Science            | 85.35 | 16.25 | Spain                         | 78.34 | 5.77  | SCIENTOMETRICS                                       | 57.96 | 10.18 |
| Computer Science, Information Systems            | 69.78 | 19.29 | Brazil                        | 12.74 | -2.29 | J AM SOC INF SCI TEC                                 | 49.68 | 16.84 |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 35.67 | 6.26  | Netherlands                   | 8.92  | 4.18  | J AM SOC INFORM SCI                                  | 45.86 | 16.42 |
| Education & Educational Research                 | 7.01  | -1.38 | USA                           | 8.28  | -0.35 | INFORM PROCESS MANAG                                 | 38.22 | 18.40 |
| Language & Linguistics                           | 1.27  | 1.45  | England                       | 6.37  | 0.44  | J DOC  | 34.84 | 12.21 |
| Business   | 1.27  | 1.72  | Chile                         | 5.10  | 0.83  | J INFORM SCI   | 22.93 | 11.70 |
| Linguistics                                      | 1.27  | 1.23  | Portugal                      | 4.46  | -1.73 | COMMUN ACM   | 19.75 | 11.22 |
| Planning & Development                           | 1.27  | -2.82 | Germany                       | 3.82  | 0.65  | ANNU REV INFORM SCI                                  | 16.56 | 11.58 |
| Sociology  | 0.64  | -0.09 | Italy                         | 3.18  | -0.42 | RES POLICY   | 16.56 | 9.52  |
| Psychology, Multidisciplinary                    | 0.64  | -0.41 | France                        | 3.18  | -0.47 | 14.65  | -0.83 |       |
| Journal  | [%]   | #     | Austria                       | [%]   | #     | File Words   | [%]   | #     |
| J AM SOC INF SCI TEC                             | 36.94 | 18.55 | Ortega JL                     | 7.01  | 11.37 | INFORMATION  | 17.30 | 9.90  |
| SCIENTOMETRICS                                   | 35.63 | 4.19  | Aguiar JP                     | 6.37  | 9.48  | WEB  | 13.38 | 11.69 |
| RES EVALUAT                                      | 3.18  | 1.17  | De Moya-Angón F               | 5.10  | 8.10  | UNIVERSITY   | 10.83 | 7.01  |
| EDUC TECHNOL SOC                                 | 3.18  | 0.39  | Moya-Angón F                  | 5.10  | 8.30  | SCIENCE  | 9.55  | 12.75 |
| INFORM PROCESS MANAG                             | 1.27  | 3.69  | Pinto M                       | 4.46  | 8.48  | STUDY  | 8.92  | 14.60 |
| J INFORMETR                                      | 1.27  | 2.52  | Gustavo-Ribe VP               | 3.82  | 8.82  | UNIVERSITIES   | 8.28  | 6.21  |
| INFORM SOC                                       | 1.27  | 0.70  | Leydendorff L                 | 3.82  | 8.17  | ACADEMIC   | 7.01  | 6.36  |
| ETRA-EDUC TECH RES                               | 1.27  | 1.13  | Vergara-Quenda B              | 3.18  | 8.78  | SPANISH  | 7.01  | 1.39  |
| J INF SCI  | 1.27  | 3.55  | Orluna-Molina E               | 3.18  | 8.78  | EUROPEAN   | 6.37  | 4.81  |
| CANAD ECON DIR EMPRES                            | 0.64  | 3.93  |                               |       |       | SCIENTIFIC   | 6.37  | -4.21 |

DOI: http://dx.doi.org/10.22201/ibli.24486321xe.2017.nespl.157888

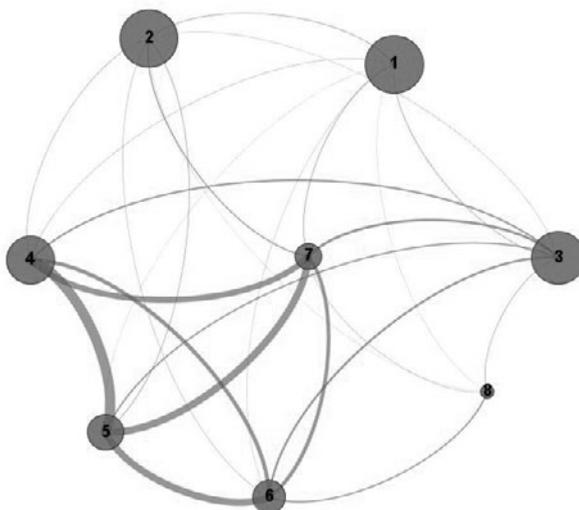
Cuadro 11. Principales indicadores del CB no. 7

The community "SCIENCE" contains  $N = 110$  articles. Its average internal link weight is  $\langle w_{in} \rangle = 1/133$

| Keyword  | f(%)  | $\sigma$ | Institution                   | f(%)  | $\sigma$ | Reference   | f(%)  | $\sigma$ |
|--|-------|----------|-------------------------------|-------|----------|---|-------|----------|
| SCIENCE  | 10.09 | 1.27     | CSC                           | 22.73 | 3.90     | Loftis Alfred J. 1926. J WASHINGTON ACAD SC (16), 417 | 10.30 | 17.41    |
| PRODUCTIVITY                                     | 10.09 | 6.14     | UNIV GRANADA                  | 14.55 | 4.37     | Diaz JS. 2000. SCIENTOMETRICS (49), 419               | 10.00 | 15.54    |
| PATTERNS   | 6.36  | 1.36     | FAC-CHESCLAS                  | 8.18  | 4.19     | Xie Y. 1998. AM SOCIO. REV (51), 847                  | 9.09  | 12.83    |
| SEX-DIFFERENCES                                  | 6.36  | 8.15     | CINDOC                        | 8.18  | 4.11     | De-solla price DJ. 1963. LITTLE SCT HIG SCT (9), 0    | 0     | 0.09     |
| WOMEN  | 6.36  | 6.63     | UNIV BARCELONA                | 8.18  | 5.26     | 0   | 0     | 0.09     |
| GENDER   | 5.45  | 6.88     | DEPT UNIGN QUIM               | 7.27  | 11.50    | Bordons M. 2003. SCIENTOMETRICS (57), 150             | 9.09  | 14.06    |
| RESEARCH PERFORMANCE                             | 5.45  | 11.61    | IBEDCT                        | 7.27  | 8.48     | Cole J. B. 1984. ADV MOTIVATION ACHE (7), 217         | 8.18  | 12.00    |
| IMPACT   | 5.45  | -0.17    | DEPT BIBLIOTECON & DOCUMENTAC | 7.27  | 7.68     | Diaz JS. 2005. RES POLICY (34), 349                   | 8.18  | 12.00    |
| COLLABORATION                                    | 4.55  | 1.63     | DOCUMENTAC                    | 6.36  | 0.00     | Pepic K. 2002. SCIENTOMETRICS (55), 27                | 7.27  | 13.24    |
| SCIENTIFIC PRODUCTIVITY                          | 4.55  | 5.60     | UNIV NANTES                   | 5.45  | 9.61     | Lee S. 2005. SOC. STUD SCI (35), 673                  | 7.27  | 11       |
| DETERMINANTS                                     | 4.55  | 2.03     | UNIV REY JUAN CARLOS          | 4.55  | 5.65     | Headin S. 1996. SCIENTOMETRICS (37), 417              | 6.36  | 12.39    |
| KNOWLEDGE  | 3.64  | -0.12    | DEPT METHODO. BEHAV. SCI      | 3.64  | 8.13     | Latorre B. 1997. SCI ACTION (6), 0                    | 6.36  | 8.29     |
| BIBLIOMETRIC ANALYSIS                            | 3.64  | 3.21     | UNIV NACL AUTONOMA MEXICO     | 4.55  | 9.72     | Norderl AJ. 2006. SCIENTOMETRICS (66), 81             | 6.36  | 9.17     |
| PUBLICATIONS                                     | 3.64  | 2.29     | UNIV EXTREMADURA              | 2.73  | 1.70     | Gilman W. 1999. INFORM PROCESS MANAG (33), 31         | 6.36  | 10.79    |
| RESEARCH PRODUCTIVITY                            | 3.64  | 3.80     | DEPT INFORMAT & COMMUN        | 2.73  | 4.51     | Leonator W. 1992. SCIENTOMETRICS (21), 281            | 6.36  | 11.52    |
| RESEARCH COLLABORATION                           | 3.64  | 3.39     | UNIV CARLOS III MADRID        | 2.73  | -0.07    | Mauloo S. 2006. SCIENTOMETRICS (66), 199              | 6.36  | 12.39    |
| SOCIAL-SCIENCES                                  | 3.64  | 3.59     | MEXICO CITY                   | 2.73  | 0.92     | Bradford SC. 1934. ENGINEERING-LONDON (137), 85       | 6.36  | 11.52    |
| UNIVERSITY                                       | 3.64  | 2.76     | MEXICO CITY (610)             | 2.73  | 0.31     | Loew RS. 1991. AM SOCIO. REV (60), 422                | 5.45  | 11.47    |
| MONOGRAPHS                                       | 2.73  | 6.55     | LAB PSYCHOL EDUC. COGNIT DEV  | 2.73  | 7.96     | Goughan M. 2002. RES EVALUAT (11), 17                 | 5.45  | 11.47    |
| BEHAVIOR   | 2.73  | 2.04     | CTR HUMAN & SOCIAL SCI CCHS   | 2.73  | 3.90     | Bradford C. C. 1948. DOCUMENTATION (9), 0             | 5.45  | 10.54    |
| Subject  | f(%)  | $\sigma$ | Country                       | f(%)  | $\sigma$ | Ref/Journal   | f(%)  | $\sigma$ |
| Information Science & Library Science            | 72.73 | 10.63    | Spain                         | 22.73 | 3.64     | SCIENTOMETRICS  | 62.18 | 11.68    |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 45.45 | 7.98     | Mexico                        | 8.18  | 0.34     | RES EVALUAT   | 24.55 | 7.69     |
| Computer Science, Information Systems            | 8.18  | 1.21     | France                        | 5.45  | 0.84     | SCIENCE   | 23.64 | 1.81     |
| History & Philosophy Of Science                  | 5.45  | -2.90    | Brazil                        | 4.55  | -1.06    | RES POLICY  | 20.91 | 1.71     |
| Sociology  | 2.73  | 2.56     | Italy                         | 3.64  | -0.11    | NATURE  | 19.09 | 1.15     |
| Linguistics                                      | 1.82  | 1.91     | Iran                          | 3.64  | -1.99    | J AM SOC INF SCI                                      | 18.09 | 3.63     |
| Management                                       | 1.82  | -2.25    | Argentina                     | 3.64  | -0.05    | SOC STUD SCI  | 18.18 | 3.53     |
| Education & Educational Research                 | 1.82  | -2.04    | Netherlands                   | 2.73  | -0.24    | J AM SOC INF SCI TEC                                  | 17.27 | 2.65     |
| Humanities, Multidisciplinary                    | 1.82  | -0.35    | Dagland                       | 2.73  | -1.30    | J WASHINGTON ACAD SC                                  | 15.36 | 16.26    |
| Social Issues                                    | 1.82  | 3.21     | Portugal                      | 1.82  | -2.45    | INFORM PROCESS MANAG                                  | 15.45 | 4.75     |
| Journal  | f(%)  | $\sigma$ | Author                        | f(%)  | $\sigma$ | Title Words   | f(%)  | $\sigma$ |
| SCIENTOMETRICS                                   | 45.45 | 8.12     | Bachlor M                     | 8.18  | 6.55     | SCIENTIFIC  | 23.64 | 3.27     |
| RES EVALUAT                                      | 13.64 | 8.09     | Balboa-Moreno R               | 7.27  | 12.69    | STUDY   | 10.91 | 2.22     |
| J AM SOC INF SCI TEC                             | 6.36  | 0.70     | Jimenez-Gonzalez E            | 6.36  | 8.96     | SPANISH   | 10.91 | 3.11     |
| LANG COMMUN                                      | 1.82  | 6.75     | Roiz-Banac R                  | 6.36  | 11.76    | GENDER  | 9.09  | 11.67    |
| REV ESP SOC-CIENT                                | 1.82  | 2.72     | Coaral JP                     | 5.45  | 11.71    | SCIENTES  | 9.09  | 5.58     |
| ARBOR  | 1.82  | -0.23    | Machón E                      | 4.55  | 10.69    | BIBLIOMETRIC  | 8.18  | 4.04     |
| REV ESP PEDAGOG                                  | 1.82  | 3.57     | Gimenez-Tolosa E              | 4.55  | 9.67     | SPAN  | 7.27  | 2.47     |
| RES POLICY                                       | 1.82  | -2.07    | Jaraola-Aizemola E            | 4.55  | 10.69    | CITATION  | 7.27  | 3.85     |
| PROF INFORM                                      | 1.82  | 2.95     | Gomez I                       | 4.55  | 4.11     | SCIENTISTS  | 7.27  | 3.57     |
| SOC STUD SCI                                     | 1.82  | 0.88     | Jonkers K                     | 3.64  | 6.48     | SCIENCE   | 7.27  | 2.15     |

En la *Figura 4* se observan los ocho clústers generados y sus relaciones. El tamaño de los nodos es proporcional al número de documentos de cada cual; en tanto que el de las aristas indica el volumen de bibliografía que comparten. Así, se aprecia que los CB 4, 5, 6 y 7 tienen vínculos y que todos comparten bibliografía común.

Figura 4. Clústers bibliográficos en la producción iberoamericana en CTS



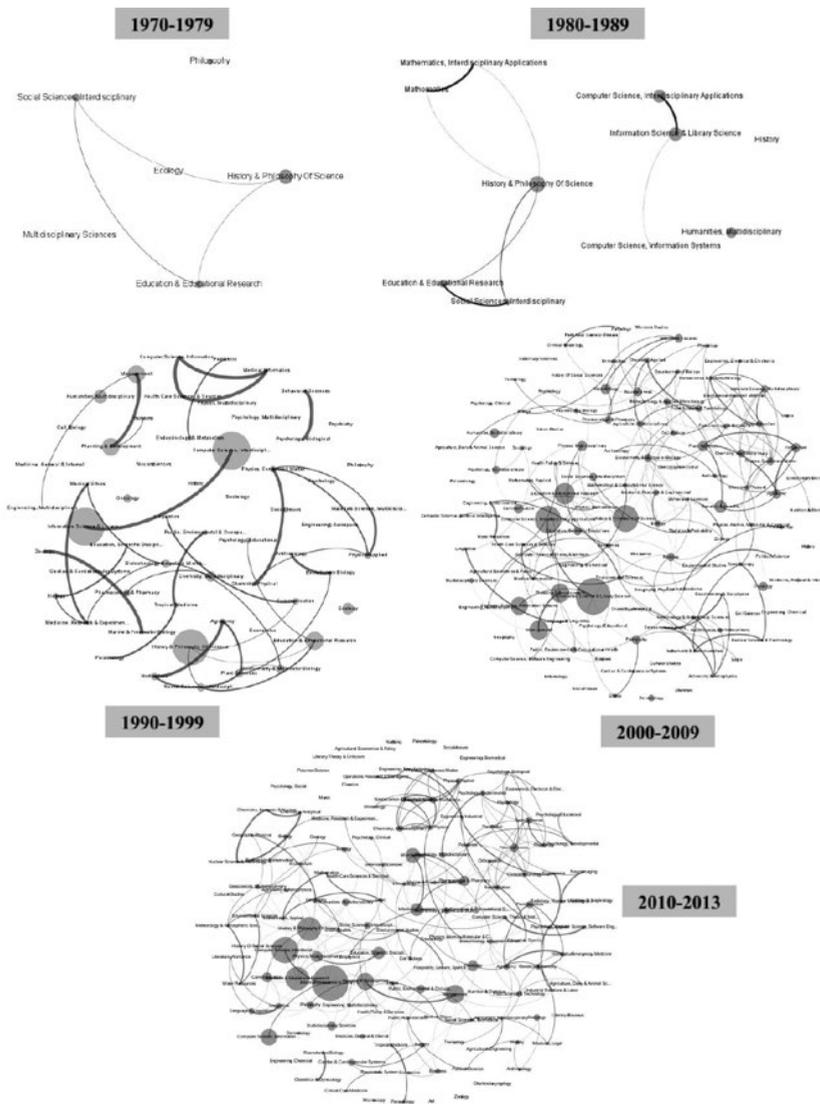
Una de las principales características del campo CTS es su interdisciplinariedad. La herramienta utilizada permite también observar cómo las relaciones disciplinares se han diversificado a lo largo de los años. Para representarlo, se muestran los vínculos entre categorías de la WoS utilizando el programa Gephi.

Entre 1970 y 1979, sólo se detectaron doce documentos de la región, publicados en revistas incluidas en seis temáticas diferentes, de las que sólo se perciben relaciones entre tres: *History & Philosophy of SCI.*; *Social Science Interdisciplinary* y *Education & Educational Research* (Figura 5). En los años ochenta, el volumen de documentos de CTS de la región fue de sesenta publicaciones. Aunque sigue siendo un corpus reducido, se ha difundido en revistas de diez temáticas diferentes. Se mantienen las mismas relaciones que en la década precedente, pero aparecen nuevos frentes, como los relacionados con las Matemáticas (con vínculos con *History & Philosophy of Science*) y los estudios informétricos incluidos en revistas clasificadas en *Library & Information Science* y en *Computer Science*.

La producción de humanidades es reducida y no parece compartir referencias con las otras disciplinas. A partir de los noventa, se advierte un salto cuantitativo en la producción (336 documentos) y en la diversidad temática. Aunque muchas publicaciones de temáticas diversas no comparten referencias, se empiezan a esbozar lazos entre campos afines. En la década del dos mil, la producción alcanza los 843 documentos y la complejidad temática es mayor. Son numerosas las revistas en las que se difunde la producción de la región y ya se evidencian campos en los que se empiezan a concentrar las investigaciones.

Entre 2010 y 2013 se publicaron 887 documentos. La alta productividad de estos primeros años evidencia que fue la década de mayor actividad de la región en revistas internacionales. No sólo incrementó el número de temáticas, sino que las relaciones entre disciplinas son cada vez más intensas. Aunque siguen siendo predominantes las disciplinas vinculadas con *History & Philosophy of Science*; *Education & Educational Research*; *Library & Information Science*, son visibles nuevas temáticas de interés, como salud, medio ambiente, agronomía, lo que evidencia que el campo ha ampliado notablemente sus fronteras (Figura 5).

Figura 5. Relaciones temáticas en la producción de CTS de Iberoamérica en cada década



### CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El estudio realizado se centra específicamente en la aplicación de la metodología desarrollada a un campo concreto que, por sus características —fundamentalmente la multidisciplinariedad— se ha mostrado especialmente

relevante como objeto de estudio. Dicha metodología permitió avanzar en la definición de un corpus documental del ámbito de la CTS y detectar algunas de sus características principales.

En primer lugar, se aprecia que la producción de la CTS en Iberoamérica, aunque parecería escasa por su número de documentos absolutos, representa un porcentaje respecto del mundo algo superior que el de la producción de la región en todos los campos (Sancho *et al.*, 2006; De Filippo *et al.*, 2008; Gómez *et al.*, 2009). Esto pone de manifiesto que se trata de un área temática cuya importancia en el ámbito iberoamericano es considerable.

Los resultados obtenidos muestran que se trata de un campo joven, ya que a nivel internacional se ha vuelto visible recientemente, a partir de las últimas décadas. En el ámbito iberoamericano, este proceso es más reciente aún. Como muestran estudios previos, la expansión del campo en la región —en términos de publicaciones— ha sido un proceso que comenzó a partir de los años ochenta (Thomas, 2010), siendo la década de los noventa cuando se produjo su mayor desarrollo e institucionalización (Vaccarezza, 2004). Es lógico, entonces, que a partir del 2000 es cuando la producción se tornó más relevante.

Asimismo, el incremento de la visibilidad de la región, a través de la publicación en revistas de corriente principal, se pensaría como parte de un creciente proceso de internacionalización en diferentes niveles. En este sentido, diversos autores han observado que, en las últimas décadas, se han generado transformaciones como la internacionalización de la educación superior, los cambios operados en los sistemas universitarios de los países centrales, así como las nuevas estrategias de formación universitaria de los científicos (Didou, 2005; Kreimer, 2006). Es esperable que, tanto la potenciación del espacio europeo de educación superior, como las políticas de Estados Unidos de captación de recursos humanos altamente cualificados, tengan efectos sobre la dinámica de la ciencia en Iberoamérica, en especial para los sectores con fuertes vínculos con estas regiones desarrolladas.

Otro factor que indudablemente ha contribuido al aumento de la producción en revistas internacionales es la implementación de criterios de evaluación basados, justamente, en la valoración positiva de las publicaciones en revistas de corriente principal. Este proceso ha sido ampliamente discutido, pues puede producir resultados contradictorios. Por una parte, ha sido un importante motor para la inclusión de revistas de países no centrales en bases de datos de alto impacto, permitiendo a los investigadores locales contar con nuevos vehículos de difusión de sus resultados.

En el caso estudiado, esto se constata al observar que la producción de CTS de la región tiene mayor porcentaje de documentos en español y

portugués que el resto del mundo. El lado negativo es que muchas veces esta política también promovió la excesiva publicación en medios que serían precisamente los más adecuados (Masip, 2011).

Al considerar las categorías de la WoS de mayor producción, observamos que en el mundo destaca la History and Philosophy of Science, mientras que la producción de Iberoamérica se orienta hacia las Information Sciences and Library Science (ISL), Computer Science e History and Philosophy of Science. Si bien la metodología elegida para la selección de revistas influye en los resultados obtenidos, la alta producción en ISL evidencia el interés de la región por un área de investigación internacional.

La gran mayoría de las publicaciones vinculadas con ISL se relacionan con estudios cuantitativos orientados a desarrollar metodologías, analizar y evaluar la actividad investigadora de países, disciplinas, regiones o instituciones. Esto pone de manifiesto lo expresado anteriormente, en relación con la importancia de la evaluación, a partir de la medición de la producción en revistas internacionales. La presencia de gran número de publicaciones en el campo de la Computer Science se explicaría porque muchas de las revistas están clasificadas también en Information Sciences and Library Science.

El estudio de clústers bibliográficos ha permitido un nivel de análisis incluso más profundo para el estudio de su especialización temática. Así, se observa que existe una alta homogeneidad temática con tres ámbitos principales de interés: los estudios métricos para la evaluación de la ciencia, los trabajos relacionados con las discusiones “sociohistóricas” sobre conformación de campos disciplinares y los artículos sobre innovación y desarrollo tecnológico. Esta metodología permite complementar más precisamente los datos obtenidos del estudio directo de la WoS, ya que los clústers muestran con mayor especificidad los temas puntuales de interés y los referentes bibliográficos concretos, pues las categorías para analizar los espacios cognitivos son construidas ad hoc (a partir de los datos) y no son categorías previas (como sí lo son las “WoS categories”) que, a su vez, están pensadas para las ciencias en su conjunto y no sólo para el campo de la CTS). Estos aspectos, en apariencia invisibles, mediante el estudio de la WoS categories”, adquieren especial relevancia y visibilidad a través del estudio de CB.

Por último, cabe mencionar que consideramos que la metodología desarrollada resulta valiosa, pues permite identificar producción internacional de un campo complejo y difícil de delimitar. No ha sido objetivo de este trabajo determinar el número exacto de publicaciones en el campo de la CTS, ya que, por su amplitud y diversidad temática, sería imposible de definir. Asimismo,

diferentes elecciones metodológicas modificarían los resultados finales. No obstante, la metodología observada permite, desde diferentes aspectos (selección de revistas, palabras clave y análisis de clústers), identificar aspectos relevantes de la producción científica en este ámbito.

En este sentido, la utilización de técnicas para la detección de clústers bibliográficos mostró varias ventajas respecto de otras, como el análisis de co-citaciones, ya que brinda una representación más confiable de un campo, dándole un peso equivalente a cada artículo, pues no depende de si éste es posteriormente citado o no.

Al mismo tiempo, los artículos más nuevos también encuentran su lugar en el análisis, aunque no hayan recibido todavía ninguna cita. A través de este estudio, se ha puesto en evidencia cuáles son los principales temas en torno a los que gira la producción internacional de los autores iberoamericanos. Sin embargo, subsisten limitaciones que es convendría depurar aún más. A nivel metodológico es fundamental reducir el sesgo aportado por la selección de revistas y contar con bases de datos que recojan información completa, normalizada y exhaustiva, para así realizar estudios similares considerando las publicaciones de CTS de la región no indexadas en bases internacionales.

De este modo, tendremos información global sobre los principales temas de interés y se verificará si existe diferencia entre los temas abordados para lograr difusión internacional y los propiamente locales. Así será posible profundizar en el estudio del impacto social de la investigación, una problemática de sumo interés en el campo de la CTS, ya que se plantea la dicotomía entre el interés real de la actividad de los grupos más transnacionalizados que presentan una alta y prestigiosa producción, pero su aporte al desarrollo regional suele ser marginal (Kreimer y Thomas, 2005).

Desarrollar técnicas y metodologías bibliométricas para contribuir al estudio de campos científicos desde esta perspectiva, es uno de los objetivos hacia los que queremos seguir avanzando.

## REFERENCIAS

- Arellano, A. y P. Kreimer. 2011. *Estudio social de la ciencia y la tecnología desde América Latina*. Bogotá: Siglo del Hombre.
- Blondel, V., J.L. Guillaume, R. Lambiotte y E. Lefebvre. 2008. "Fast unfolding of communities in large networks", *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, vol. 10: 10008.
- Callon, M., J.P. Courtial y H. Penan. 1995. *Cienciometría. El estudio cuantitativo de la actividad científica: de la bibliometría a la vigilancia tecnológica*. Gijón: TREA.

- De Filippo, D. .2014. “Visibilidad internacional del campo cts en Latinoamérica a través de su producción científica”, en Pablo Kreimer, Hebe Vessuri, Léa Velho y Antonio Arellano (coords.), *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y la sociedad*. México: Siglo XXI.
- De Filippo, D., F. Morillo y T. Fernández. 2008. “Indicadores de colaboración científica del csic con Latinoamérica en bases de datos internacionales”, *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 31, no. 1: 66-84. DOI: <10.3989/redc.2008.v31.i1.413>.
- Didou Aupetit, S. (2005). *Internacionalización y proveedores externos de educación superior en los países de América latina y en el Caribe: principales problemáticas*. Caracas; Instituto Internacional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC)-Unesco.
- Fruchterman, T.M.J. y E.M. Reingold. 1991. “Graph drawing by force-directed placement”, *Software: Practice and Experience*, vol. 21, no. 11.
- García-Palacios, E.; González-Galbarte, J.C.; López-Cerezo, J.A.; Luján, J.L.; Martín- Gordillo, M.; Osorio, C.; Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid; OEI
- Gómez, I., M. Bordons, F. Morillo, D. De Filippo y J. Aparicio. 2009. *Science and Technology Indicators for Eulerinet*. Madrid: IEDCYT-CCHS-CSIC.
- Grauwin, S. y P. Jensen. 2011. “Mapping scientific institutions”, *Scientometrics*, vol. 89, no. 3): 943-954. DOI: <10.1007/s11192-011-0482-y>.
- Grauwin, S., G. Beslon E. Fleuty, S. Franceschelli, C. Robardet, J.B. Rouquier y P. Jensen. 2012. “Complex systems science: Dreams of universality, interdisciplinarity reality”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 63, no. 7: 1327-1338. DOI: <10.1002/asi.22644>.
- Haas, P.M. 1992. “Introduction: Epistemic communities and international policy coordination”, *International Organization*, vol. 46, no. 1: 1-35. DOI: <10.1017/S0020818300001442>.
- Kessler, M.M. 1963. “Bibliographic coupling between scientific papers”, *American Documentation*, vol. 14, no. 1: 10-25. DOI: <10.1002/asi.5090140103>.
- Knorr-Cetina, K. 1996. “¿Comunidades científicas o arenas transepistémicas de investigación? Una crítica a los modelos cuasi-económicos de la ciencia”, *REDES*, vol. 3, no. 7: 129-160, en <<http://iec.unq.edu.ar/images/redes/RedesN07/Articulos/Dossier%20%20Comunidades%20cientificas%20o%20arenas%20transepistemicas%20.pdf>>.
- Kreimer, P. , 2006. “¿Dependientes o integrados? La ciencia latinoamericana y la nueva división internacional del trabajo”, *Nómada*, vol. 24: 199-212, en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105116598017>>.
- Kreimer, P. 2000. “¿Una modernidad periférica? La investigación científica entre el universalismo y el contexto”. en D. Obregón (ed.), *Culturas científicas y saberes locales*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-CES.

- Kreimer, P. y H. Thomas. 2005. "Production des connaissances dans la science péri-phérique: l'hypothèse CANA en Argentine", en J.B. Meyer y M. Cartón (eds.), *La société des savoirs. Trompe-l'œil ou perspective?*. París: L'Harmattan
- Kuhn, T. 1986. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Masip, P. 2011. "Los efectos del efecto ANECA: producción española en comunicación en el Social Science Citation Index", *Anuario Think EPI*, vol. 5.
- Morillo, F., M. Bordons e I. Gómez. 2001. "An approach to interdisciplinarity through bibliometric indicators", *Scientometrics*, vol 51,, no. 1: 203-222, en <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1010529114941#page-1>>.
- Price, D.S. 1963. *Little science, big science*. Nueva York: Columbia University Press.
- Sancho, R., F. Morillo, D. De Filippo, I. Gómez y M.T. Fernández. 2006. "Indicadores de colaboración científica inter.-centros en los países de América Latina", *Inter-ciencia*, vol 31, no. 4: 284-292, en <[http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000400008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000400008&script=sci_arttext)>.
- Sanz-Casado, E., C. Martín Moreno, M. Maura, B. Rodríguez, C. García-Zorita y M.L. Lascurain. 2002. "Análisis de la interdiscipliniedad de los investigadores puertorriqueños en Ciencias Químicas durante el periodo 1992-1999", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 25, no. 4: 421-432. DOI: <10.3989/revdc.2002.v25.i4.276>.
- Thomas, H. 2010. "Los estudios sociales de la tecnología en América Latina", *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 37: 35-53.
- Vaccarezza, L. 2004. "El campo cts en América Latina y el uso social de su producción", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 1, no. 2.
- Vessuri, H. 1987. "The social study of science in America Latina", *Social Studies of Science*, vol. 17, 3: 519-554.

## ANEXO

### 1. Principales indicadores del CB no. 8

The community "CONSISTENCY" contains  $N = 12$  articles. Its average internal link weight is  $\langle \omega_{in} \rangle \approx 1/25$

| Keyword                               | f(%)  | $\sigma$ | Institution                 | f(%)  | $\sigma$ | Reference   | f(%)  | $\sigma$ |
|---------------------------------------|-------|----------|-----------------------------|-------|----------|---|-------|----------|
| CONSISTENCY                           | 16.67 | 17.14    | UNIV ZARAGOZA               | 33.33 | 11.35    | Pang R. 2008. FTM TRENDS INFORM RE (2), 1                 | 41.67 | 32.92    |
| E-GOVERNMENT                          | 16.67 | 17.14    | DEPT COMP SCI               | 25.00 | 5.48     | Kocoubs MT. 2007. GROUP DECIS NEGOT (16), 287             | 33.33 | 29.44    |
| E-COGNOCRACY                          | 16.67 | 17.14    | GRP DECIS MULTICRITERIO     | 25.00 | 29.06    | Pang R. 2002. P ACL 02 C EMP METH (10), 79                | 33.33 | 29.44    |
| SENTIMENT ANALYSIS                    | 16.67 | 17.14    | ZARAGOZA                    | 25.00 | 29.06    | Moreno-jimenez JM. 2006. ESTUDIOS EC APLICADA (24), 299   | 33.33 | 29.44    |
| GROUP DECISION-MAKING                 | 8.33  | 6.93     | RES GRP                     | 16.67 | 20.46    | Moreno-jimenez JM. 2003. J MULTICRITERIA DECI (12), 163   | 33.33 | 29.44    |
| ABOUTNESS                             | 8.33  | 12.12    | SINAI RES GRP               | 16.67 | 20.46    | Emil A. 2006. P 5 C LANG RES EV LR (0), 417               | 33.33 | 29.44    |
| REVIEWS                               | 8.33  | 12.12    | GRP TECNOL COMUNICAC        | 16.67 | 20.46    | Moreno-jimenez J M. 2003. INFORM EC TECNICAS A (0), 331   | 25.00 | 25.00    |
| OPINION                               | 8.33  | 6.93     | UNIV JAEN                   | 16.67 | 10.82    | Hu M. 2004. P 10 ACM SIGKDD INT (0), 168                  | 25.00 | 25.00    |
| CONTEXTUAL VALENCE SHIFTERS           | 8.33  | 12.12    | UNIV POLITECN MADRID        | 16.67 | 6.39     | Turney P. 2002. P 40 ANN M ASS COMP (0), 417              | 25.00 | 25.00    |
| SUPPORT DECISIONS                     | 8.33  | 12.12    | ARACAJU                     | 8.33  | 14.46    | Tahoudi M. 2011. COMPUT LINGUIST (37), 267                | 25.00 | 25.00    |
| IMPLEMENTATION                        | 8.33  | 5.98     | BARCELONA 08018             | 8.33  | 14.46    | Moreno-jimenez J M. 2005. TED C E GOV 2005 EL (13), 18    | 25.00 | 25.00    |
| FRAMEWORK                             | 8.33  | 2.84     | DEPT INFORMAT TECHNOL       | 8.33  | 14.46    | Sebastiani F. 2002. ACM COMPUT SURV (34), 1               | 25.00 | 22.05    |
| SECURITY                              | 8.33  | 8.51     | SAO PAULO                   | 8.33  | 7.13     | Garcia Iliana A. 2008. ESTUDIOS EC APLICADA (26), 181     | 25.00 | 25.00    |
| INFORMATION-RETRIEVAL                 | 8.33  | 4.49     | UNIV VALE PARAIBA           | 8.33  | 14.46    | Moreno-jimenez JM. 2009. LECT NOTES ARTIF INT (9796), 427 | 25.00 | 25.00    |
| TOPICALITY                            | 8.33  | 12.12    | SAO JOSE DOS CAMPOS         | 8.33  | 14.46    | Saaty TL. 1980. ANAL HIERARCHY PROCF (0), 0               | 16.67 | 20.81    |
| TEXT CATEGORIZATION                   | 8.33  | 12.12    | KINGS COLL LONDON           | 8.33  | 6.35     | O'neal Thomas P. 1999. P 37 ANN M ASS COMP (0), 246       | 16.67 | 20.81    |
| AD-HOC GROUPS                         | 8.33  | 12.12    | UNIV VALE PARAIBA           | 8.33  | 14.46    | Rousse J. 2004. P 4 INT C LANG RES E (1), 1115            | 16.67 | 20.81    |
| ARGUMENTS                             | 8.33  | 12.12    | RIO DE JANEIRO              | 8.33  | 5.77     | Capra F. 1996. THE WEB OF LIFE (0), 0                     | 16.67 | 20.81    |
| RELEVANCE                             | 8.33  | 8.51     | UNIV FED PARAIBA            | 8.33  | 6.35     | Aguarón J. 2003. EUR J OPER RES (145), 382                | 16.67 | 20.81    |
| EPARTICIPATION                        | 8.33  | 12.12    | FTM ENSINO SUPERIOR PASSOS  | 8.33  | 14.46    |   |       |          |
|                                       |       |          | NAT LANGUAGE ENGN LAB ELIRF | 8.33  | 14.46    |   |       |          |
| Subject                               | f(%)  | $\sigma$ | Country                     | f(%)  | $\sigma$ | Bibliometria  |       |          |
| Information Science & Library Science | 58.33 | 2.40     | Spain                       | 83.33 | 1.94     | FDM TRENDS INFORM RE                                      | 41.67 | 30.03    |
| Computer Science, Information Systems | 50.00 | 6.73     | Netherlands                 | 16.67 | 2.70     | LECT NOTES COMPUT SC                                      | 33.33 | 7.40     |
| Psychology, Experimental              | 25.00 | 14.89    | Brazil                      | 8.33  | -0.01    | GROUP DECIS NEGOT   | 33.33 | 26.31    |
| Psychology, Multidisciplinary         | 25.00 | 8.57     | England                     | 8.33  | 0.42     | P 5 C LANG RES EV LR                                      | 33.33 | 29.44    |
| History & Philosophy Of Science       | 16.67 | 0.12     | Mexico                      | 8.33  | 0.13     | P ACL 02 C EMP METH                                       | 33.33 | 29.44    |
|                                       |       |          | Ireland                     | 8.33  | 6.35     | J MULTICRITERIA DECI                                      | 33.33 | 29.44    |
|                                       |       |          |                             |       |          | ACM COMPUT SURV   | 33.33 | 14.55    |
|                                       |       |          |                             |       |          | LECT NOTES ARTIF INT                                      | 33.33 | 12.05    |
|                                       |       |          |                             |       |          | ESTUDIOS EC APLICADA                                      | 33.33 | 20.74    |
|                                       |       |          |                             |       |          | COMPUT LINGUIST   | 33.33 | 19.53    |
| Journal                               | f(%)  | $\sigma$ | Author                      | f(%)  | $\sigma$ | Title Words   |       |          |
| J AXI SOC INF SCI TEC                 | 50.00 | 7.22     | Moreno-Jimenez JM           | 33.33 | 30.02    | "COGNITIVE  | 16.67 | 7.82     |
| COMPUT HUM BEHAV                      | 25.00 | 18.31    | Turon A                     | 16.67 | 21.22    | KNOWLEDGE   | 16.67 | 2.29     |
| GOV INFORM Q                          | 8.33  | 15.00    | Martins-Valdivia MT         | 16.67 | 21.22    | FRAMEWORK   | 16.67 | 6.84     |
| SOC STUD SCI                          | 8.33  | 2.27     | Cardenas J                  | 16.67 | 21.22    | SOCIETY   | 16.67 | 1.05     |
| HIST CIENC SAUDE-MAN                  | 8.33  | 2.76     | Urena-Lopez LA              | 16.67 | 21.22    | POLARITY  | 16.67 | 21.22    |
|                                       |       |          | Pena-Ortega JM              | 16.67 | 21.22    | CLASSIFICATION  | 16.67 | 7.82     |
|                                       |       |          | Salazar JL                  | 16.67 | 21.22    | SCIENCE   | 16.67 | 0.22     |
|                                       |       |          | Rodriguezdeleaguemgil ML    | 8.33  | 15.00    | E-COGNOCRACY  | 16.67 | 21.22    |
|                                       |       |          | Rais J                      | 8.33  | 10.56    | NEGATION  | 16.67 | 21.22    |
|                                       |       |          | Velazquez M                 | 8.33  | 15.00    | MAKING  | 16.67 | 7.82     |

Para citar este texto:

De Filippo, Daniela; Levin, Luciano. 2017. "Detección y análisis de 'clústers bibliográficos' en las publicaciones de Iberoamérica sobre ciencia, tecnología y sociedad (1970-2013)". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 123-148.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57888>

# Visibilidad e impacto de la producción científica de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Cujae de Cuba (2003-2012)

María Sonia Fleitas Triana\*  
Claudia Hernández Oquendo\*\*  
Sandra Guerra Castillo\*\*\*

*Artículo recibido:*  
21 de octubre de 2013  
*Artículo aceptado:*  
29 de abril de 2016

## RESUMEN

Los estudios bibliométricos aplicados a la producción científica de las universidades aportan información valiosa para la toma de decisiones en materia de planificación y evaluación de sus actividades de investigación. El objetivo de este artículo es representar y analizar el perfil investigador de la Facultad de Ingeniería Industrial del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae) de Cuba, a partir de un estudio bibliométrico de la producción científica de

\* Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría, Cujae". La Habana, Cuba. [sfleitas@ind.cujae.edu.cu](mailto:sfleitas@ind.cujae.edu.cu)

\*\* Facultad de Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría, Cujae". La Habana, Cuba. [claudia9973@gmail.com](mailto:claudia9973@gmail.com)

\*\*\* Gesime Grupo Empresarial de la Industrial Sideromecánica. La Habana, Cuba. [lillicar@infomed.sid.cu](mailto:lillicar@infomed.sid.cu)

sus investigadores en las bases de datos Scopus y Web of Science (WoS) durante el periodo 2003-2012. Se evalúan indicadores validados internacionalmente para la dimensión cuantitativa y cualitativa de la producción, así como indicadores de la colaboración científica, los cuales permiten determinar la visibilidad e impacto de estas publicaciones a nivel internacional. Mediante la comparación de los resultados fue posible la valoración de la contribución de la facultad a la posición de la Cujae en las distintas ediciones del *ranking* iberoamericano SIR. Se concluye que, aun cuando el número de artículos refleja una tendencia creciente en los últimos años, es bajo el porcentaje de trabajos en colaboración internacional y el promedio de citas por artículos es inferior a la tendencia descrita en la literatura.

**Palabras clave:** Estudio Bibliométrico; Producción Científica; Universidad; *Ranking*; Visibilidad; Impacto.

**Visibility and impact of the scientific production of the Industrial Engineering School, Cujae, Cuba (2003-2012)**

*María Sonia Fleitas Triana, Claudia Hernández Oquendo and Sandra Guerra Castillo*

**ABSTRACT**

The bibliometric studies applied to the scientific production of universities can provide valuable information for the decision-making process related to research planning and evaluation. The objective of this paper is to represent and to analyze the research profile of the Industrial Engineering School of the Polytechnic University of Havana José Antonio Echeverría (Cujae) in Cuba, by means of a bibliometric study applied to its scientific production indexed in the databases Scopus and Web of Science during the period 2003-2012. There were evaluated internationally validated indicators for the quantitative and qualitative

dimension of the production, as well as indicators for the scientific collaboration, which allowed the determination of the visibility and impact of these publications at international level. By means of the comparison of the results, it was possible the assessment of the contribution of the School to the position of Cujae in the several editions of the SIR Latin American *ranking*. It was concluded that, even though there has been a positive tendency in the number of articles in the last years, the percentage of papers in international collaboration is low and the average of cites per paper is below the tendency described in the literature.

**Key words:** Bibliometric Study; Scientific Production; University; *Ranking*; Visibility; Impact.

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de la visibilidad es un aspecto primordial para que la investigación logre un impacto adecuado en la comunidad científica y académica nacional e internacional, que es, sin lugar a duda, el objetivo que se persigue cuando se publican los resultados de la actividad científica de una institución o un país. Sin embargo, la brecha entre los países desarrollados y los subdesarrollados respecto del acceso, creación y utilización de los conocimientos científicos, han influido significativamente en la poca visibilidad internacional e impacto de la actividad científica de estos últimos.

En este escenario, la Política Nacional de Ciencia e Innovación Tecnológica, trazada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) de Cuba, se manifiesta por la necesidad de asegurar el tratamiento adecuado de los resultados del trabajo científico y tecnológico dentro del sistema de publicaciones científicas nacionales, promoviendo, en la medida conveniente, la divulgación de trabajos nacionales en revistas de circulación internacional de reconocido prestigio.

El sector universitario, productor y diseminador principal del conocimiento en una sociedad, desempeña un papel protagónico en la actividad científica de cualquier nación. De acuerdo con los lineamientos de la política científica del país, el Ministerio de Educación Superior (MES) de Cuba tiene entre sus retos impulsar la producción científica de sus instituciones, siendo uno de los pilares para la consecución de este objetivo la publicación de esta producción en revistas nacionales e internacionales, específicamente las

de mayor visibilidad internacional que forman parte de la llamada “corriente principal” de la ciencia.

Por ello, en 2010, la Dirección de Ciencia y Técnica del MES, con claros objetivos evaluativos y atendiendo a la existencia de nuevas herramientas cuantitativas para el estudio de la producción científica nacional, realizó una clasificación de las bases de datos en cuatro grupos e incluyó a las revistas comprendidas en las bases de datos de Thomson Reuters (antes Institute for Scientific Information, ISI), disponibles en línea a través del portal Web of Science (WoS) y en Scopus, creada por la editorial Elsevier; dentro del grupo 1, considerado el más importante núcleo de fuentes de información en el que deben divulgar sus resultados los científicos y académicos cubanos.

La Facultad de Ingeniería Industrial es una de las siete con que cuenta el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (en lo sucesivo Cujae), de Cuba, donde se imparte la carrera de Ingeniería Industrial, acreditada como de Excelencia desde 2004. Al estudiar las publicaciones científicas de sus investigadores en los últimos diez años, a partir de los indicadores que conforman el “Modelo de referencia de investigaciones y posgrado”,<sup>4</sup> se concluye que, aunque ha habido un progreso en el cumplimiento de los artículos planificados en el grupo 2 (que reúne las bases de datos especializadas de reconocimiento internacional), la producción científica en bases de datos de corriente principal (pertenecientes al grupo 1) ha sido insuficiente en el periodo mencionado.

Según los informes del listado o clasificación (*ranking*) iberoamericano SIR (SCImago Institutions *Ranking*), desarrollado por los investigadores del grupo español SCImago, a partir de la producción científica presente en la base de datos Scopus, la posición de la Cujae en cuanto a las publicaciones en revistas científicas ha variado del lugar 280 al 354, entre más de mil instituciones iberoamericanas de educación superior, en las ediciones publicadas anualmente desde 2010 hasta 2012. En la edición de 2013, esta posición mejoró en relación con el periodo anterior, para ubicarse en el lugar 306, al incrementarse la producción científica en 38 artículos.

A pesar de que el uso de las clasificaciones en el sector de la educación superior no genera consenso y conduce a muchos debates sobre los beneficios y costos de su uso, su empleo como herramienta para el análisis de la actividad investigadora de las instituciones de educación superior (IES) se ha

4 Instrumento de evaluación que contiene una serie de indicadores para medir los resultados de la actividad investigativa, que incluye, entre otros, el número de artículos publicados en la Web of Science (WoS) y en otras bases de datos de reconocimiento internacional. Éste se elabora por el Vicerrectorado de Investigaciones y Posgrado, con la planificación de los resultados a nivel de la Cujae, a partir de un análisis de los listados o clasificaciones, los cuales se desagregan a nivel de facultad, con base en la cantidad de profesores equivalentes.

incrementado en los últimos años, existiendo en la actualidad una gran variedad de listas a nivel internacional y regional; en muchas de las cuales se emplean indicadores bibliométricos, tanto de productividad científica (calculadas a partir del número de publicaciones indizadas), como de impacto (que incluye información acerca del número de citas bibliográficas derivadas de publicaciones científicas).

En esos listados no son visibles las contribuciones de las facultades que pertenecen a las universidades, sin embargo, dentro de las instituciones académicas esta información resulta de gran utilidad para contrastar los logros y avances de cada facultad y su aporte a los resultados obtenidos por la institución en conjunto.

De ahí la importancia de la evaluación de la producción científica de las IES a partir de estudios bibliométricos, lo cual ha adquirido especial relevancia en las últimas décadas. La bibliometría la han definido múltiples autores, entre ellos Arencibia y Araújo (2004), quienes expresaron que ésta ayuda a precisar, a través del estudio de las publicaciones, el desarrollo de una determinada área de la ciencia y que su alcance abarca desde la producción científica de un individuo, grupo o institución de investigación, hasta el comportamiento de todo un sector o campo temático durante un periodo dado y en un entorno nacional o internacional.

Los estudios bibliométricos aportan información (cuantitativa y cualitativa) sumamente valiosa, de apoyo para la toma de decisiones en materia de planificación y evaluación de las actividades de investigación en el ámbito universitario. Si se aplican esos estudios bibliométricos al análisis de las contribuciones científicas de las facultades de instituciones universitarias, permiten identificar las fortalezas de cada cual, así como revelar sus perfiles temáticos, las relaciones de cooperación científica entre sí, los patrones de colaboración nacional e internacional de cada uno de estos dominios de la ciencia, y su vinculación con el desarrollo de ésta en la universidad en su conjunto, del país u otros países e instituciones del mundo.

El objetivo de este artículo es representar y analizar el perfil investigador de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Cujae en bases de datos de corriente principal, a partir de un estudio bibliométrico de la producción científica de sus investigadores durante el periodo 2003-2012.

Mediante la evaluación de una batería de indicadores bibliométricos validados internacionalmente, se analiza la dimensión cuantitativa y cualitativa de la producción científica de esta facultad, así como los patrones de colaboración nacional e internacional en los artículos, lo que permite ofrecer una imagen de la intensidad de la investigación en diversos niveles de agregación y determinar la visibilidad e impacto de estas publicaciones en el plano internacional.

Su realización proporciona información valiosa sobre los resultados de la investigación de esta facultad, que circulan actualmente entre la comunidad científica. El procedimiento propuesto se emplearía para el estudio de las publicaciones científicas del resto de las facultades de la Cujae, con miras a obtener una imagen más completa del perfil investigativo de la institución, así como de otras pertenecientes a universidades cubanas y extranjeras. Además, proporciona una herramienta para la toma de decisiones en materia de política científica, de tal manera que contribuya a mejorar la posición de la institución en las clasificaciones de las universidades en el ámbito internacional.

## MÉTODOS

Tras una larga revisión de la literatura, se detectó un grupo de trabajos publicados desde 2000 hasta la fecha, en los que se aplica el análisis bibliométrico a la producción científica de las IES (principalmente universidades), los cuales se estudiaron con la finalidad de determinar los procedimientos seguidos, las fuentes de información empleadas, los sistemas utilizados para el procesamiento de la información, el periodo de análisis, los indicadores evaluados, entre otros elementos.

Algunos ejemplos de este tipo de estudios bibliométricos relativos a una institución, específicamente a las universidades, lo constituyen los trabajos de Kim y Kim (2000), en el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Seul, Corea; Sanz *et al.* (2005), en la Facultad de Humanidades de la Universidad de Mar del Plata, Argentina; Alonso *et al.* (2006), con un estudio de dominio de la Universidad Politécnica de Valencia, España; Olmeda *et al.* (2008), que tratan sobre la producción científica de las universidades en la comunidad de Cataluña, y Kumar y Husain (2010), con un análisis bibliométrico de los resultados de investigación de la Universidad Jamia Millia Islamia de Nueva Delhi, en el campo de las ciencias naturales.

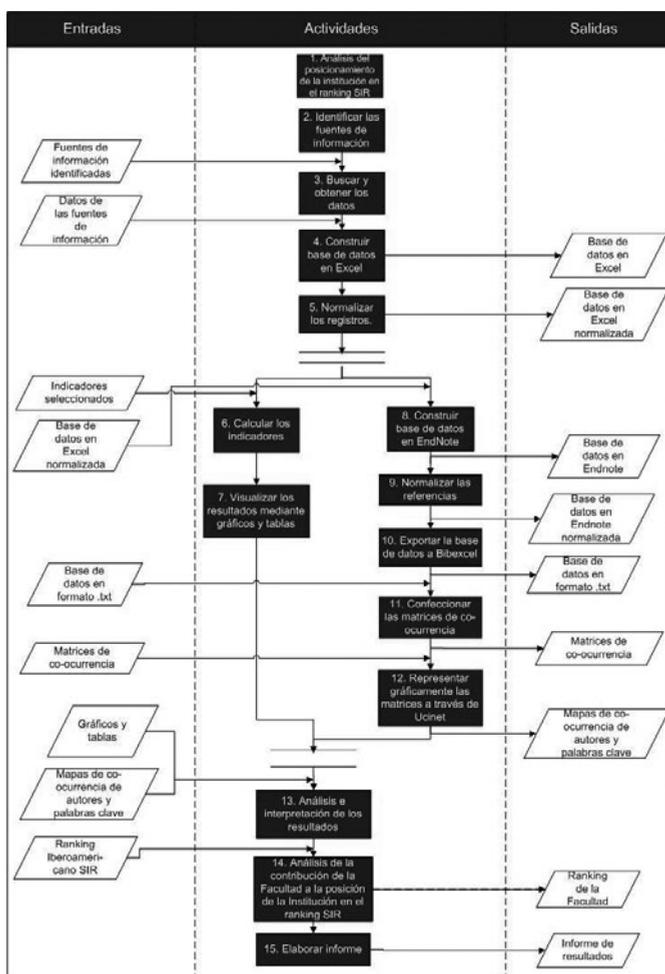
A nivel nacional se detectaron los trabajos de Martí (2007), donde se analiza la producción científica de la Universidad de La Habana; Peralta *et al.* (2011), quienes examinan la producción científica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y la tesis doctoral de Arencibia (2010), en la que se aplica un grupo de indicadores bibliométricos validados internacionalmente, a la producción de la ciencia y la educación superior cubanas (Arencibia, 2010).

Se obtuvieron como aspectos comunes el uso de las bases de datos de la corriente principal, el empleo de software para el almacenamiento y análisis de la información, además de una estrategia similar de búsqueda, extracción y procesamiento de los datos primarios.

Teniendo en cuenta estos resultados, se diseñó un procedimiento basado en las propuestas de varios autores y se incorporaron algunos elementos necesarios para la evaluación de la producción científica de los investigadores de una facultad universitaria, como el análisis de las clasificaciones universitarias, para que sirvan de referencia en el estudio bibliométrico.

El procedimiento diseñado se representa mediante un diagrama de flujo en la *Figura 1*, y a continuación se detallan cada una de las actividades que lo conforman.

Figura 1. Diagrama de flujo del procedimiento para la realización del estudio bibliométrico



Fuente: elaboración propia.

### ***Análisis del posicionamiento de la institución en el SIR iberoamericano***

Como se expresó anteriormente, las clasificaciones (o rankings) constituyen instrumentos que aportan información valiosa a las IES sobre el comportamiento de la producción de conocimientos, mediante la medición de indicadores comparativos. Específicamente el SIR (Scimago Institutions *Ranking*) iberoamericano, uno de los listados más reconocidos y aprobados por la comunidad científica internacional, evalúa indicadores bibliométricos que se basan fundamentalmente en la producción, la colaboración y el impacto.

Por ello inicia el estudio con el análisis de la posición de la institución en las ediciones de esta clasificación iberoamericana, la cual se deriva de los resultados de los indicadores anteriores, que a su vez se basan en las publicaciones científicas en revistas indizadas en la base de datos Scopus en diferentes periodos. Este análisis inicial resulta de gran utilidad, pues permite obtener una visión general del posicionamiento de la institución a nivel iberoamericano y la comparación con otros centros a nivel nacional.

### ***Selección del objeto de estudio***

Primeramente, se selecciona el objeto de estudio, que en este caso se basa en las publicaciones científicas en revistas indizadas en las bases de datos Scopus y WoS de los profesores de una facultad.

Esta decisión está en correspondencia con la tendencia internacional de evaluar el mérito científico, fundamentalmente sobre la base de publicaciones en revistas científicas, resultando que, en la mayoría de los estudios bibliométricos, los artículos son más frecuentemente la unidad de análisis seleccionada, pues son considerados altamente representativos del resultado real de toda actividad de investigación (Alonso *et al.*, 2006; Olmeda *et al.*, 2008).

Igualmente, se tuvo en cuenta que la publicación en revistas indizadas en fuentes internacionales, y especialmente en las bases de datos de corriente principal, además de permitir la visibilidad y el reconocimiento internacional de las contribuciones científicas, es un indicador de la calidad y prestigio de los resultados de investigación, lo cual —desde la perspectiva de los indicadores bibliométricos— es una manera de garantizar su validez y confiabilidad a la hora de comparar el perfil, patrones y posicionamiento científico de países e instituciones.

El periodo analizado abarca los últimos diez años, pues se considera un tiempo suficiente para que los resultados científicos publicados en bases de datos internacionales hayan generado un impacto a través de las citas recibidas.

Además, en los estudios bibliométricos analizados, aproximadamente el 50% de éstos abarca un periodo de 7 a 13 años.

### ***Identificación de las fuentes de información***

Las principales fuentes de información utilizadas son los sistemas de información científica de la institución, los cuales actualmente se perfilan como los candidatos idóneos para ser la fuente de información sobre la actividad científica de las universidades.

Diferentes bases de datos en línea se emplean para la recuperación de los artículos a texto completo o sus metadatos, como el Directory of Open Access Journals (DOAJ), Dialnet (Fundación de la Universidad de la Rioja, España), e-revistas (portal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas-CSIC de España) y SciELO (Scientific Electronic Library Online), así como los sitios web de las revistas que se editan en formato electrónico.

Para el análisis de citas se emplea Google Scholar y la opción Author Preview disponible de forma gratuita en Scopus. Por último, los portales Scimago Journal and Country Rank (SJCR) y Scimago Institutions Ranking (SIR), desarrollados por el Grupo Scimago, se usan para obtener información bibliométrica basada en los datos que recoge Scopus.

### ***Aplicación de una estrategia de búsqueda, extracción y procesamiento de los datos primarios***

El objetivo de la búsqueda consiste en recuperar los artículos publicados por los investigadores de la facultad en las bases de datos Scopus y WoS en los últimos diez años.

Para ello se debe acceder a los sistemas de información científica de la institución, donde se registran sus resultados de investigación científica. Posteriormente, se deben realizar búsquedas en las bases de datos en línea y en los sitios web de las revistas, con el fin de recuperar estos documentos a texto completo (en los casos en que sea posible el acceso) y sus metadatos, lo que permite corroborar los datos reportados y completar los registros incompletos.

Los datos se almacenan en una base de datos con toda la información integrada mediante Microsoft Excel, la cual incluye los campos siguientes: año de registro en el balance, título, idioma, autores y para cada autor, categoría científica, afiliación y sector al que pertenece; tipo de colaboración, grupo temático, año de publicación, nombre de la revista, ISSN/eISSN, país, volumen, número, páginas, palabras clave, resumen, bases de datos y URL.

Posterior a este proceso, se desarrolla la normalización (control de errores) de los campos directamente relacionados con los distintos niveles de análisis (instituciones, revistas, autores, etc.). Este último requiere de un riguroso trabajo manual dentro de la base de datos, porque con frecuencia no es uniforme la denominación de la institución ni de las facultades y centros en el campo "Afiliación". Se identifican y normalizan los nombres de los autores de los trabajos, confrontando los datos con las listas de la plantilla de docentes e investigadores de la facultad, para los autores pertenecientes actualmente a la institución, y realizando consultas en diferentes bases de datos y otras fuentes disponibles a través de Internet para el resto de los autores.

Además, se clasifican los registros según el tipo de colaboración identificada en los artículos, la procedencia de cada autor (especificando sector, institución, provincia y país) y el grupo temático, a partir la clasificación de temáticas definidas por la revista *Ingeniería Industrial*.

Toda la información de los artículos se introduce de manera semiautomática en una base de datos bibliográfica, empleando el gestor de referencias EndNote X4, con el objetivo de crear mapas de co-ocurrencia de palabras claves y autores, con la ayuda de los softwares Bibexcel 1.0 y Ucinet 6.123. Los análisis estadísticos como el de series cronológicas, para conocer cómo han evolucionado en el tiempo las variables estudiadas, se realizan con la ayuda del software Minitab 14.

Para el análisis del impacto esperado de la producción científica, se descargan las hojas de datos de Microsoft Excel disponibles en el SJCR, con toda la información bibliométrica existente en el portal sobre las revistas indizadas en Scopus en las que publicaron los investigadores analizados.

Para contabilizar las citas recibidas y determinar el impacto real alcanzado por las publicaciones de cada investigador, se realizan búsquedas de los artículos y los autores en Scopus y Google Scholar, empleando de forma aleatoria los términos nombre y apellidos del autor, título del artículo y revista en la que se publicó; hasta conseguir la ecuación que mejores resultados aporte.

Por último, se accede a los reportes del SIR iberoamericano, con vistas a extraer la información relativa a la posición y los indicadores de las IES a las que están afiliados los autores que publican en colaboración con los de la facultad.

### ***Cálculo de los indicadores bibliométricos. Visualización, análisis e interpretación de los resultados***

Tomando como base los indicadores evaluados en la más reciente edición del SIR y luego del análisis de los estudios bibliométricos de dominio institucional ya mencionados, en los que se constató la utilización de diferentes

indicadores, técnicas y métodos estadísticos para el análisis de la información, se dedicó especial énfasis en esta investigación en una selección de la batería de indicadores bibliométricos propuestos por Arencibia (2010), en correspondencia con los utilizados en otros estudios nacionales e internacionales, destinados a capturar la dimensión cuantitativa y cualitativa de la producción científica nacional; y para la caracterización de los diversos tipos de colaboración en los artículos (Arencibia, 2010).

A continuación, se mencionan los indicadores seleccionados y su relación con los utilizados en el SIR iberoamericano de 2013.

### ***Indicadores para la dimensión cuantitativa de la producción científica***

Número de artículos o Producción total (A), Proporción de artículos respecto del total (% A), Tasa de Variación (TV), Ratio A-Investigador y Ratio A-PhD (Arencibia, 2010).

El indicador A, que señala el número total de artículos que se estudian, sea cual fuere el nivel de agregación analizado (Arencibia, 2010), equivale al evaluado en el listado denominado *Producción Científica* (O, por Output), referido al número total de documentos publicados en revistas académicas indizadas en Scopus (SRG, 2013).

### ***Indicadores para la colaboración científica***

Número de artículos en colaboración (A-col), Artículos sin colaboración (SC), Artículos con colaboración nacional exclusiva (CN), Artículos con colaboración nacional e internacional (CNI), Artículos con colaboración internacional (CI), Producción científica con colaboración internacional (PCI), Producción científica nacional exclusiva (PNE) y Tasas de colaboración (% CI, CNI, CN, SC, A-col, PCI y PNE) (Arencibia, 2010). A éstos se adicionó el Índice de co-autoría (IC), que aunque no es evaluado por Arencibia (2010), lo utiliza la mayor parte de los autores consultados.

Dentro de este grupo, el indicador % PCI, que recoge la proporción de artículos publicados en los que al menos un autor pertenece a una institución internacional, se corresponde con *Colaboración Internacional* (% IC, por International Collaboration) empleado en la clasificación (SRG, 2013).

Se relaciona también con este grupo el indicador *Liderazgo Científico* (% Lead, por Scientific Leadership), presente en la clasificación a partir de la edición de 2013, que se define como la producción de una institución en la que ésta es “el principal contribuidor”, es decir, el número de trabajos en los que el “corresponding author” pertenece a la institución (SRG, 2013).

### *Indicadores para la dimensión cualitativa de la producción científica*

Distribución por cuartiles (Q1, Q2, Q3, Q4), Número de artículos de alta visibilidad (AQ1), Proporción de artículos de alta visibilidad (PAQ1), Número total de artículos citados (AC), Proporción de artículos citados (% AC), Número total de citas recibidas (C), Promedio de citas por artículo (C/A), Índice H (i-H) (Arencibia, 2010).

Específicamente el indicador PAQ1, equivale a *Publicaciones de Alta Calidad* (% Q1, por High Quality Publications), definido en el listado como la relación de documentos que publica una institución en las revistas con más influencia del mundo, las ubicadas en el primer cuartil (25%) de categoría, según la ordenación derivada del indicador SCImago (SRG, 2013).

Mientras que la *Ratio de Excelencia* (% Exc, por Excellence Rate), indica la cantidad (en porcentaje) de producción científica de una institución que se ha incluido en el grupo del 10% de trabajos más citados de su campo científico. Es una medida de la cantidad de producción científica de alta calidad de las instituciones de investigación (SRG, 2013).

Este indicador toma como base para su cálculo la cantidad de citas recibidas por cada artículo, por lo cual se relaciona con el Número total de citas recibidas (C), definido por Arencibia (2010) como la sumatoria de las citas recibidas por cada artículo citado.

Por último, el *Impacto Normalizado* (NI, por Normalized Impact), se calcula de la siguiente forma: los valores (en%) muestran las relaciones entre el impacto científico medio de una institución y el conjunto promedio mundial con una puntuación de 1, es decir, una puntuación de NI de 0.8 significa que la institución es citada un 20% por debajo del promedio mundial y un valor de 1.3 significa que la institución es citada un 30% superior a la media del mundo (SRG, 2013).

Igualmente, este indicador toma como base para su cálculo el Promedio de citas por artículo (C/A), definido por Arencibia como la media de citas recibidas por el conjunto de la producción científica, campo temático o cualquier otro nivel de agregación, que indica de forma directa el impacto o visibilidad alcanzada por un grupo de artículos (Arencibia, 2010).

Los resultados de los indicadores bibliométricos calculados se visualizan mediante cuadros y figuras, los cuales permiten un mejor análisis e interpretación.

### ***Análisis de la contribución de la Facultad a la posición de la institución en el SIR iberoamericano***

Una vez realizado el estudio bibliométrico que permite analizar en detalle la producción científica de los investigadores de la facultad, conocer el grado de visibilidad e impacto que ha alcanzado a nivel mundial y caracterizar sus patrones de colaboración; se determina la contribución de la facultad a la posición de la institución en el SIR iberoamericano, a través de la evaluación de los indicadores de dicho listado, utilizando las publicaciones científicas en revistas indizadas en Scopus por la facultad, en los periodos analizados en sus distintas ediciones, así como su comparación con los valores obtenidos por la universidad.

Esto permite concluir sobre las fortalezas y debilidades de la actividad investigativa de la facultad y proporciona información útil para su gestión, con vistas al aumento continuo de la visibilidad e impacto de las publicaciones de sus investigadores, y al mejoramiento de la posición de la institución en las clasificaciones. Así, se evidencia la concepción del procedimiento como un ciclo de mejora continua.

### ***Elaboración del informe de resultados del estudio y su presentación***

Los resultados obtenidos mediante este estudio bibliométrico se presentan en un informe y se comunican a los investigadores, preferiblemente mediante seminarios dirigidos a los grupos de investigación, de tal forma que se genere el intercambio de conocimientos y se socialicen las prácticas de los investigadores que probaron dar resultados positivos, en relación con la publicación de artículos científicos en las bases de datos de corriente principal.

## RESULTADOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos mediante la aplicación del procedimiento para la realización del estudio bibliométrico de la producción científica en bases de datos de corriente principal diseñado a la producción científica de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Cujae en el periodo 2003-2012.

### ***Análisis de la posición de la institución en el SIR iberoamericano***

En los resultados reportados en el listado del SIR 2010, 2011, 2012 y 2013, se observa que a pesar de que la Cujae ha mostrado un comportamiento ligeramente

creciente (en cuanto a la cantidad de artículos), no se ha desempeñado a la par con la producción de las otras universidades, lo que se refleja en el descenso de su posición en los reportes de 2010 a 2012, aunque en el del 2013 comienza a mejorar.

En el SIR iberoamericano 2013, que incluye toda la producción científica presente en la base de datos Scopus en el periodo 2007-2011, se pudo conocer que de más de 1,600 universidades iberoamericanas, la Cujae ocupó la posición 306 con 205 artículos, precedida a nivel nacional por la Universidad de La Habana, que se encuentra en la posición 122 con 1,386 artículos, además del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas y la Universidad de Oriente.

En cuanto al resto de los indicadores que evalúa este listado, cabe concluir que el porcentaje de publicaciones científicas de la Cujae, elaboradas conjuntamente con instituciones de otros países, se ha mantenido entre los más altos con relación con el resto de las universidades cubanas y ha aumentado ligeramente en los últimos años, alcanzando el 78.54% en el 2013.

Por otra parte, el Liderazgo Científico se encuentra entre los más bajos, en relación con otras instituciones cubanas (33.17%). En cuanto a la proporción de publicaciones en revistas del primer cuartil, ésta ha descendido en el último periodo y sus valores no rebasan el 50%. Por último, los indicadores que miden el impacto científico (Ratio de Excelencia e Impacto Normalizado), se han mantenido con niveles bajos en relación con el comportamiento internacional, pero similares a los resultados de las instituciones cubanas.

### ***Selección del objeto de estudio***

El objeto de estudio lo constituyen las publicaciones científicas de los profesores de la Facultad de Ingeniería Industrial en las bases de datos Scopus y Web of Science durante el periodo 2003-2012.

### ***Identificación de las fuentes de información. Aplicación de una estrategia de búsqueda, extracción y procesamiento de los datos primarios***

Las principales fuentes de información utilizadas durante la investigación fueron, en primer lugar, el Sistema de Registros Primarios de la Cujae y los Informes de Balance Anuales de Investigaciones y Posgrado de la Facultad de Ingeniería Industrial emitidos en el periodo 2003-2012. Además, se emplearon las diferentes bases de datos en línea ya mencionadas, Google Scholar y Scopus para el análisis de citas, así como los portales del Grupo scimago. A partir de las fuentes de información señaladas, se siguió la

estrategia de búsqueda, extracción y procesamiento de los datos descrita en la sección anterior.

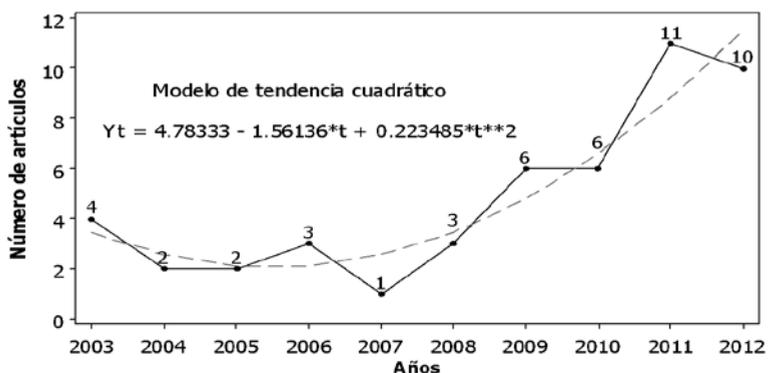
### ***Cálculo de los indicadores bibliométricos. Visualización, análisis e interpretación de los resultados***

Los resultados obtenidos por cada grupo de indicadores se presentan enseguida.

#### *Indicadores para la dimensión cuantitativa de la producción científica*

El total de artículos en revistas de corriente principal fue 48. Su distribución por año de publicación se muestra en la *Figura 2*, en la que se aprecia una tendencia al crecimiento, la cual se ajusta mejor a un modelo cuadrático, ya que los valores muestran un comportamiento ligeramente creciente en los primeros años del periodo estudiado y luego, su ritmo su crecimiento es mucho más acelerado.

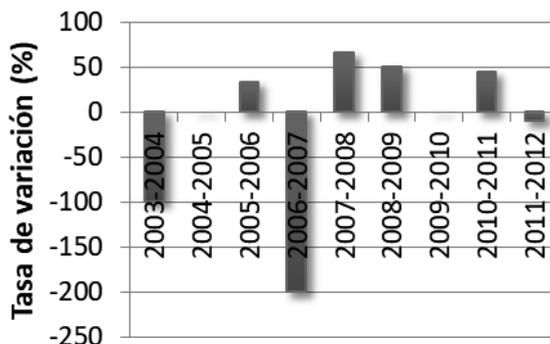
*Figura 2.* Distribución del número de artículos por año de publicación en el periodo 2003-2012



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Para determinar las diferencias entre la cantidad de artículos publicados en un año respecto del anterior, en términos porcentuales, se calculó la tasa de variación anual, lo cual se representa en la *Figura 3*.

Figura 3. Tasas de variación en la producción de artículos de la Facultad de Ingeniería Industrial en el periodo 2003-2012

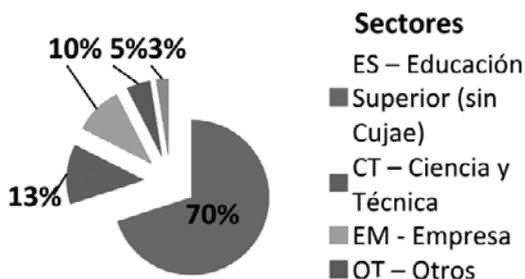


Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Las tasas de variación anual fueron significativas, siendo los periodos 2003-2004 y 2006-2007 los de mayor variabilidad en sentido negativo. La tasa de variación total en el periodo 2003-2012, fue de 60%.

El análisis de la producción por sectores reveló que la mayoría de los artículos fueron publicados en colaboración con autores pertenecientes a instituciones de educación superior y, en menor medida, a centros de investigación y empresas, como se muestra en la *Figura 4*.

Figura 4. Distribución de la producción científica por sectores en el periodo 2003-2012



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Debe tenerse en cuenta que se han empleado datos a partir del recuento completo de coautorías, según el cual se atribuye la autoría a todas y cada una de las instituciones firmantes, lo cual provoca solapamientos en los recuentos totales de producción al atribuirse cada trabajo a tantos autores como firmantes institucionales posea.

El estudio de la producción por países mostró que los investigadores de la facultad publicaron en el periodo en mayor grado con autores pertenecientes a instituciones nacionales (37%) y de las extranjeras, se destacan por su producción las provenientes de España y México, lo que se observa en la *Figura 5*.

*Figura 5.* Distribución de la producción científica por países en el periodo 2003-2012

| Países colaboradores | Número de artículos (A) | % A |
|----------------------|-------------------------|-----|
| Cuba                 | 11                      | 37  |
| España               | 8                       | 27  |
| México               | 7                       | 23  |
| Brasil               | 5                       | 17  |
| Argentina            | 4                       | 13  |
| Alemania             | 3                       | 10  |
| Colombia             | 2                       | 7   |
| Uruguay              | 1                       | 3   |
| Total                | 30                      | 100 |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

A nivel nacional, la producción en colaboración estuvo marcada por la provincia de La Habana, mientras que sólo dos artículos fueron publicados en conjunto con autores de otras regiones del país, como Matanzas y Pinar del Río, según se evidencia en la *Figura 6*, lo cual se explica por la cercanía geográfica.

*Figura 6.* Distribución de la producción científica por provincias cubanas en el periodo 2003-2012

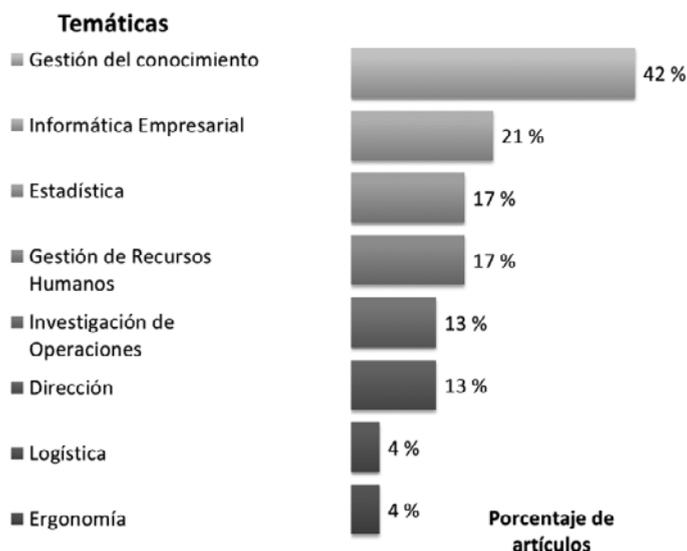
| Provincia | Número de artículos (A) | % A  |
|-----------|-------------------------|------|
| HAB       | 9                       | 81.8 |
| MTZ       | 1                       | 9.1  |
| PRI       | 1                       | 9.1  |
| Total     | 11                      | 100  |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Es notable el predominio del idioma español, representando el 56% del total de artículos, siendo el porcentaje de documentos en inglés de sólo un 40% y el 4% restante en portugués. En la *Figura 7* se representa la distribución de los artículos por temáticas, en la que se observa que el mayor

porcentaje lo representan las publicaciones que abordan la Gestión del Conocimiento, en muchos casos en conjunto con temas de Gestión de Recursos Humanos, Dirección e Informática Empresarial.

Figura 7. Distribución de la producción científica por temáticas en el periodo 2003-2012



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

A partir del número de trabajos publicados por autor, se distribuyeron los investigadores de la facultad en tres niveles de productividad: pequeños productores, que son aquellos autores que han firmado entre 1 y 4 trabajos; los medianos productores, que cubren una producción entre 5 y 10 trabajos; y los grandes productores, que son los que firmaron más de 10 trabajos. En la *Figura 8* se aprecia cómo un número reducido de autores (1 gran productor y 3 medianos productores) publicó casi la mitad de los trabajos (44%), mientras que sólo un investigador aportó más de diez artículos.

Figura 8. Distribución de autores según niveles de productividad en el periodo 2003-2012

| Niveles de productividad | Rango de artículos | Número de artículos (A) | % A | Número de autores Facultad | % autores Facultad |
|--------------------------|--------------------|-------------------------|-----|----------------------------|--------------------|
| Pequeños productores     | 1-4                | 35                      | 56  | 25                         | 86                 |
| Medianos productores     | 5-10               | 16                      | 25  | 3                          | 10                 |
| Grandes productores      | Más de 10          | 12                      | 19  | 1                          | 3                  |
|                          | Total              | 63                      | 100 | 29                         | 100                |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Se contabilizó, además, el número de autores que produjeron un solo artículo, resultando este valor el 59% del total de autores de la Facultad que tienen publicaciones en revistas indizadas en bases de datos de corriente principal.

En promedio, se han publicado en el periodo estudiado en revistas de corriente principal, 0.44 artículos por profesor (48 trabajos entre 108 profesores que trabajaron como promedio en el periodo 2003-2012 en la facultad) y 1.26 artículos por doctor (48 trabajos entre 38 doctores como promedio en el periodo).

#### *Indicadores para la colaboración científica*

En las 48 contribuciones de la facultad en Scopus y la Web of Science, participaron 78 autores diferentes con un total de 144 firmas. El índice de coautoría es de 3 autores por artículo, con una variación entre 2 y 4 para todo el periodo estudiado.

Como se observa en el Cuadro 1, la mayoría de los artículos analizados fueron elaborados en colaboración (A-col), siendo superior la proporción de artículos con colaboración internacional (CI) con relación a la nacional (CN).

Cuadro 1. Indicadores de colaboración en el periodo 2003-2012

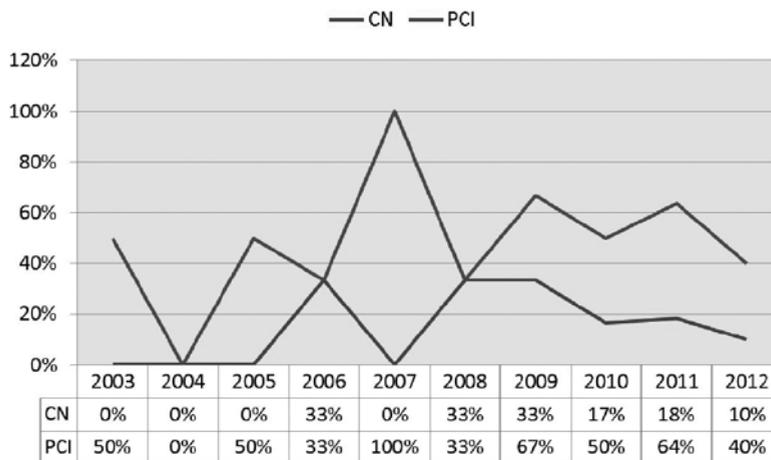
| Indicador  | Total | Tasa de colaboración |
|--|-------|----------------------|
| Número de artículos en colaboración (A-col)        | 32    | 67%                  |
| Artículos sin colaboración (sc)                    | 16    | 33%                  |
| Artículos con colaboración nacional exclusiva (CN) | 8     | 17%                  |

| Indicador  | Total | Tasa de colaboración |
|--|-------|----------------------|
| Artículos con colaboración nacional e internacional (CNI)    | 3     | 6%                   |
| Artículos con colaboración internacional (CI)                | 21    | 44%                  |
| Producción científica con colaboración internacional (PCI)   | 24    | 50%                  |
| Producción científica nacional exclusiva (PNE)               | 24    | 50%                  |
| Artículos en los que el primer autor pertenece a la facultad | 26    | 54%                  |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Al analizar la tendencia de las tasas de colaboración nacional (% CN) y de producción con colaboración internacional (% PCI), se evidencia que en todos los años el número total de artículos publicados, en los que al menos un autor pertenece a una institución internacional, ha superado a los trabajos de autores afiliados a instituciones nacionales, como se muestra en la *Figura 9*.

Figura 9. Tasas de colaboración de PCI y CN en el periodo 2003-2012



Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

En un estudio más detallado, se analizaron las instituciones universitarias de procedencia de los autores que publicaron con la facultad, las cuales se muestran en el *Cuadro 2*, junto a sus posiciones en el SIR iberoamericano 2013.

*Cuadro 2.* Universidades con las que la Facultad de Ingeniería Industrial colabora y sus posiciones en el SIR iberoamericano 2013

| Universidades  | País      | Frecuencia | Posición en el SIR 2013 |               |
|--|-----------|------------|-------------------------|---------------|
|  |           |            | Iberoamérica            | Latinoamérica |
| Universidad de Valladolid                                | España    | 8          | 55                      | —             |
| Instituto Politécnico Nacional                           | México    | 6          | 36                      | 16            |
| Universidad Nacional de Mar del Plata                    | Argentina | 6          | 99                      | 49            |
| Universidad de La Habana                                 | Cuba      | 4          | 122                     | 67            |
| Universidade Católica de Brasília                        | Brasil    | 4          | 180                     | 117           |
| Universidade do Vale do Rio dos Sinos                    | Brasil    | 4          | 182                     | 119           |
| Carl von Ossietzky University                            | Alemania  | 3          | *                       | *             |
| Universidad de Sevilla                                   | España    | 3          | 20                      | —             |
| Universidad Autónoma de Sinaloa                          | México    | 3          | 224                     | 153           |
| Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas   | Cuba      | 3          | 348                     | 267           |
| Universidad de la República                              | Uruguay   | 2          | 69                      | 32            |
| Universidad Nacional de San Juan                         | Argentina | 2          | 193                     | 126           |
| Universidad Autónoma de Madrid                           | España    | 1          | 13                      | —             |
| Universidad de Oviedo                                    | España    | 1          | 34                      | —             |
| Universidad Autónoma de Nuevo León                       | México    | 1          | 96                      | 47            |
| Universidad de Sonora                                    | México    | 1          | 165                     | 105           |
| Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”              | Cuba      | 1          | 353                     | 272           |
| Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca | Cuba      | 1          | 384                     | 302           |
| Universidad de San Buenaventura                          | Colombia  | 1          | 389                     | 307           |
| Universidad Libre  | Colombia  | 1          | 411                     | 328           |

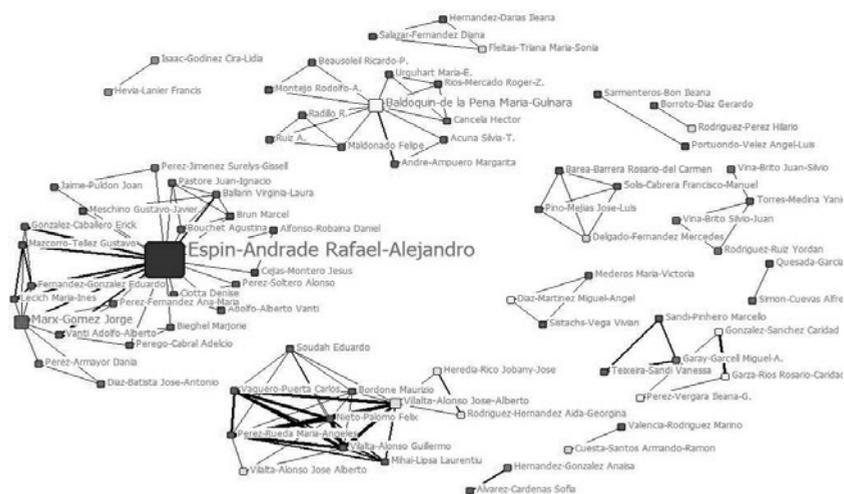
\* Nota: Los datos de la Carl von Ossietzky University de Alemania, no pudieron obtenerse ya que la clasificación analizada sólo toma en cuenta a los países de Iberoamérica.

Fuente: elaboración propia, a partir de datos del SIR 2012.

La colaboración entre facultades, centros y direcciones de la Cujae sólo se manifestó en tres publicaciones, en las que participaron dos autores de la Facultad de Ingeniería Informática. Por otra parte, la colaboración entre los departamentos de la Facultad de Ingeniería Industrial sólo estuvo presente en cuatro artículos, siendo la más frecuente la existente entre el Departamento de Ingeniería Industrial y el extinto Departamento de Matemática General.

En la *Figura 10* se representa la red de colaboración de los autores de la facultad. Para la construcción de este mapa, se incluyeron todos los autores y se utilizaron diferentes colores para representar las temáticas en las que publican los profesores de la facultad con mayor frecuencia, así como para diferenciar a los autores externos.

Figura 10. Principales relaciones de colaboración de los autores



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

El grado nodal se indica en la gráfica con un grosor más intenso de las líneas, reflejando así las categorías que co-ocurren con mayor frecuencia. El grado de intermediación se representa a través del tamaño de los nodos y de la fuente utilizada en el nombre de cada autor.

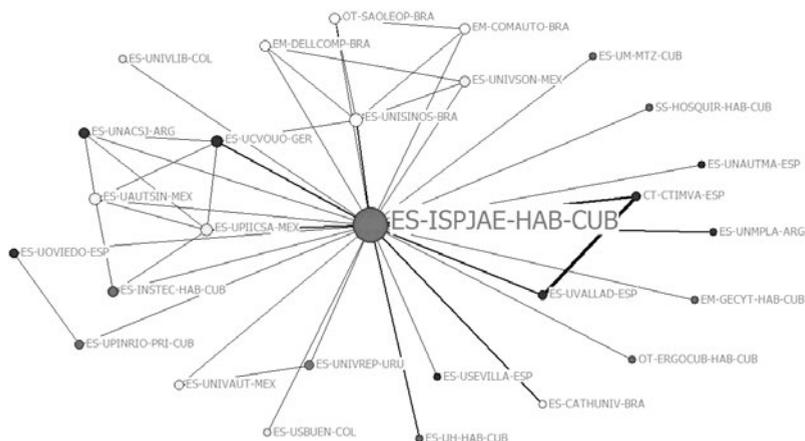
En este caso, se observa una red conformada por 14 subgrupos, que representan grupos de autores conectados directamente entre sí. Se le atribuye un mayor grado de intermediación al profesor Rafael Alejandro Espín-Andrade, que es el autor que mayor producción realizó en colaboración con autores externos, principalmente extranjeros, y con algunos autores de la facultad que investigan en las temáticas de Dirección e Informática Empresarial.

Otro de los clusters que más se destaca por su grado de intermediación es el ubicado en la parte superior izquierda de la red global, correspondiente a María Gulnara Baldoquín de la Peña, con publicaciones en el área de Investigación de Operaciones, en colaboración con autores externos. Además, en



Por último, se confeccionó un mapa de las relaciones de colaboración entre las instituciones a las que están afiliados los autores (*Figura 12*), el cual permitió mostrar a la Universidad de Valladolid y a AINIA Centro Tecnológico, ambos de España, como los nodos con mayor cercanía a la Cujae en la red, tanto a partir del grado nodal (expresado en el grosor de las líneas), como en la cercanía al nodo central.

*Figura 12.* Principales relaciones de colaboración entre las instituciones



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

### ***Indicadores para la dimensión cualitativa de la producción científica***

La producción científica estudiada fue publicada en un total de 29 revistas científicas, las cuales pertenecen en su mayoría a Holanda, Venezuela y Estados Unidos (*Figura 13*). El mayor número de artículos se publicó en revistas de Cuba y aproximadamente el 71% del total de trabajos pertenece a revistas extranjeras.

Figura 13. Distribución de las revistas por países

| País           | Número de artículos (A) | % A | Número de revistas (NR) | % NR |
|----------------|-------------------------|-----|-------------------------|------|
| Holanda        | 8                       | 17  | 5                       | 17%  |
| Estados Unidos | 5                       | 10  | 5                       | 17%  |
| Venezuela      | 5                       | 10  | 4                       | 14%  |
| España         | 5                       | 10  | 3                       | 10%  |
| Inglaterra     | 3                       | 6   | 3                       | 10%  |
| Cuba           | 14                      | 29  | 2                       | 7%   |
| Brasil         | 2                       | 4   | 2                       | 7%   |
| Rusia          | 2                       | 4   | 1                       | 3%   |
| Alemania       | 1                       | 2   | 2                       | 3%   |
| Colombia       | 1                       | 2   | 1                       | 3%   |
| Costa Rica     | 1                       | 2   | 1                       | 3%   |
| Portugal       | 1                       | 2   | 1                       | 3%   |
| Total          | 48                      | 100 | 29                      | 1    |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

En el *Cuadro 3* se relacionan las revistas en que publicaron los investigadores de la facultad con mayor frecuencia, donde se aprecia que la revista *Investigación Operacional*, indizada en Scopus, fue la más utilizada (con 13 artículos). El grupo formado por las seis revistas más productivas, que representan el 21% del total, contienen el 50% de los trabajos. El 79% restante de los títulos de revistas identificados recogen un único artículo.

*Cuadro 3.* Revistas de corrientes principal utilizadas por los investigadores de la Facultad de Ingeniería Industrial para publicar artículos en el periodo 2003-2012

| Revista                             | ISSN/eISSN           | País         | Base de datos                 | Frecuencia |
|-------------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| 1. <i>Investigación Operacional</i> | 0257-4306            | Cuba         | Scopus                        | 13         |
| 2. <i>DYNA</i>                      | 0012-7361/1989-1490  | España       | Web of Science (SCIE)         | 3          |
| 3. <i>Journal of Biomechanics</i>   | 0021-9290/1873-2380  | Inglaterra   | Web of Science (SCIE), Scopus | 2          |
| 4. <i>Work</i>                      | 1051-9815/ 1875-9270 | Países Bajos | Web of Science (SSCI), Scopus | 2          |

| Revista                                  | ISSN/eISSN          | País         | Base de datos                 | Frecuencia |
|--|---------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| 5. <i>Annals of Operations Research</i>  | 0254-5330/1572-9338 | Países Bajos | Web of Science (scix), Scopus | 2          |
| 6. <i>Revista Venezolana de Gerencia</i> | 1315-9984           | Venezuela    | Web of Science (ssci), Scopus | 2          |

Nota: las abreviaturas empleadas corresponden a las siglas en inglés de las bases de datos de la Web of Science: Science Citation Index Expandex (SCIE) y Social Science Citation Index (SSCI).

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Pertencen a la Web of Science 19 revistas (ya sea al Science Citation Index Expandex o al Social Science Citation Index) con un total de 27 artículos. En Scopus se incluyen 23 revistas con 39 trabajos. En ambas bases de datos se encuentran 14 revistas y 18 documentos.

El análisis de la distribución por cuartiles para los últimos diez años, sólo fue posible realizarlo para las revistas indizadas en la base de datos Scopus, pues la Web of Science es una herramienta propietaria a la cual no se tuvo acceso. Como se muestra en el *Cuadro 4*, en el primer cuartil, el de mayor visibilidad, se encuentran 6 artículos, que constituyen el 15% de los publicados en revistas de esta base de datos.

*Cuadro 4.* Distribución por cuartiles de los artículos publicados en revistas de Scopus

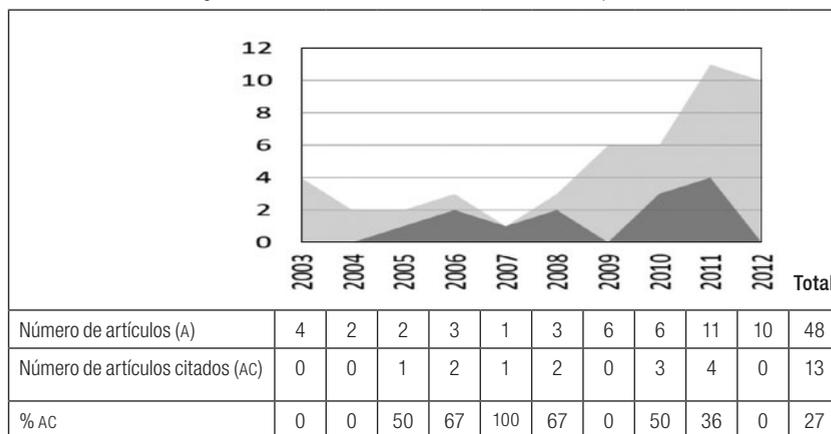
| Año   | Cuartiles |    |    |    |             | Total |
|-------|-----------|----|----|----|-------------|-------|
|       | Q1        | Q2 | Q3 | Q4 | Sin cuartil |       |
| 2003  | —         | —  | —  | —  | 2           | 2     |
| 2004  | —         | —  | —  | —  | 2           | 2     |
| 2005  | —         | —  | —  | —  | 1           | 1     |
| 2006  | —         | —  | —  | —  | 3           | 3     |
| 2007  | 1         | —  | —  | —  | —           | 1     |
| 2008  | 1         | —  | 1  | —  | —           | 2     |
| 2009  | 1         | 1  | —  | 1  | 2           | 5     |
| 2010  | —         | —  | 1  | —  | 4           | 5     |
| 2011  | 1         | 3  | 2  | 3  | 2           | 10    |
| 2012  | 2         | —  | 3  | —  | 2           | 8     |
| Total | 6         | 4  | 7  | 4  | 18          | 39    |
| %     | 15        | 10 | 18 | 10 | 46          | 100   |

Fuente: elaboración propia, a partir de datos del SJCR.

Existe un grupo de revistas que no fue posible conocer el cuartil, ya sea por estar inactivas en la base de datos Scopus en el momento de la consulta, o por no constar esta información en el portal SJCR. Dado que una determinada revista puede pertenecer a una o varias categorías de Scopus, el cuartil de publicación (Q1, Q2, Q3 o Q4) obtenido de los sjr de las revistas varía, dependiendo de la categoría seleccionada. En este análisis, siempre se ha tenido en cuenta el cuartil de publicación más alto, entre los que pueda tener una determinada revista, decisión análoga a la recomendada en otros estudios (Ibáñez *et al.*, 2013).

En cuanto a los indicadores relacionados con el impacto real de los trabajos, se determinó que fueron citados en Google Scholar y Scopus un total de 13, lo que representa sólo el 27%. En la *Figura 14* se representa la distribución de los artículos citados por año de publicación, en la que se evidencia que los publicados en el periodo 2006-2008 han sido los más citados.

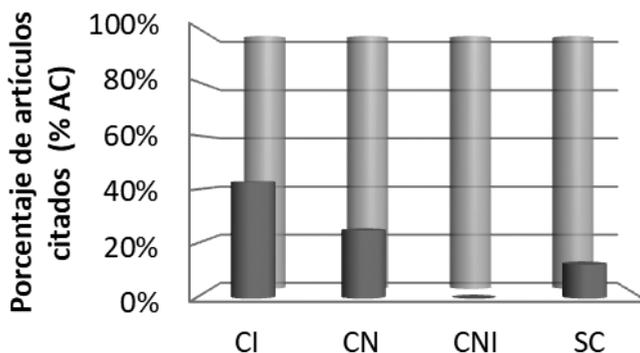
Figura 14. Distribución del número de artículos citados por año



Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

En la *Figura 15*, se representa el porcentaje de artículos citados (% AC), de acuerdo con el tipo de colaboración científica presente en aquéllos, en la cual se evidencia que los artículos publicados en colaboración con autores extranjeros presentaron, de manera general, la mayor cantidad de citas.

Figura 15. Proporción de artículos citados según el tipo de colaboración



Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

El total de citas recibidas fue 119 (sin eliminar las autocitas), 31 de las cuales son de otras publicaciones de Scopus y 88 de Google Scholar, para un promedio de 0.65 y 1.83 citas por documento, respectivamente.

El cálculo del índice H dio como resultado que los profesores María Guinara Baldoquín de la Peña, Rafael Alejandro Espín-Andrade y José Alberto Vilalta-Alonso, los únicos que poseen índice H, según las citas recibidas en Scopus (al igual que los investigadores con mayor número de trabajos en colaboración en el periodo). El resto de los profesores poseen un índice h igual a uno, a partir de las citas recibidas en Google Scholar.

Por último, se realizó un análisis de las referencias bibliográficas de los 31 artículos a texto completo que pudieron recuperarse. Como resultado, se obtuvo que, de un total de 627 referencias, se realizaron 66 citas a otras publicaciones de los profesores de la facultad, de las cuales 60 fueron autocitas; valor que representa un 10% aproximadamente de autocitas.

### ***Análisis de la contribución de la Facultad a la posición de la institución en el SIR iberoamericano***

En el Cuadro 5 se muestra el análisis realizado, con el objetivo de determinar la contribución de la facultad a la posición de la Cujae en el SIR iberoamericano.

Cuadro 5. Evaluación de los indicadores del SIR iberoamericano para la Facultad de Ingeniería Industrial

| SIR                                  | 2010      | 2011      | 2012      | 2013      |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Periodos                             | 2003-2008 | 2005-2009 | 2006-2010 | 2007-2011 |
| Producción científica (O)            |           |           |           |           |
| Cujae                                | 135       | 150       | 167       | 205       |
| Facultad de Ingeniería Industrial    | 11        | 12        | 16        | 23        |
| Porcentaje                           | 8.15      | 8.00      | 9.58      | 11.22     |
| Colaboración Internacional (% IC)    |           |           |           |           |
| Cujae                                | 70.37     | 75.3      | 76.7      | 78.54     |
| Facultad de Ingeniería Industrial    | 27.27     | 50.00     | 43.75     | 52.17     |
| Liderazgo científico (% Lead)        |           |           |           |           |
| Cujae                                |           |           |           | 33.17     |
| Facultad de Ingeniería Industrial    |           |           |           | 30.43     |
| Publicaciones de alta calidad (% Q1) |           |           |           |           |
| Cujae                                | 35.56     | 39.3      | 34.1      | 30.73     |
| Facultad de Ingeniería Industrial    | 18.18     | 25.00     | 18.75     | 17.39     |
| IBE                                  | 280       | 334       | 354       | 306       |
| IBE (Facultad)                       | 489-496   | 760-777   | 776-789   | 448       |

Fuente: elaboración propia, a partir de las fuentes de información descritas en el epígrafe 2.

Como se aprecia, se compararon los valores relativos a la cantidad de artículos publicados en revistas indizadas en Scopus por la Facultad respecto de la Cujae, en los periodos analizados en las distintas ediciones de dicha base de datos, resultando inferior la producción científica de la facultad en cada reporte. Estos valores la ubican en las posiciones a nivel iberoamericano (IBE) señaladas, si ésta fuera considerada una institución independiente.

En la proporción de trabajos de la facultad en Scopus elaborados conjuntamente con instituciones foráneas, se observó una tendencia al crecimiento, y los valores se mantuvieron por debajo de los logrados por la institución en todos los reportes. En cuanto al porcentaje de la producción en la que la facultad es “el principal contribuidor”, éste resultó ser ligeramente inferior al obtenido por la Cujae.

Respecto de las publicaciones de alta calidad, se observa que en todos los periodos el comportamiento fue inferior a los resultados de la institución. Aunque no fue posible el cálculo de la *Ratio* de Excelencia de la facultad,

al no contar con información sobre los trabajos más citados en el campo de la Ingeniería Industrial, se determinó que el artículo con mayor número de citas en Scopus (11 citas) lleva por título “Multi-start and path relinking methods to deal with multiobjective knapsack problems”, publicado en la revista *Annals of Operations Research* en 2008, y en el cual participa como coautora María Gulnara Baldoquín de la Peña, en colaboración con autores de la Universidad de La Habana.

Asimismo, no fue posible la determinación del Impacto Normalizado, al ser un indicador comparativo del promedio de citas que recibe una institución con relación al promedio mundial. No obstante, se obtuvo un promedio de citas por artículos publicados en Scopus en el periodo 2007-2011 por la facultad de 1.41.

## DISCUSIÓN

Resulta importante aclarar que, entre los análisis bibliométricos sobre universidades que fueron estudiados, no se localizó ningún trabajo similar al que se presenta, pues se estudian varias universidades o diferentes bases de datos, o bien se trata de un periodo determinado, una región, un país o una temática concreta, etc. Por tanto, en cada investigación se establecen unos criterios determinados que, por sus características, pueden no ser comparables estrictamente con este estudio, por ello, se tomarán solamente aquellos datos que por algún motivo ofrezcan cierta similitud o diferencia significativa con la Facultad de Ingeniería Industrial.

### ***Indicadores para la dimensión cuantitativa de la producción científica***

La tendencia al crecimiento de la producción científica muestra el esfuerzo sostenido de la Facultad por incrementar su visibilidad en el ámbito internacional y hace pensar en una buena proyección para los años siguientes.

En la revisión de los resultados de diversos estudios bibliométricos (Olmeda *et al.*, 2008; Martí, 2007; Peralta *et al.*, 2011) se observó que en todos, salvo fluctuaciones en años concretos, se produce un incremento anual de documentos publicados, que en ocasiones es más acentuado y en otras más leve, pero siempre ascendente, tanto en ciencia y tecnología, como en ciencias sociales y humanidades (Alonso *et al.*, 2006).

Resulta evidente que los vínculos de colaboración internacional se establecen con investigadores radicados en su mayoría en países de América Latina, con los cuales se tienen establecidas relaciones en el marco de proyectos de investigación conjuntos, así como también vínculos entre los propios investigadores.

Por otra parte, el predominio del español no está en consonancia con los resultados obtenidos a nivel nacional e internacional, donde predomina la difusión de los resultados de investigación en inglés, con valores por encima del 70% (Arencibia, 2010; Alonso *et al.*, 2006; Olmeda *et al.*, 2008; Martí, 2007; Peralta *et al.*, 2011).

El análisis de la producción por autores arrojó que el número de autores que produjeron un solo artículo (59%) resulta muy similar a los obtenidos en los trabajos de Alonso y colaboradores en la Universidad Politécnica de Valencia y en la Universidad de Extremadura (Alonso *et al.*, 2006). El promedio de artículos por profesor (0.44) y de artículos por doctor (1.26) son ambos valores superiores a la media del sector universitario cubano, obtenida por Arencibia (2010) en el periodo 2006-2007, que fue 0.043 y 0.823 respectivamente.

La contribución de la facultad a la posición de la Cujae en las distintas ediciones del SIR iberoamericano, a partir de los artículos publicados en revistas indizadas en Scopus (que alcanzó un valor del 9% como promedio), se corresponde con el aporte esperado de acuerdo al número de investigadores de esta facultad.

### ***Indicadores para la colaboración científica***

Al analizar los indicadores de colaboración científica, para toda la producción de la facultad en revistas de corriente principal en los últimos diez años, se obtuvo un índice de coautoría en el periodo, adecuado a la tendencia descrita en la literatura (Olmeda *et al.*, 2008; Miguel *et al.*, 2006), mientras que en todos los años el número total de artículos publicados en los que al menos un autor pertenece a una institución internacional, superó a los trabajos de autores afiliados a instituciones nacionales (*Figura 8*); lo cual estaría vinculado con la política de internacionalización de la actividad científica trazada por el MES para la identificación de nuevas fuentes de financiamiento para proyectos, el establecimiento de programas de posgrado conjunto, la creación de grupos de investigación multinacionales y la búsqueda de los canales de comunicación más visibles para la publicación de los resultados de investigación (Arencibia, 2010).

La distribución por centros de educación superior de procedencia de los autores que publicaron, en conjunto con la facultad, es la propia de otras distribuciones de carácter bibliométrico: varias universidades tienen una producción baja y las cinco primeras acumulan el 50% del total de la producción universitaria. Las tres universidades con las que se colaboró con mayor frecuencia ocupan lugares entre las cien primeras de Iberoamérica,

correspondientes a España, México y Argentina. Sólo se encuentra presente una universidad no perteneciente a Iberoamérica: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, de Alemania, con tres documentos en los que participa el mismo autor. De las instituciones cubanas, el protagonismo lo tiene la Universidad de la Habana, en cuanto a volumen y posición en el listado, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Arencibia (2010) en el análisis de la colaboración asimétrica entre las universidades de Cuba.

Los resultados del análisis de co-ocurrencia de las palabras clave coinciden con los obtenidos en el examen de la producción por temáticas y permiten concluir que el campo de la Gestión del Conocimiento, en conjunto con la Dirección y la Informática Empresarial, así como la Estadística, son los más frecuentemente abordados en las investigaciones de la Facultad cuyos resultados se divulgan a través de publicaciones en Scopus y Web of Science.

El porcentaje de la producción científica con colaboración internacional en los periodos analizados es inferior en todos los casos al obtenido por la Cujae en las ediciones del SIR iberoamericano, correspondientes a los periodos 2003-2008, 2005-2009, 2006-2010 y 2007-2011; y que se encuentra entre los más altos en relación con el resto de las universidades cubanas. Esto indica que es insuficiente la contribución de la Facultad a los resultados de la institución en este indicador e influye negativamente en la visibilidad e impacto de dichos trabajos.

#### INDICADORES PARA LA DIMENSIÓN CUALITATIVA DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

El hecho de que la mayoría de los trabajos se publicaran en revistas extranjeras, se inscribe en la tendencia respecto de los patrones de comunicación de los investigadores de los países de la llamada “ciencia periférica”, quienes publican la mayor parte de sus trabajos en revistas de carácter internacional en búsqueda de mayor reconocimiento y visibilidad (Kim y Kim, 2000; Ibáñez *et al.*, 2013).

El porcentaje de artículos en el primer cuartil de la distribución de revistas de Scopus es inferior al obtenido por la Cujae en las distintas ediciones del SIR iberoamericano, y por debajo también del 30.5% alcanzado por las universidades públicas españolas en el área de las tecnologías informáticas, según el estudio de Ibáñez *et al.* (2013).

Dichos resultados indican que no se ha priorizado el criterio relativo al cuartil al que pertenecen las revistas en su proceso de selección; lo cual se debería, quizá, al desconocimiento de los autores al respecto y a que este indicador no se encuentra incluido en el sistema de evaluación actual.

Cabe señalar que, respecto de los indicadores que miden el impacto científico del SIR (el Impacto Normalizado y la Ratio de Excelencia), la Cujae se ha mantenido con niveles bajos en relación con el comportamiento internacional, pero similares a los resultados de las instituciones cubanas.

Aunque no fue posible evaluar la contribución de la facultad respecto de estos indicadores, se concluye que fue bajo el número de citas recibidas por sus trabajos en Scopus, así como que el promedio de citas por documento, tanto a partir de las citas recibidas en Google Scholar como en Scopus, fue pequeño de acuerdo a los resultados obtenidos en diversos estudios de dominio institucional (Arencibia, 2010; Kim y Kim, 2000; Olmeda *et al.*, 2008; Peralta *et al.*, 2011; Ibáñez *et al.*, 2013).

Al analizar la distribución anual de los valores de este indicador, se obtuvo que en todos los años su comportamiento fue superior en Google Scholar, en comparación con Scopus. Conclusiones similares se han obtenidos en otros estudios y se ha atribuido a causas como las diferencias en la cobertura de documentos (Thornley, 2011; López, 2009) y los conteos de citas infladas en Google Scholar (Holden *et al.*, 2010). Los documentos publicados en colaboración con autores extranjeros presentaron, de manera general, la mayor cantidad de citas (*Figura 14*); corroborándose los hallazgos de anteriores estudios (Kim y Kim, 2000; Thornley *et al.*, 2011).

Debido a que no fueron detectados estudios en los que se analizaran los valores del índice H de investigadores en el campo de la Ingeniería Industrial, no se pudo establecer una comparación con los que presentan otros autores. No obstante, según sostiene Hirsch (2005), aun cuando un alto índice H es un indicador fiable del impacto de un académico, un valor bajo no indica necesariamente lo contrario (Lacasse, 2011). Por último, el valor de las autocitas obtenido se sitúa entre los valores aceptables (10-30%) estimados para este indicador en dependencia de la disciplina (Wang *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONES

El estudio realizado aporta a la Facultad de Ingeniería Industrial información cuantitativa y cualitativa útil para la gestión de sus publicaciones científicas, con vistas al aumento de su visibilidad e impacto a nivel internacional, así como permite contar con mayor información para poder gestionar la producción científica de la Facultad en contribución a los resultados de la institución en el SIR iberoamericano, a la vez que proporciona una herramienta para la toma de decisiones en materia de política científica, la definición de estrategias y la corrección de problemas.

El análisis de los resultados del estudio bibliométrico permitió concluir que la producción científica de los profesores de la Facultad de Ingeniería Industrial en bases de datos de corriente principal ha presentado una tendencia creciente en los últimos 10 años y su contribución a la posición de la Cujae en el SIR iberoamericano ha sido de un 9% como promedio.

La mayoría de los artículos analizados fueron publicados en colaboración (nacional o internacional), siendo relativamente bajo el aporte de la Facultad al porcentaje de artículos en colaboración internacional de la Cujae en las distintas ediciones de la clasificación, lo cual influye negativamente en la visibilidad e impacto de dichos trabajos.

El impacto esperado y real de la producción científica estudiada es bajo, ya que los porcentajes de publicaciones de alta calidad de la facultad fueron inferiores a los obtenidos por la institución en el listado o clasificación, así como la cantidad de citas recibidas y el promedio de citas por trabajos publicados en revistas de corriente principal es menor a la tendencia descrita en la literatura, lo cual influye en los indicadores Ratio de Excelencia e Impacto Normalizado.

El procedimiento propuesto puede ser empleado para el estudio de las publicaciones científicas de otras Facultades pertenecientes a universidades cubanas y extranjeras, y se recomienda su aplicación en el resto de las Facultades de la Cujae, con vistas a obtener una imagen más completa del perfil investigativo de la institución.

## REFERENCIAS

- Abramo, G., C. Andrea D'Angelo y F. Di Costa. 2009. "Mapping excellence in national research systems: The case of Italy", *Evaluation Review*, vol. 33, no. 2: 159-188, en <<http://erx.sagepub.com/content/33/2/159.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/0193841x08322871>.
- Alonso-Arroyo, A., A. Pulgarín e I. Gil-Leiva. 2006. "Análisis bibliométrico de la producción científica de la Universidad Politécnica de Valencia 1973-2001", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 29, no. 3: 345-363, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/293/364>>, consultada el 29 de septiembre de 2012.
- Arencibia, R. 2010. "Visibilidad Internacional de la Ciencia y Educación Superior Cubanas: desafíos del estudio de la producción científica", Granada-La Habana: Universidad de Granada-Facultad de Comunicación y Documentación Departamento de Biblioteconomía y Documentación/Universidad de La Habana-Facultad de Comunicación Departamento de Ciencias de la Información, tesis doctoral.
- Arencibia, R. 2007. "Acimed en Scopus: un nuevo paso hacia la proyección internacional de la investigación cubana sobre bibliotecología y ciencias de la información",

- Acimed*, vol. 16, no. 5, en <[http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16\\_5\\_07/aci011107.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol16_5_07/aci011107.htm)>, consultada el 30 de septiembre de 2012.
- Arencibia, R. y J.A. Araújo. 2004. "La producción científica cubana en la bibliografía española de ciencia y tecnología 1995-2001", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 27, no. 4: 469-481, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/160/214>>, consultada el 29 de septiembre de 2012.
- Bernardino, P. y R.C. Marques. 2010. "Academic rankings: an approach to rank portuguese universities", *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, vol. 18: 29-48, consultada el 30 de septiembre de 2012, en <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-40362010000100003&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40362010000100003&nrm=iso)>.
- Campbell, David et al. 2010. "Bibliometrics as a Performance Measurement Tool for Research Evaluation: The Case of Research Funded by the National Cancer Institute of Canada", *American Journal of Evaluation*, vol. 31, no. 1: 66-83, consultada el 7 de marzo de 2013, en <[10.1177/1098214009354774](https://doi.org/10.1177/1098214009354774)>.
- De Filippo, D., R. Barrere e I. Gómez. 2011. "Características e impacto de la producción científica en colaboración entre Argentina y España", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 6, no. 16, en <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_pdf&pid=S1850-00132011000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S1850-00132011000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es)>, consultada el 30 de septiembre de 2012.
- Dirección de Política Científica y Tecnológica, Citma. 2001. *Documentos rectores de la Ciencia y la Innovación Tecnológica*. La Habana: Academia.
- González Guitián, María Virginia y Maricela Molina Piñeiro. 2008. "La evaluación de la ciencia y la tecnología: revisión de sus indicadores", *Acimed*, vol. 18, no. 6.
- Holden, G., G. Rosenberg, K. Barker y J. Lioi. 2010. "Research on Social Work Practice: A Bibliometric Evaluation of the First Decade", *Research on Social Work Practice*, vol. 20, no. 1: 11-20, en <[10.1177/1049731509332877](https://doi.org/10.1177/1049731509332877)>; <<http://rsw.sagepub.com/content/20/1/11.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013.
- Ibáñez, A., C. Bielza y P. Larrañaga. 2013. "Análisis de la actividad científica de las universidades públicas españolas en el área de las tecnologías informáticas", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 36, no. 1: 1-17, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/772/860>>, consultada el 2013-03-21], ISSN 0210-0614. DOI: <[http://dx.Doi.org/10.3989/redc.2013.1.912](http://dx.doi.org/10.3989/redc.2013.1.912)>.
- Ingeniería Industrial, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría, Cujae". 2013. "Política editorial", en <<http://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/about/editorialPolicies#focusAndScope>>, consultada el 26 de agosto de 2013.
- Kim, M.J. y B.J. Kim. 2000. "A bibliometric analysis of publications by the Chemistry Department, Seoul National University, Korea, 1992-1998", *Journal of Information Science*, vol. 26, no. 2: 111-119, en <<http://jis.sagepub.com/content/26/2/111.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <[10.1177/01655515000260204](https://doi.org/10.1177/01655515000260204)>.
- Kumar, S. y Shehbaz Husain N. 2010. "Research output in the field of natural sciences: A bibliometric case study of Jamia Millia Islamia University, New Delhi", *IFLA Journal*, vol. 36, no. 4: 317-324, en <<http://ifl.sagepub.com/content/36/4/317.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <[10.1177/0340035210388242](https://doi.org/10.1177/0340035210388242)>.
- Lacasse, J.R.; D. R. Hodge y K.F. Bean. 2011. "Evaluating the productivity of social work scholars using the h-Index", *Research on Social Work Practice*, vol. 21, no. 5:

- 599-607, en <<http://rsw.sagepub.com/content/21/5/599.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/1049731511405069>.
- López-Illescas, C., F. de Moya Anegón y H.F. Moed. 2009. "Comparing bibliometric country-by-country rankings derived from the Web of Science and Scopus: the effect of poorly cited journals in oncology", *Journal of Information Science*, vol. 35, no. 2: 244-256, en <<http://jis.sagepub.com/content/35/2/244.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/0165551508098603>.
- Martí, Y. 2007. "Análisis de la producción científica de la Universidad de La Habana: una aproximación desde los patrones de comunicación multi e interdisciplinar de sus profesores e investigadores en la Web de la Ciencia (1988-2006)". La Habana: Universidad de La Habana-Universidad de Granada, Diploma de Estudios Avanzados. Programa Doctoral en Documentación e Información Científica.
- Miguel, S., F. de Moya-Anegón y V. Herrero-Solana. 2012. "Aproximación metodológica para la identificación del perfil y patrones de colaboración de dominios científicos universitarios", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 29, no. 1, consultada el 29 de septiembre de 2012, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/286/343>>.
- Miguel, S., F. de Moya-Anegón y V. Herrero-Solana. 2006. "Aproximación metodológica para la identificación del perfil y patrones de colaboración de dominios científicos universitarios", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 29, no. 1: 36-55, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/286/343>>, consultada el 29 de septiembre de 2012.
- Moya-Anegón, F., Z. Chinchilla-Rodríguez, E. Corera-Álvarez, B. Vargas-Quesada, F. Muñoz-Fernández y V. Herrero-Solana. 2005. "Análisis de dominio institucional: la producción científica de la Universidad de Granada (SCI 1991-99)", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 28, no. 2: 170-195, en <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/167/221>>, consultada el 29 de septiembre de 2012.
- Olmeda-Gómez, C., M.A. Ovalle-Perandones, A. Perianes-Rodríguez y F. de Moya-Anegón. 2008. "Impacto internacional de la investigación y la colaboración científica de las Universidades de Cataluña. 2000-2004", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 31, no. 4: 591-611. DOI: <10.3989/redc.2008.4.659>.
- Peralta, M. J., F.M. Solís y L.M. Peralta. 2011. "Visibilidad e impacto de la producción científica de la Universidad Central 'Marta Abreu' de Las Villas durante el periodo 2000-2008", *Acimed*, vol. 22, no. 1: 60-78, en <[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352011000100006&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352011000100006&nrm=iso)>, consultada el 30 de septiembre de 2012.
- Phelan, T.J. 2000. "Bibliometrics and the evaluation of Australian sociology", *Journal of Sociology*, vol. 36, no. 3: 345-363, en <<http://jos.sagepub.com/content/36/3/345.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/144078330003600305>.
- Sánchez Tarragó, N. 2007. "La comunicación de la ciencia en los países en vías de desarrollo y el Movimiento Open Acces", *Biblios*, vol. 8, no. 27, en <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2281804.pdf>>, consultada el 8 de marzo.
- Sanz, E. et al. 2005. "Análisis de la actividad científica de la Facultad de Humanidades de la Universidad de Mar del Plata, durante el periodo 1998-2001", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 28, no. 2: 196-205, en <[184](http://redc.</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

- revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/168/222>, consultada el 29 de septiembre de 2012.
- Schäffer, U. y C. Binder. 2008. "Controlling' as an academic discipline: the development of management accounting and management control research in German-speaking countries between 1970 and 2003", *Accounting History*, vol. 13, no. 1: 33-74, en <<http://ach.sagepub.com/content/13/1/33.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/1032373207083926>.
- Scimago Research Group (SRG). 2013. "Scimago Institutions Ranking", en <<http://www.scimagoir.com/index.php>>, consultada el 11 de septiembre de 2013.
- Thornley, C.V., S.J. McLoughlin, A.C. Johnson y A.F. Smeaton. 2011. "A bibliometric study of Video Retrieval Evaluation Benchmarking (TRECVID): A methodological analysis", *Journal of Information Science*, vol. 37, no. 6: 577-593, en <<http://jis.sagepub.com/content/37/6/577.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013. DOI: <10.1177/0165551511420032>.
- Torres-Salinas, D. y E. Jiménez-Contreras. 2012. "Hacia las unidades de bibliometría en las universidades: modelo y funciones", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 35, no. 3 (julio-septiembre): 469-480. DOI: <10.3989/redc.2012.3.959>.
- Wang, G.G., J.W. Gilley y J.Y. Sun. 2012. "The 'Science of HRD Research': Reshaping HRD Research Through Scientometrics", *Human Resource Development Review*, vol. 11, no. 4: 500-520, en <10.1177/1534484312452265>; <<http://hrd.sagepub.com/content/11/4/500.abstract>>, consultada el 7 de marzo de 2013.

*Para citar este texto:*

Fleitas Triana, María Sonia; Hernández Oquendo, Claudia; Guerra Castillo, Sandra. 2017. "Visibilidad e impacto de la producción científica de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Cujae de Cuba 2003-2012". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría), 2017: 149-185.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57889>

# El Sistema Nacional de Investigadores en México: 20 años de producción científica en las instituciones de educación superior (1991-2011)

Jorge Rodríguez Miramontes\*  
Claudia N. González Brambila\*\*  
Gabriela Maqueda Rodríguez\*

*Artículo recibido:*  
7 de marzo de 2016  
*Artículo aceptado:*  
27 de septiembre de 2016

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es analizar cómo un sistema de estímulos económicos y de reconocimiento a las actividades de investigación en México ha impactado la productividad científica de las instituciones de educación superior (IES) a nivel nacional. Este análisis emplea una base de datos con información de 27,667 investigadores mexicanos que han formado parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), al menos por un año, en el periodo 1991-2011, e integra 122,406 artículos publicados por dichos científicos en revistas

\* DCTIS-Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. jrodriguez@cinvestav.mx, gmaqueda@cinvestav.mx.

\*\* Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), México. cgonzalez@itam.mx.

ISI. A fin de determinar la cantidad y calidad de la productividad de las IES, se consideraron como unidades de medida los artículos de publicaciones científicas y las citas bibliográficas. Los resultados indican que únicamente el 28% de las IES analizadas emitieron uno o más artículos en el periodo de estudio. Adicionalmente, nuestros resultados muestran que en diez universidades se agrupa tanto la mayor cantidad de artículos publicados, como la mayor cantidad de citas bibliográficas. Por otra parte, se muestra que la edad máxima de productividad es a los 58 años para el caso de las investigadoras y 57 años para los investigadores. Finalmente, una de las contribuciones de este trabajo es que muestra que las actividades de colaboración están en continuo crecimiento entre los investigadores.

**Palabras clave:** SNI; IES; Producción científica; Colaboración.

**The National Researchers System in Mexico: 21 years of research output at institutions of higher education (1991-2011)**

*Jorge Rodríguez Miramontes, Claudia N. González Brambila and Gabriela Maqueda Rodríguez*

**ABSTRACT**

The aim of this paper is to analyze how a system of economic stimulus and recognition to the research activities in Mexico has impacted the scientific productivity of Higher Education Institutions (HEI). This analysis uses a database with information of 27,667 Mexican researchers who have been benefited from the Sistema Nacional de Investigadores (SNI) at least for one year among the period 1991-2011 and includes 122,406 articles published by these researchers in ISI journals. In order to determine the quantity and quality of the productivity of HEI we considered as units of measurement the publications and citations. The results indicate that only 28% of the HEI analyzed

issued one or more publications in the study period. Additionally, our results show that in 10 universities are grouped both the higher quantity of publications and the higher quantity of quotes. Moreover, it is shown that the maximum age of productivity is at 58 years in the case of the female researchers and 57 years for male researchers. Finally, one of the main contributions of this work is that it show that collaboration activities are continuously growing among researchers.

**Keywords:** SNI, HEI; Research output; Collaboration.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación de las actividades de investigación se basa en un proceso de recolección de información, cuyo objetivo es asegurar la calidad de la investigación y de la educación, mediante el funcionamiento eficiente de las instituciones de educación superior (IES). La importancia y frecuencia de la evaluación, así como el monitoreo de los resultados de la investigación científica y tecnológica ha incrementado desde los años ochenta a escala mundial. A nivel macro, los gobiernos han optado por aumentar el financiamiento a los proyectos, en detrimento del financiamiento institucional. A fin contar con recursos económicos, los investigadores someten propuestas de trabajo en instituciones financiadoras, las cuales comúnmente emplean evaluadores externos e internos para seleccionar las propuestas que serán beneficiadas.

Existe evidencia que muestra que el número de artículos publicados por parte del investigador postulante tiene un efecto considerable en las decisiones de los evaluadores a la hora de determinar quiénes recibirán financiamiento. A nivel micro, las universidades y centros de investigación igualmente consideran el número de artículos y citas bibliográficas para supervisar el desempeño de los investigadores, así como para otorgar compensaciones, promociones y ascensos.

En el ámbito del investigador, esta dinámica ha propiciado dos fenómenos: “Publicar o perecer” y “Publicar o enseñar”. El término “Publicar o perecer” describe la presión de los investigadores por publicar rápida y continuamente, a fin de mantener un estatus y permanecer en un grupo selecto dentro de la academia; mientras que la expresión “publicar o enseñar” se refiere al doble papel que desempeñan los profesores dentro de una universidad: investigar e impartir cátedra. En ambos casos, la presión se incrementa cuando la contratación, la permanencia o la promoción dependen de los

resultados de cada investigador (artículos publicados y citas bibliográficas). Sin embargo, cabe considerar que la productividad de los científicos también se asocia con el apoyo con que cuentan para desarrollar con éxito sus tareas y que dicho apoyo se encuentra estrechamente relacionado con el lugar de adscripción de cada uno de ellos.

El objetivo de este trabajo es analizar cómo un sistema de estímulos económicos y de reconocimiento a las actividades de investigación en México ha impactado en la productividad científica de las IES a escala nacional. Una de las principales contribuciones de este trabajo es que se realiza un estudio cuantitativo, a partir de una base de datos integrada por información procedente de un concurso entre la base de datos del Science and Social Sciences Citation Index, desarrollados por el Institute of Scientific Information (ISI, 2012) y la base de datos de los investigadores que han sido parte del SNI de México.

### CONSIDERACIONES TEÓRICAS

A continuación, se describen algunos de los factores que inciden en la productividad de los investigadores (número de artículos publicados y número de citas bibliográficas).

#### *La educación superior en México*

En México y en América Latina, las organizaciones académicas se clasifican en dos tipos: cátedra-facultad y departamento-colegio. La primera está integrada por unidades operacionales dentro de una universidad, es decir, son células enfocadas en un plan de estudio (carrera), las cuales agrupan a estudiantes inscritos en un programa y a profesores que, independientemente de su disciplina, están adscritos a la división o carrera de estudio. Dicha organización por lo general está presidida por un director de división o carrera.

Por otra parte, la organización departamento-colegio se distingue por el agrupamiento de profesores e investigadores en un departamento, quienes se especializan en un área determinada del conocimiento y que conjuga las actividades de investigación y de docencia en una sola unidad académica.

El surgimiento de la universidad moderna (caracterizada por su dedicación a la investigación), ocasionó que el modelo cátedra-facultad entrara en crisis. Acorde a lo documentado por Alcántara (2009), este modelo latinoamericano entró en declive a finales de los setenta y principios de los ochenta, debido a motivos como el incremento de la matrícula y la diversificación de las IES en los países de la región, la percepción del fracaso público, el surgimiento de la economía del conocimiento y el capitalismo académico, principalmente.

En México, ejemplo de la transformación del modelo clásico (catedra-colegio) al modelo moderno (departamento-colegio), se presentó a principios de los setenta, en la Universidad Autónoma de México (UNAM), al diferenciar las entidades dedicadas a la docencia (facultades y escuelas) de las entidades cuyo objetivo principal es la investigación (institutos y centros), buscando una sinergia entre ambas funciones. Bajo el nombre de “universidad de investigación” o “universidad moderna”, esta sinergia se caracteriza por una organización departamental, con un sistema de jerarquización y promoción de los profesores, burocracia profesional y eficiente, flexibilidad curricular, un gobierno que está en manos de los académicos, así como por un sistema de reconocimientos y estímulos económicos para la investigación.

En los años setenta, el modelo adoptado por la UNAM también fue acogido por otras IES privadas, como el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (ITESM) y la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), incluso en 1974 se creó la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), con un enfoque totalmente de departamento-colegio. Sin embargo, debido las condiciones académicas y financieras, en México aún persisten las IES con un enfoque más orientado a la docencia que a la investigación.

### ***El Sistema Nacional de Investigadores (SNI)***

La relación entre el salario y la productividad del investigador se ha documentado en la literatura desde hace varios años. Principalmente se ha demostrado que cuando una IES otorga salarios competitivos y atractivos, se crea una atmósfera de seguridad y satisfacción por parte de los investigadores, lo que influye positivamente en la generación de actividades científicas de alta calidad, y a su vez disminuye el riesgo de “fuga de cerebros” hacia otras IES. Sin embargo, no todas las universidades en México pueden ofrecer salarios atractivos a sus docentes, lo que implica un problema para los investigadores, quienes deben demostrar ser productivos a fin de asegurar su permanencia y promoción en las IES.

Para atender la problemática relacionada con su salario, los investigadores han optado por obtener recursos extras (becas) provenientes de diversos programas. Se ha documentado que, en algunos casos, el 50% de los ingresos que perciben los académicos corresponden a recursos externos. De acuerdo a lo descrito por Merton (1957), la ciencia ha desarrollado un sistema de recompensas diseñado para dar “el reconocimiento y estima a los científicos que han cumplido mejor sus funciones, a los que han hecho contribuciones genuinamente originales al conocimiento”.

En respuesta a la situación que enfrentaba la comunidad científica en México, a raíz de la crisis de 1982, por decreto del presidente Miguel de la Madrid, el 26 de julio de 1984 se creó el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), sistema instaurado para reconocer la labor de las personas dedicadas a generar conocimiento y, a su vez, representó un mecanismo para promover y fortalecer (a través de la evaluación) la calidad de la investigación científica y tecnológica que se produce en el país.

El reconocimiento a la labor de investigación se otorga por medio de la evaluación por parte de comisiones dictaminadoras integradas por pares, las cuales corresponden a cada una de las áreas del conocimiento. El objetivo de estas comisiones es evaluar la calidad académica, la trascendencia y el impacto de la investigación científica y tecnológica, así como la docencia y la formación de recursos humanos por parte de los investigadores. Básicamente, los productos de la investigación científica y tecnológica son artículos, libros, patentes, desarrollos tecnológicos, innovaciones y transferencias tecnológicas; mientras que la docencia y la formación de recursos humanos corresponde a la dirección de tesis, impartición de cursos, así como a la formación de investigadores y de grupos de investigación.

El reconocimiento o la distinción que otorga el SNI representa la calidad de las contribuciones realizadas por el científico al fortalecimiento de la investigación en el país. La distinción otorgada a los investigadores se clasifica en tres categorías: 1) candidato a investigador nacional; 2) investigador nacional (con tres niveles) y 3) investigador nacional emérito. Aunado a la distinción, el SNI puede otorgar estímulos económicos cuyo monto oscila entre cuatro y quince salarios mínimos mensuales (exentos de impuestos). Sin embargo, para recibir dicho estímulo económico, el investigador debe de tener un contrato en una IES. Cabe mencionar que, tanto la distinción como el estímulo económico, no son permanentes (salvo la distinción de investigador emérito nacional, la cual es vitalicia) y que la vigencia depende del tipo de categoría: candidato= validez de tres años (con derecho a prórroga de dos más); investigador nacional nivel 1= validez de tres años; cuatro años de validez para el nivel 2 y de cinco años para el nivel 3.

### ***Publicar y enseñar o salir del SNI***

Acorde a lo descrito por Craswell (1986), la productividad científica es el grado en el que los académicos se comprometen con su propia investigación, mediante la publicación de artículos científicos en revistas indexadas, conferencias en congresos, publicación de libros, formación de recursos humanos, obtención de patentes, licenciamientos y financiamiento, entre otras

actividades. Básicamente, la productividad científica se describe como un proceso de insumo-producto (input-output); los insumos consisten en recursos financieros y humanos (financiamiento, becas, salarios de investigadores, entre otros) y los productos son todos los resultados derivados del proceso de la investigación de un académico.

En general, los productos se clasifican como tangibles (patentes, artículos, libros, presentaciones en congresos y demás actividades) e intangibles (consultoría, madurez del conocimiento, entre otros). Sin embargo, se consideran tres parámetros clásicos empleados para medir el desempeño de un investigador o de una IES: conteo de artículos en publicaciones científicas, conteo de citas bibliográficas y clasificación de pares o universidades; siendo el número de artículos en revistas académicas específicas la medida más empleada para evaluar la productividad de un investigador.

La mecánica antes descrita ha propiciado entre los investigadores la presión por publicar rápida y constantemente, lo que deriva en prácticas indeseables, como estudios triviales para obtener resultados rápidos, reportar estudios más de una vez, fraudes e inclusión de autores que no contribuyeron en la investigación, entre otros.

Para los científicos, el SNI es sinónimo de prestigio, pues representa un círculo selecto que distingue a los investigadores que efectúan con mayor eficiencia su trabajo y realizan contribuciones importantes al conocimiento; en tanto que, desde el punto de vista económico, dicho sistema implica un “complemento salarial”. Conforme a lo descrito por Maldonado (2010), en México los salarios de los profesores en las IES en 2009 oscilaban entre \$4,800-\$31,000 en instituciones públicas; mientras que en las instituciones privadas el monto fue de \$5,276-\$54,104. El salario de los investigadores con categoría de profesor investigador de tiempo completo oscilaba entre \$11,971-\$21,356 en el sector público; en cambio, en el privado oscilaba entre \$13,325-\$27,764, en promedio.

Si se considera que en 2009 el salario mínimo fue \$54.8 y que el monto del estímulo que otorga el SNI en forma de beca ronda entre cuatro y quince salarios mínimos mensuales, el monto del apoyo recibido por parte de los investigadores adscritos al SNI osciló entre \$6,576-\$24,660 mensuales, lo que corresponde a un ingreso extra del 54-200% para los científicos con categoría más baja y para la categoría más alta el ingreso extra representó 30-115% de su salario mensual.

Si un investigador desea incrementar sus ingresos, lo puede hacer de manera institucional con una recategorización, o mediante el sin, con el estímulo económico. En ambos casos, el científico se debe someter a una evaluación por pares, para determinar la cantidad y calidad de sus contribuciones al

conocimiento, lo cual permitirá establecer su categoría en la IES de adscripción o su nivel en el SNI.

Cabe señalar aquí que la frecuencia con que se emiten las convocatorias para promoción en las IES depende de los recursos económicos autorizados de la institución para ese fin (en algunas pueden pasar años, lo que ocasiona que el investigador no avance en el tabulador), mientras que en el SNI la convocatoria se emite anualmente, lo cual permite al académico escalar en menor tiempo los niveles del sistema e incrementar sus ingresos.

La presión por publicar inicia desde que el científico busca ingresar al SNI y continúa cuando se desea asegurar la permanencia o, en su momento, cuando solicita una reincorporación. La presión depende de la cantidad de artículos publicados necesarios para ingresar por nivel, la cual varía en cada área del conocimiento, como se describe en el *Cuadro 1*.

En algunos casos, se tiene la certeza del número mínimo de artículos; sin embargo, en ciertas áreas del conocimiento la cantidad depende de la evaluación de la comisión dictaminadora. En la mayoría de las áreas se ingresa al nivel más bajo, con una publicación como autor principal, y para mantenerse o avanzar a otros niveles, se requieren cinco artículos en un promedio de tres años.

*Cuadro 1.* Artículos mínimos para ingreso al SNI por área

| Área  | Nivel                                    |                      |                      |   |
|---|--|----------------------|----------------------|---|
|   | Candidato                                | I                    | II                   | III   |
| I. Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra | No especificado                          | No especificado      | No especificado      | No especificado                               |
| II. Biología y Química                        | 2 (autor principal) o 2 o 3 (coautor)    | 1 por año (promedio) | 15-25<br>4 en 3 años | 15-25 (con 350 citas bibliográficas promedio) |
| III. Medicina y Ciencias de la Salud          | No especificado                          | No especificado      | No especificado      | No especificado                               |
| IV. Humanidades y Ciencias de la Conducta     | 1 (autor principal) o más de 1 (coautor) | 5                    | No especificado      | No especificado                               |
| V. Ciencias Sociales                          | 1 (autor principal) o 2 (coautor)        | 5                    | 5                    | 5   |
| VI. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias    | 1 (autor principal)                      | No especificado      | No especificado      | No especificado                               |
| VII. Ingenierías                              | No especificado                          | No especificado      | No especificado      | No especificado                               |

Fuente: elaboración propia, con datos del Conacyt (2015).

Uno de principales problemas a los que se enfrentan los profesores en una universidad es administrar su tiempo, a fin de desempeñar dos actividades de manera simultánea: investigar y enseñar. Como observan Melguizo y Strober (2007), los investigadores son recompensados económicamente por incrementar su productividad, con lo cual aumentan su prestigio (y el de la universidad), lo que redundaría en que los profesores dediquen más tiempo a estas actividades que a las de docencia (la enseñanza, asesorías y tutoría), debido a que éstas no tienen un gran peso para decisiones relacionadas con el incremento salarial de los investigadores.

#### FACTORES INCIDENTES EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS INVESTIGADORES

##### *Género*

En la literatura se han documentado diversos estudios acerca de los determinantes de la productividad, siendo la variable género uno de los factores más analizados. Empleando una muestra de 262 sociólogos, Babchuk y Bates (1962) documentaron una tasa más baja de productividad de las mujeres respecto de los hombres.

Posteriormente, mediante una encuesta del American Council on Education, Astin (1972) indicó que el 26% de las mujeres nunca habían publicado en una revista académica especializada, mientras que el porcentaje respecto de los hombres disminuía al 10%. Posteriormente, Cole y Zuckerman (1984) realizaron un estudio con 256 científicos y documentaron que, en promedio, los investigadores publican entre un 40 a 50% más artículos que las investigadoras.

Por su parte, Kyvik (1990) empleó una encuesta aplicada a investigadores en la Comunidad Económica Europea, la cual fue realizada por Franklin (1989); mediante su análisis encontró que las investigadoras publican en promedio cinco artículos en un periodo de tres años, en contraste con ocho artículos que publican los investigadores en el mismo periodo. Stack (2004), mediante datos obtenidos en 1995 en una encuesta aplicada a 11,231 investigadores en ciencias e ingeniería, documentó que las mujeres publican significativamente menos en relación con los hombres, e indicó que en el área de las ciencias sociales (en las que existe una mayor concentración de mujeres), el género no está relacionado con la productividad, aunque las mujeres con hijos jóvenes tienen una producción relativamente baja.

## ***Edad***

La relación que existe entre la edad y la productividad de los científicos es un tema que se ha documentado plenamente. Un estudio pionero fue el de Lehman (1953), quien documentó que los principales hallazgos de los investigadores los realizan entre los 30 y 40 años, lo cual sugiere que la edad se correlaciona negativamente con la productividad.

Por su parte, Pelz y Andrews (1966), empleando datos de 1,300 científicos e ingenieros, identificaron que la productividad máxima se presentó entre los 35-44 años, y posteriormente entre los 50-54 años de los investigadores. Mediante una muestra representativa de científicos académicos en Estados Unidos, en siete campos de la ciencia, Bayer y Dutton (1977) documentaron que en cinco de los siete casos analizados se presentan dos máximos en relación con la productividad de los investigadores: al décimo año de carrera (30-40 años) y próximo a la edad de jubilación (50 años).

Por otra parte, Cole (1979) analizó una muestra representativa de investigadores académicos en seis disciplinas, considerando los artículos publicados entre 1965 y 1969 y sus respectivas citas bibliográficas. Sus resultados indican que existe una relación curvilínea entre la productividad y la edad de los científicos, y que además existe un incremento de la productividad a los 30 años, mismo que empieza a declinar después de los 50 años. Finalmente, González-Brambila y Veloso (2007), empleando una muestra de los investigadores mexicanos pertenecientes al SNI en el periodo de 1991 a 2002, encontraron que existe una relación directa entre la edad y la productividad y que, a diferencia de los investigadores en otros países, los científicos mexicanos tienen un desempeño más prolongado, al reportar una edad máxima de productividad a los 53 años.

## ***Tamaño de la universidad***

Un factor importante en relación con la productividad de los investigadores es el tamaño de su institución de adscripción. Intuitivamente, se pensaría que una IES de mayor dimensión es sinónimo de mayores recursos, más capacidad de investigación, mayor capital humano, etc., sin embargo, debido a factores como la forma de gobierno de las universidades, podría no ser así. Behymer (1974) estudió la productividad en investigación en un periodo de cuatro años en colegios y en universidades, y encontró que las facultades en las universidades reportan mayor productividad en términos de artículos que los colegios.

Por su parte, Jordan *et al.* (1988) examinaron la relación entre productividad y la dimensión de la facultad en instituciones públicas y privadas de

Estados Unidos, para lo cual emplearon como medida de productividad el promedio de artículos por facultad. Entre sus resultados destaca que las instituciones privadas son más fructíferas y que existe una relación positiva entre el tamaño de la institución y la productividad.

Finalmente, Crewe (1988) analizó la productividad en facultades de 52 universidades del Reino Unido de 1978 a 1984, y mostró que existe una fuerte variación de las tasas productividad entre facultades, lo cual atribuye a las diferencias en recursos y oportunidades de investigación entre dichas instancias.

### **Datos**

Los datos empleados en este análisis provienen de un concurso (o *match*) realizado mediante la comparación de autores, instituciones, edad, género, IES de adscripción y país de obtención del grado de doctor, realizada entre dos bases de datos. La primera fuente de información corresponde a datos procedentes del Science and Social Sciences Citation Index, desarrollados por el Institute of Scientific Information (ISI, 2012) (hoy Thomson Reuters Web of Knowledge), en la que se consideraron los artículos y las citas bibliográficas de todos los artículos científicos que cuenten al menos un autor con dirección de adscripción en México, publicados en el periodo 1991-2011, cabe mencionar que también se incluyó lo referente a la base de datos Arts and Humanities Citation Index.

La segunda fuente de información corresponde a una base de datos de 27,667 investigadores mexicanos de todas las áreas del conocimiento que han sido parte del SIN, al menos durante un año, en el periodo 1991-2011. Para realizar el *match* fue necesario normalizar a los autores pertenecientes al SNI y buscar sus artículos en la base de datos de la WoS. La base de datos elaborada integra siete factores en relación con los investigadores:

- a) Nombre.
- b) Género.
- c) Edad.
- d) IES de adscripción.
- e) Área del conocimiento de la especialidad.
- f) País de obtención del doctorado.
- g) Artículos y citas bibliográficas obtenidas de 1991 a 2011.

En esta base de datos se registraron 778 IES con al menos un artículo por institución, durante el periodo mencionado, de las cuales 390 son IES nacionales y 388 internacionales. Respecto de las nacionales, 148 son privadas (43

universidades, 6 centros de investigación, 68 empresas y 31 asociaciones civiles) y 242 son de carácter público (117 universidades, 6 centros de investigación, 26 centros Conacyt, 81 entidades de gobierno y 12 institutos nacionales de salud).

Por otra parte, de las 388 instituciones internacionales, 329 son universidades, 10 centros de investigación, 30 empresas, 10 entidades gubernamentales y 9 son asociaciones civiles.

## CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

### *Clasificación (ranking)*

Para elaborar la clasificación correspondiente a las cien IES con mayor número de artículos publicados y con más citas bibliográficas, en la base de datos únicamente se integraron las instituciones cuya misión es la educación superior. Adicionalmente, las empresas, entidades gubernamentales y asociaciones civiles también se eliminaron. Finalmente, la base de datos estudiada cuenta con 199 IES, de las cuales 149 son públicas y 47, privadas.

A fin de evitar la duplicidad en el conteo de los artículos por lugar de adscripción, sólo se consideró un artículo por IES, cuando éste cuente con más de dos autores de una misma institución. Por otra parte, la cantidad total de artículos por IES corresponde a la sumatoria de todos los artículos publicados de 1991 al 2011. Respecto de la clasificación de citas bibliográficas, el total corresponde a la sumatoria de las citas recibidas por cada artículo publicado por parte de la IES en el mismo periodo.

## TAMAÑO Y CLASIFICACIÓN DE LA IES

Como describen Galaz (1998) y Grediaga (2006), no existe una clasificación de las IES mexicanas que se considere un patrón de referencia único para la elaboración de análisis relacionados con la educación superior, por lo que el uso de criterios inadecuados en su elaboración ha dificultado la comparación entre las IES. En este análisis se conformó una base de datos que permite determinar el tamaño de la IES, considerando cinco datos en relación con las instituciones:

- 1) Matrícula.
- 2) Número de profesores de tiempo completo (PTC).
- 3) Número de miembros del SNI.
- 4) Programas académicos.

### 5) Número de programas de posgrado pertenecientes al Programa Nacional de Posgrado de Calidad PNPC.

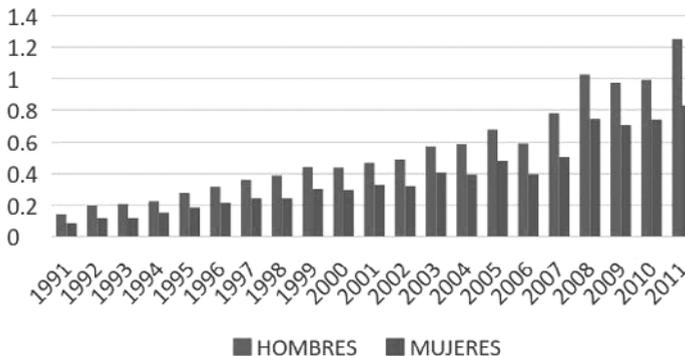
Toda la información se analizó hasta el año 2011, debido a que, conforme a lo descrito en la página web Execum de la Coordinación de Planeación, Presupuesto y Evaluación de la UNAM, únicamente existe información de 2007 a 2016. Sin embargo, debido a que el periodo de análisis de nuestra investigación termina en 2011, dicho año se consideró como límite.

## RESULTADOS

En este trabajo se obtuvo información de 146,066 artículos publicados por investigadores mexicanos en el periodo 1991-2011, de los cuales el 83% fueron escritos por al menos un investigador que formó parte del SNI en dicho periodo (122,406 artículos). Sin embargo, únicamente el 53% (81,530) de los trabajos recibieron al menos una cita bibliográfica.

En la gráfica 1 se muestra la producción anual promedio de los miembros del sin, acorde con el género de los investigadores. En dicha gráfica se observa un incremento importante en el promedio anual de artículos en ambos casos, aunque nuestros resultados indican que los hombres tienen mayor productividad que las mujeres: 75% y 25%, respectivamente. Sin embargo, el promedio anual del periodo de estudio (21 años), indica que los investigadores reportan 0.56 artículos publicados anualmente (en promedio), mientras que las investigadoras registran 0.39 trabajos publicados, es decir, una diferencia 0.17 artículos por año.

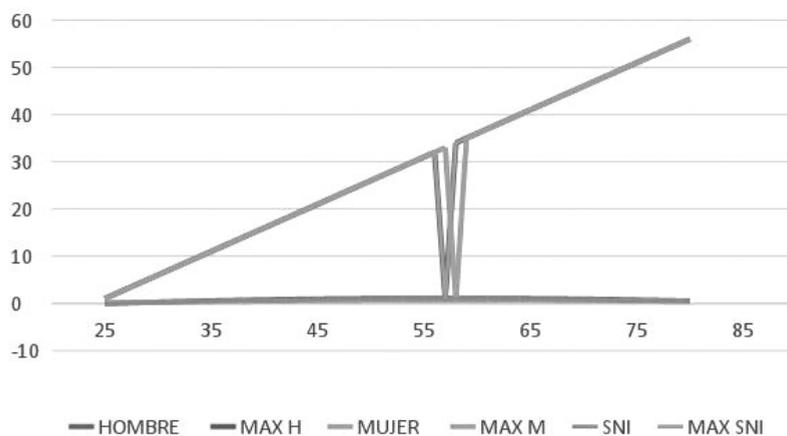
Gráfica 1. Promedio anual de artículos por género



En cuanto a la influencia que tiene la edad de los investigadores en el nivel de productividad, nuestros resultados reflejan que los científicos mexicanos adscritos al SNI reportan un máximo en su productividad después de los cincuenta años, lo cual confirma lo descrito en trabajos previos como los de Bayer y Dutton (1977) y González-Brambila y Veloso (2007).

En la gráfica 2 se observa que los investigadores que han pertenecido al SNI alcanzan, en promedio, una productividad máxima a los 56 años de edad, aunque, considerando el género, las investigadoras alcanzan primero dicho máximo respecto de los investigadores (52 y 57 años, respectivamente).

Gráfica 2. Edad máxima de productividad de los miembros del SNI

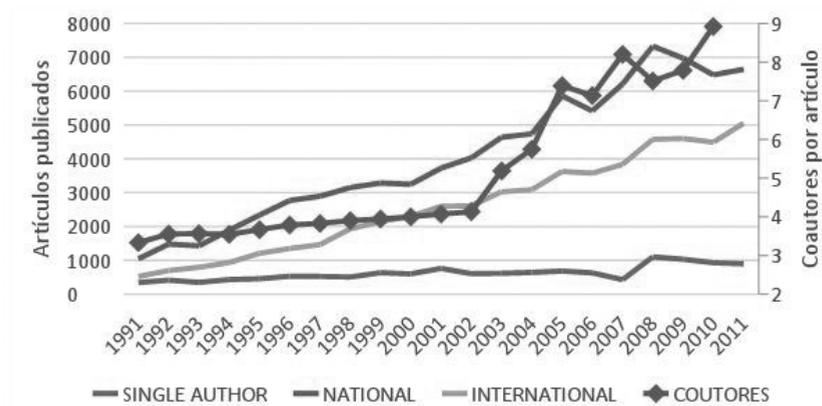


En la gráfica 3 se muestra el número de artículos publicados por los investigadores mexicanos, a lo largo de las dos décadas de estudio. Respecto de los trabajos que implican actividades de colaboración a nivel nacional, la cifra se incrementó de 1,046 artículos en 1991 a 6,645 en 2011; mientras que la colaboración con investigadores de otros países aumentó de 522 artículos en 1991 a 5,041 artículos científicos en 2011.

En cuanto a los trabajos publicados por un solo autor, únicamente se observó un pequeño incremento: 344 artículos publicados en 1991 y 898 artículos en 2011. En términos porcentuales, en 2011 la colaboración nacional representó el 52% de los artículos publicados; la colaboración internacional el 40% y los artículos con un solo autor representaron únicamente el 7%. Cabe señalar que el número de autores por artículo también aumentó considerablemente, ya que en 1991 se registró un promedio de 3.33 autores por

artículo, mientras que en 2011 fue de 26 coautores. Sin embargo, conviene considerar que ese año se registraron 10 artículos con más de 2,000 autores (área de física), lo cual influyó en el promedio de coautoría.

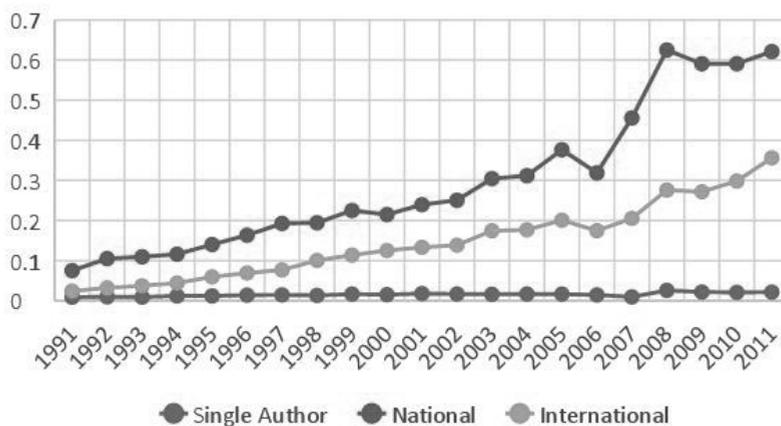
Gráfica 3. Artículos anuales por tipo de colaboración



Nuestros resultados también reflejan que la producción promedio anual por investigador ha incrementado a lo largo del tiempo, observable esto mismo en la gráfica 4. La producción nacional en 1991 fue de 0.07 artículos por año y en 2011 se incrementó a 0.62 artículos anualmente. En cuanto a la producción internacional, fue de 0.02 artículos por año en 1991 y de 0.356 artículos en 2011.

Por último, los artículos de un solo autor se mantuvieron prácticamente sin cambios y con un promedio de 0.02 artículos por año. De los datos antes descritos se infiere que, hasta 2011, un investigador consiguió producir un artículo con coautoría nacional en aproximadamente un año y medio, un artículo con coautoría internacional en casi tres años y un artículo sin coautoría en más de diez años.

Gráfica 4. Producción promedio anual de artículos en coautoría



Con el propósito de conocer si una IES se encuentra más orientada a la investigación o a la docencia, en los Cuadros 2 y 3 de este trabajo se muestra el escalafón de las cien IES en México con mayor número de artículos publicados y de citas bibliográficas, respectivamente. En ambos cuadros, el periodo de análisis es de 1991-2011. Cabe considerar que, en los dos casos, a medida que una IES se ubica en los primeros lugares, indica que está más orientada a la investigación y, conforme la posición desciende, significa que la IES está más orientada a la docencia.

Los resultados muestran que las diez universidades más productivas en términos del número de artículos son, a su vez, las que cuentan con el mayor número de citas bibliográficas. Conviene señalar aquí que cuatro son IES federales, seis estatales y que todas tienen un gobierno autónomo, a excepción del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

El Cuadro 2 muestra la clasificación nacional de las cien IES con mayor número de artículos publicados en el periodo 1991-2011. Se observa que la UNAM se ubica en el primer lugar del cuadro, con 45,397 trabajos (37% del total); en segundo lugar está el Cinvestav, del IPN, con 14,168 artículos (11.5 %); en tercer lugar, se ubica el Instituto Politécnico Nacional, con 9,546 artículos (7.7%); en cuarto lugar se ubica la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), con 8,271 artículos (6.75%); en quinto lugar, la Universidad de Guadalajara (UDG) con 3,975 artículos (3.24%), en sexto lugar se posiciona la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), con 3,921 trabajos (3.2%); en séptimo lugar, se encuentra la Benemérita Universidad Autónoma

de Puebla (BUAP), con 3728 artículos (3.1%); en octavo lugar, la Universidad de Guanajuato (UGTO), con 2,953 artículos (2.4%); en noveno la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), con 2,865 trabajos (2.3%) y en décimo lugar el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), con 2,751 artículos científicos (2.2%). El lugar número 100 lo ocupa el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Cenidet), con 23 artículos, lo que equivale al 0.018% de la producción nacional. Adicionalmente, nuestros resultados indican que en México sólo dos instituciones reportaron una productividad mayor a diez mil artículos, publicados entre 1991 y 2011.

Cuadro 2. Top 100 de las IES por artículos durante 1991-2011

| Rank | IES       | Pubs   | Rank | IES     | Pubs | Rank | IES     | Pubs |
|------|-----------|--------|------|---------|------|------|---------|------|
| 1    | UNAM      | 45,397 | 36   | Ibero   | 635  | 71   | UAN     | 98   |
| 2    | Cinvestav | 14,168 | 37   | Cimat   | 621  | 72   | UPP     | 96   |
| 3    | IPN       | 9,546  | 38   | CIQA    | 544  | 73   | UNICAH  | 82   |
| 4    | UAM       | 8,271  | 39   | Colmex  | 538  | 74   | ITESO   | 80   |
| 5    | UDG       | 3,975  | 40   | UAT     | 511  | 75   | UAB.D   | 78   |
| 6    | UANL      | 3,921  | 41   | UAAAN   | 487  | 76   | Cidesi  | 65   |
| 7    | BUAP      | 3,798  | 42   | UACH    | 473  | 77   | USALE   | 72   |
| 8    | UGTO      | 2,953  | 43   | ITAM    | 464  | 78   | udefa   | 64   |
| 9    | UASIP     | 2,865  | 44   | UAA     | 402  | 79   | UAM     | 63   |
| 10   | INAOE     | 2,751  | 45   | UABCS   | 395  | 80   | UPN     | 60   |
| 11   | UAEM      | 2,718  | 46   | U.ED    | 365  | 81   | Ciatec  | 58   |
| 12   | UMICH     | 2,352  | 47   | UADEC   | 359  | 82   | UPEMOR  | 55   |
| 13   | Cicese    | 2,343  | 48   | UPAEP   | 351  | 83   | Comimsa | 54   |
| 14   | USON      | 1,887  | 49   | UACM    | 340  | 84   | UDO     | 44   |
| 15   | Colpos    | 1,815  | 50   | UACAM   | 332  | 85   | ENAH    | 44   |
| 16   | Cibnor    | 1,623  | 51   | UAT     | 324  | 86   | UNISTMO | 44   |
| 17   | ITESM     | 1,611  | 52   | UATX    | 318  | 87   | Cesues  | 41   |
| 18   | UV        | 1,555  | 53   | UACJ    | 300  | 88   | UPSIP   | 41   |
| 19   | INECOL    | 1,528  | 54   | CIDE    | 249  | 89   | UPV     | 37   |
| 20   | UABC      | 1,486  | 55   | Cideteq | 248  | 90   | Colmich | 35   |
| 21   | CIO       | 1,445  | 56   | CIATEJ  | 236  | 91   | UDEM    | 35   |
| 22   | UAEMEX    | 1,287  | 57   | Colef   | 212  | 92   | Marista | 29   |

| Rank | IES    | Pubs  | Rank | IES    | Pubs | Rank | IES     | Pubs |
|------|--------|-------|------|--------|------|------|---------|------|
| 23   | Ecosur | 1,208 | 58   | UAN    | 185  | 93   | UCEM    | 28   |
| 24   | UAEH   | 1,203 | 59   | UAGRO  | 185  | 94   | UPPUE   | 28   |
| 25   | CIAD   | 1,136 | 60   | UTM    | 164  | 95   | UPTAX   | 27   |
| 26   | UAQ    | 1,127 | 61   | ITSON  | 161  | 96   | Flacso  | 26   |
| 27   | UADY   | 1,077 | 62   | UP     | 149  | 97   | TESE    | 26   |
| 28   | UCOL   | 970   | 63   | UMAR   | 142  | 98   | UTP     | 24   |
| 29   | IPICYT | 919   | 64   | UNACAR | 137  | 99   | IMOPA   | 24   |
| 30   | UDIAP  | 884   | 65   | UNPA   | 133  | 100  | Cenidet | 23   |
| 31   | UAS    | 851   | 66   | UNACH  | 123  |      |         |      |
| 32   | CICY   | 843   | 67   | UAG    | 114  |      |         |      |
| 33   | UAZ    | 840   | 68   | Ciateq | 111  |      |         |      |
| 34   | UACH   | 788   | 69   | UVM    | 109  |      |         |      |
| 35   | Cimav  | 761   | 70   | CIESAS | 99   |      |         |      |

Fuente: elaboración propia.

En otro orden, las IES que se encuentran entre el tercer y décimo lugar de la clasificación publicaron entre 3,000 y 9,000 artículos; del lugar 14 al 27 reportan un rango de 1,000 a 2,000 mil artículos y, finalmente, el resto de las IES (73) obtuvieron una productividad menor a 1,000 artículos publicados.

En el *Cuadro 3* se muestran las cien IES con mayor número de citas bibliográficas recibidas en sus artículos publicados. En dicho cuadro se observa que las diez IES que ocupan los primeros lugares corresponden a las mismas instituciones que se ubican entre los primeros lugares de la clasificación de artículos publicados: la UNAM ocupa el primer lugar con 459,426 citas bibliográficas; el Cinvestav se ubica en el segundo lugar (127,879), posteriormente la UAM en tercer lugar (63,951); en cuarto lugar el IPN (57,316); en quinto lugar la BUAP (28,520); en sexto lugar el INAOE (25,417); en séptimo la UGTO (24,456); en octavo la UANL (24,214); la uadg en noveno lugar (22,249) y en décimo se ubica la UASLP (21,186). Finalmente, el Cenidet (lugar 100 en artículos) ocupa el lugar 79 del conteo con 328 citas bibliográficas.

Cuadro 3. Top cien de las IES por citas bibliográficas (1991-2011)

| Rank | IES       | Citas biblio. | Rank | IES     | Citas biblio. | Rank | IES     | Citas biblio. |
|------|-----------|---------------|------|---------|---------------|------|---------|---------------|
| 1    | UNAM      | 459,426       | 36   | Ibero   | 3,865         | 71   | UPEMOR  | 434           |
| 2    | Cinvestav | 127,879       | 37   | UACH    | 3,350         | 72   | UPTAX   | 395           |
| 3    | UAM       | 63,951        | 38   | ITAM    | 2,967         | 73   | uim     | 367           |
| 4    | IPN       | 60,924        | 39   | UABCS   | 2,892         | 74   | UPP     | 365           |
| 5    | BUAP      | 28,520        | 40   | CIQA    | 2,844         | 75   | CIESAS  | 350           |
| 6    | INAOE     | 25,417        | 41   | UADEC   | 2,746         | 76   | UTM     | 346           |
| 7    | UGTO      | 24,456        | 42   | UAT     | 2,654         | 77   | ciateq  | 343           |
| 8    | UANL      | 24,214        | 43   | UACH    | 2,524         | 78   | USAIE   | 329           |
| 9    | UDG       | 22,249        | 44   | UPAEP   | 2,308         | 79   | Cenidet | 328           |
| 10   | UASIP     | 21,186        | 45   | UATX    | 2,124         | 80   | UDO     | 293           |
| 11   | UAEM      | 20,182        | 46   | Colef   | 2,057         | 81   | ITESO   | 272           |
| 12   | Cicese    | 19,359        | 47   | U.ED    | 1,968         | 82   | Cidesi  | 251           |
| 13   | UMICH     | 17,139        | 48   | UACM    | 1,882         | 83   | Marista | 250           |
| 14   | Cibnor    | 13,449        | 49   | UAA     | 1,881         | 84   | UABJO   | 227           |
| 15   | INECOL    | 12,040        | 50   | UAAAN   | 1,761         | 85   | ciatec  | 219           |
| 16   | USON      | 11,373        | 51   | UACAM   | 1,755         | 86   | UPN     | 209           |
| 17   | CIO       | 10,233        | 52   | UJAT    | 1,552         | 87   | UNICAH  | 193           |
| 18   | UV        | 9,246         | 53   | Cideteq | 1,441         | 88   | ENAH    | 191           |
| 19   | Ecosur    | 9,117         | 54   | UAN     | 1,381         | 89   | UDEM    | 181           |
| 20   | IPICYT    | 9,097         | 55   | UVM     | 1,280         | 90   | UCEM    | 179           |
| 21   | CIAD      | 8,835         | 56   | UACJ    | 1,150         | 91   | TESE    | 152           |
| 22   | UAEH      | 8,277         | 57   | CIDE    | 1,042         | 92   | utsjr   | 126           |
| 23   | ITESM     | 8,108         | 58   | CIATEJ  | 962           | 93   | Cesues  | 125           |
| 24   | UABC      | 8,101         | 59   | UP      | 905           | 94   | upa     | 120           |
| 25   | UAS       | 7,942         | 60   | UAG     | 834           | 95   | UPSIP   | 110           |
| 26   | UAQ       | 7,713         | 61   | ITSON   | 829           | 96   | utl     | 109           |
| 27   | COLPOS    | 7,003         | 62   | Colmex  | 642           | 97   | csaegro | 97            |
| 28   | UADY      | 6,291         | 63   | udefa   | 636           | 98   | Flacso  | 97            |
| 29   | CICY      | 6,015         | 64   | UNACH   | 613           | 99   | UPPUE   | 81            |
| 30   | UCOL      | 5,877         | 65   | UAN     | 574           | 100  | unsij   | 81            |
| 31   | UDIAP     | 5,691         | 66   | UMAR    | 551           |      |         |               |
| 32   | UAZ       | 5,409         | 67   | UAGRO   | 548           |      |         |               |

| Rank | IES    | Citas biblio. | Rank | IES    | Citas biblio. | Rank | IES | Citas biblio. |
|------|--------|---------------|------|--------|---------------|------|-----|---------------|
| 33   | Cimat  | 5,220         | 68   | UAM    | 491           |      |     |               |
| 34   | UAEMEX | 5,127         | 69   | UNPA   | 458           |      |     |               |
| 35   | Cimav  | 4,077         | 70   | UNACAR | 443           |      |     |               |

Fuente: elaboración propia.

CITAS BIBLIO = número de citas bibliográficas recibidas.

En el *Cuadro 4* se muestra la diferencia del promedio anual del número de ingresos y del número de bajas de los investigadores al SNI ( $\Delta$ sni) de cada IES, la cual está ordenada de forma ascendente, conforme a dicho gradiente. El valor de la columna Altas corresponde al promedio del número total de investigadores que ingresaron al SNI por año en el periodo de 1991 a 2011; el valor de la columna Bajas se obtuvo al promediar el número total de investigadores que causaron baja en el sistema por año en el periodo mencionado; la columna SNI corresponde al promedio de investigadores vigentes en el sistema por año de 1991 a 2011, mientras que la columna correspondiente al Impacto indica el porcentaje que representan las bajas en relación con el número de investigadores (SNI). Finalmente, la columna *Rank* corresponde a la posición que ocupa la institución en el conteo de las cien IES más productivas.

*Cuadro 4.* Promedio de altas y bajas del SNI de 1991 a 2011 por institución

| $\Delta$ SNI | IES     | Altas | Bajas | SNI   | Impacto | Rank* |
|--------------|---------|-------|-------|-------|---------|-------|
| -0.13        | TESE    | 1.00  | 1.13  | 4.25  | 26.47   | 97    |
| 0.13         | CIATEC  | 0.75  | 0.63  | 5.63  | 11.11   | 81    |
| 0.25         | UPTLAX  | 0.50  | 0.25  | 2.00  | 12.50   | 95    |
| 0.38         | UPPUE   | 1.13  | 0.75  | 2.88  | 26.09   | 94    |
| 0.37         | Cenidet | 2.50  | 2.12  | 14.25 | 14.91   | 100   |
| 0.38         | Marista | 0.38  | 0.00  | 1.75  | 0.00    | 92    |
| 0.38         | UAM     | 0.38  | 0.00  | 1.63  | 0.00    | 79    |
| 0.63         | UCEM    | 0.75  | 0.13  | 1.38  | 9.09    | 93    |
| 0.63         | UVM     | 1.13  | 0.50  | 3.13  | 16.00   | 69    |
| 0.63         | UPV     | 0.75  | 0.13  | 1.88  | 6.67    | 89    |
| 0.63         | UPSLP   | 1.25  | 0.63  | 3.13  | 20.00   | 88    |
| 0.63         | Cesues  | 0.88  | 0.25  | 3.63  | 6.90    | 87    |
| 0.75         | UDEFA   | 1.00  | 0.25  | 3.38  | 7.41    | 78    |
| 0.88         | Cidesi  | 1.63  | 0.75  | 5.88  | 12.77   | 76    |

| ΔSNI | IES     | Altas | Bajas | SNI    | Impacto | Rank* |
|------|---------|-------|-------|--------|---------|-------|
| 0.88 | UPEMOR  | 1.00  | 0.13  | 1.25   | 10.00   | 82    |
| 0.88 | ENAH    | 2.63  | 1.75  | 30.88  | 5.67    | 85    |
| 0.88 | UNISTMO | 1.63  | 0.75  | 5.25   | 14.29   | 86    |
| 0.88 | Comimsa | 1.25  | 0.38  | 3.63   | 10.34   | 83    |
| 1.00 | Cideteq | 1.25  | 0.25  | 14.13  | 1.77    | 55    |
| 1.13 | UPP     | 3.88  | 2.75  | 13.50  | 20.37   | 72    |
| 1.25 | USALLE  | 1.88  | 0.63  | 5.00   | 12.50   | 77    |
| 1.25 | UDEM    | 1.38  | 0.13  | 7.13   | 1.75    | 91    |
| 1.25 | UAG     | 1.25  | 0.00  | 5.75   | 0.00    | 67    |
| 1.38 | Ciateq  | 2.25  | 0.88  | 12.63  | 6.93    | 68    |
| 1.38 | Flacso  | 2.38  | 1.00  | 20.25  | 4.94    | 96    |
| 1.38 | UPAEP   | 2.50  | 1.13  | 12.88  | 8.74    | 48    |
| 1.63 | ITESO   | 2.38  | 0.75  | 18.13  | 4.14    | 74    |
| 1.75 | UABJO   | 3.13  | 1.38  | 16.00  | 8.59    | 75    |
| 1.75 | UDO     | 2.13  | 0.38  | 7.38   | 5.08    | 84    |
| 2.00 | UABCS   | 4.13  | 2.13  | 26.63  | 7.98    | 45    |
| 2.13 | UNICAH  | 2.50  | 0.38  | 12.38  | 3.03    | 73    |
| 2.50 | UDLAP   | 7.75  | 5.25  | 66.63  | 7.88    | 30    |
| 2.50 | UMAR    | 4.88  | 2.38  | 20.00  | 11.88   | 63    |
| 2.50 | Colmich | 4.00  | 1.50  | 42.00  | 3.57    | 90    |
| 2.50 | CIESAS  | 4.50  | 2.00  | 106.25 | 1.88    | 70    |
| 2.63 | ITSON   | 3.13  | 0.50  | 13.00  | 3.85    | 61    |
| 2.63 | CIO     | 3.5   | 0.88  | 58.88  | 1.49    | 21    |
| 2.75 | CIQA    | 3.88  | 1.13  | 37.63  | 2.99    | 38    |
| 2.75 | UAAAN   | 4.13  | 1.38  | 41.38  | 3.32    | 41    |
| 2.75 | ITAM    | 8.13  | 5.38  | 69.38  | 7.75    | 43    |
| 2.88 | UJED    | 5.25  | 2.38  | 25.00  | 9.50    | 46    |
| 3.00 | CIMAT   | 4.13  | 1.13  | 53.00  | 2.12    | 37    |
| 3.00 | UACAM   | 4.75  | 1.75  | 26.75  | 6.54    | 50    |
| 3.13 | UNACAR  | 4.25  | 1.13  | 14.25  | 7.89    | 64    |
| 3.50 | Colmex  | 6.25  | 2.75  | 155.25 | 1.77    | 39    |
| 3.50 | CIBNOR  | 8.00  | 4.50  | 95.88  | 4.69    | 16    |
| 3.50 | UAN     | 4.75  | 1.25  | 14.00  | 8.93    | 58    |
| 3.63 | UNPA    | 4.63  | 1.00  | 12.25  | 8.16    | 65    |
| 4.00 | Cicese  | 9.50  | 5.50  | 141.75 | 3.88    | 13    |

| ΔSNI  | IES    | Altas | Bajas | SNI    | Impacto | Rank* |
|-------|--------|-------|-------|--------|---------|-------|
| 4.13  | UTM    | 5.13  | 1.00  | 15.5   | 6.45    | 60    |
| 4.13  | Colef  | 6.00  | 1.88  | 65.38  | 2.87    | 57    |
| 4.13  | UP     | 5.63  | 1.50  | 29.13  | 5.15    | 62    |
| 4.25  | UAA    | 7.25  | 3.00  | 45.38  | 6.61    | 44    |
| 4.25  | UADEC  | 7.13  | 2.88  | 38.63  | 7.44    | 47    |
| 4.25  | CIATEJ | 6.13  | 1.88  | 25.75  | 7.28    | 56    |
| 4.50  | CIDE   | 6.25  | 1.75  | 58.75  | 2.98    | 54    |
| 4.75  | INECOL | 7.38  | 2.63  | 75.13  | 3.49    | 19    |
| 5.00  | IPICYT | 6.25  | 1.25  | 50.13  | 2.49    | 29    |
| 5.13  | UAGRO  | 8.38  | 3.25  | 27.25  | 11.93   | 59    |
| 5.25  | INAOE  | 7.88  | 2.63  | 103.88 | 2.53    | 10    |
| 5.50  | Cimav  | 6.25  | 0.75  | 45.13  | 1.66    | 35    |
| 5.50  | Ibero  | 8.63  | 3.13  | 79.25  | 3.94    | 36    |
| 5.75  | UJAT   | 10.13 | 4.38  | 42.00  | 10.42   | 51    |
| 5.75  | UATX   | 8.50  | 2.75  | 39.50  | 6.96    | 52    |
| 5.75  | UNACH  | 7.25  | 1.50  | 28.75  | 5.22    | 66    |
| 6.13  | UACH   | 8.88  | 2.75  | 35.63  | 7.72    | 34    |
| 6.13  | UACH   | 8.88  | 2.75  | 35.63  | 7.72    | 43    |
| 6.38  | CICY   | 8.88  | 2.50  | 64.50  | 3.88    | 32    |
| 6.38  | CIAD   | 11.13 | 4.75  | 84.88  | 5.60    | 25    |
| 6.63  | Ecosur | 9.88  | 3.25  | 86.75  | 3.75    | 42    |
| 7.00  | UAT    | 11.38 | 4.38  | 52.88  | 8.27    | 40    |
| 7.13  | UPN    | 9.75  | 2.63  | 49.38  | 5.32    | 80    |
| 8.13  | UACM   | 10.38 | 2.25  | 38.25  | 5.88    | 50    |
| 9.75  | Colpos | 19.13 | 9.38  | 214.38 | 4.37    | 15    |
| 10.25 | UAQ    | 15.38 | 5.13  | 94.50  | 5.42    | 26    |
| 10.25 | UAS    | 16.75 | 6.50  | 93.88  | 6.92    | 31    |
| 10.50 | UACJ   | 12.88 | 2.38  | 47.38  | 5.01    | 53    |
| 10.63 | UADY   | 17.50 | 6.88  | 116.88 | 5.88    | 27    |
| 10.63 | UCOL   | 17.00 | 6.38  | 94.38  | 6.75    | 28    |
| 10.75 | UAEM   | 21.00 | 10.25 | 192.38 | 5.33    | 11    |
| 11.13 | UAZ    | 16.25 | 5.13  | 90.88  | 5.64    | 33    |
| 15.13 | USON   | 22.88 | 7.75  | 150.00 | 5.17    | 14    |
| 17.13 | UAEH   | 26.75 | 9.63  | 142.63 | 6.75    | 24    |
| 19.88 | BUAP   | 35.38 | 15.5  | 307.13 | 5.05    | 7     |

| $\Delta$ SNI | IES       | Altas  | Bajas  | SNI     | Impacto | Rank* |
|--------------|-----------|--------|--------|---------|---------|-------|
| 20.13        | UV        | 29.00  | 8.88   | 187.25  | 4.74    | 18    |
| 20.50        | UABC      | 28.13  | 7.63   | 149.63  | 5.10    | 20    |
| 21.38        | UMICH     | 31.63  | 10.25  | 230.00  | 4.46    | 12    |
| 21.50        | UASLP     | 29.75  | 8.25   | 184.25  | 4.48    | 9     |
| 22.50        | UGTO      | 29.25  | 6.75   | 188.38  | 3.58    | 8     |
| 24.50        | ITESM     | 47.13  | 22.63  | 230.38  | 9.82    | 17    |
| 25.63        | UAEMEX    | 33.13  | 7.50   | 180.63  | 4.15    | 22    |
| 29.00        | CINVESTAV | 43.63  | 14.63  | 583.88  | 2.50    | 2     |
| 34.25        | UANL      | 51.13  | 16.88  | 297.13  | 5.68    | 6     |
| 45.00        | UAM       | 72.88  | 27.88  | 754.25  | 3.70    | 4     |
| 48.75        | UDG       | 71.88  | 23.13  | 481.25  | 4.81    | 5     |
| 53.25        | IPN       | 79.13  | 25.88  | 562.38  | 4.60    | 3     |
| 139.25       | UNAM      | 240.13 | 100.88 | 3147.63 | 3.20    | 1     |

\* Lugar que ocupa en el conteo de las cien IES con mayor número de artículos de 1991 a 2011.

Fuente: elaboración propia.

Se observa que las instituciones con  $\Delta$ sni bajo son las que se encuentran en los últimos lugares de la clasificación de artículos (*Cuadro 2*) y que, en la mayoría de los casos, el impacto es alto. Por ejemplo, la IES con menor  $\Delta$ sni (-0.13) es el TESE, institución que en los 21 años del periodo de estudio en promedio reporta un alta y 1.13 bajas por año al sistema, el número de bajas representan el 26% de total de sus investigadores y ocupa el lugar 97 en el conteo de artículos.

En otro orden, la UNAM (primer lugar de artículos) reporta el  $\Delta$ sni más alto de todas las instituciones (139.25), tiene un promedio de 240 altas por año y 100 bajas del SNI y sus bajas representan tan sólo el 3.25 % de su total de investigadores. Además, en este cuadro se observa que 8 de las 10 IES más productivas señaladas en el *Cuadro 2*, se ubican en los últimos lugares de acuerdo con el  $\Delta$ sni obtenido (UNAM, IPN, UDG, UAM, UANL, Cinvestav, UGTO y UASLP).

En el *Cuadro 5* se muestra el tamaño de las IES, con base en el número de programas de posgrado que tienen adscritos al pnpic. Se observa que la UNAM es la IES que cuenta con el mayor número de programas registrados en dicho programa (135) y que a nivel general cuenta con la mayor matrícula (204,581 alumnos), con el más elevado número de investigadores con distinción en el SNI (4,918) y con el más alto índice de profesores de tiempo completo (3,583); lo que muestra que la UNAM es una IES con una fuerte tendencia a realizar investigación científica, pero sin perder el objetivo de la docencia.

Cuadro 5. Tamaño de las ies en 2011

| <i>PNPC</i> | <i>IES</i> | <i>PTC</i> | <i>SNI</i> | <i>Matrícula</i> | <i>Prog Acad</i> | <i>Rank*</i> |
|-------------|------------|------------|------------|------------------|------------------|--------------|
| 135         | UNAM       | 4918       | 3,583      | 204,581          | 333              | 1            |
| 81          | UDG        | 3087       | 662        | 92,451           | 389              | 5            |
| 73          | IPN        | 4901       | 779        | 100,452          | 224              | 3            |
| 72          | UANL       | 2647       | 443        | 79,246           | 276              | 6            |
| 63          | UAM        | 3535       | 906        | 51,935           | 142              | 4            |
| 56          | Cinvestav  | 588        | 727        | 2,312            | 58               | 2            |
| 49          | ITESM      | 1506       | 264        | 72,151           | 1125             | 17           |
| 42          | UASLP      | 992        | 262        | 24,121           | 152              | 9            |
| 42          | UV         | 1640       | 299        | 58,944           | 245              | 18           |
| 40          | UAEMEX     | 1034       | 288        | 41,362           | 282              | 22           |
| 36          | UMICH      | 1277       | 311        | 37,411           | 103              | 12           |
| 35          | BUAP       | 1803       | 384        | 54,434           | 189              | 7            |
| 33          | UABC       | 1166       | 216        | 47,878           | 173              | 20           |
| 27          | UGTO       | 652        | 265        | 17,812           | 153              | 8            |
| 25          | UAEM       | 361        | 233        | 13,251           | 126              | 11           |
| 24          | UACJ       | 640        | 96         | 22,277           | 99               | 53           |
| 22          | USON       | 655        | 226        | 25,895           | 164              | 14           |
| 21          | UACH       | 597        | 114        | 4,612            | 46               | 34           |
| 20          | UADY       | 482        | 167        | 13,841           | 107              | 27           |
| 20          | UAS        | 1114       | 139        | 50,607           | 173              | 31           |
| 19          | Cicese     | 179        | 150        | 428              | 18               | 13           |
| 19          | Colpos     | 335        | 239        | 948              | 32               | 15           |
| 18          | UAEH       | 742        | 170        | 20,067           | 108              | 24           |
| 18          | UAQ        | 471        | 152        | 17,813           | 161              | 26           |
| 18          | UADEC      | 718        | 59         | 23,650           | 127              | 47           |
| 15          | UAA        | 392        | 68         | 12,718           | 85               | 44           |
| 14          | UAT        | 871        | 69         | 39,311           | 237              | 40           |
| 13          | IPICYT     | 0          | 63         | 0                | 0                | 29           |
| 13          | UACH       | 675        | 50         | 25,768           | 166              | 42           |
| 12          | Colmex     | 186        | 172        | 368              | 166              | 39           |
| 11          | UcoL       | 490        | 138        | 12,291           | 18               | 28           |
| 11          | Ibero      | 478        | 104        | 19,145           | 114              | 36           |
| 11          | UAAAN      | 497        | 56         | 5,193            | 227              | 41           |

| <i>PNPC</i> | <i>IES</i> | <i>PTC</i> | <i>SNI</i> | <i>Matrícula</i> | <i>Prog Acad</i> | <i>Rank*</i> |
|-------------|------------|------------|------------|------------------|------------------|--------------|
| 10          | CIESAS     | 33         | 112        | 147              | 33               | 70           |
| 9           | Colmich    | 62         | 49         | 145              | 6                | 90           |
| 8           | INAOE      | 107        | 112        | 409              | 7                | 10           |
| 7           | CICY       | 73         | 89         | 242              | 8                | 32           |
| 6           | UAZ        | 1233       | 133        | 18,906           | 5                | 33           |
| 5           | UABCS      | 132        | 32         | 4,756            | 86               | 45           |
| 5           | UATX       | 654        | 62         | 11,144           | 37               | 52           |
| 5           | Colef      | 101        | 84         | 127              | 63               | 57           |
| 5           | UNACH      | 729        | 55         | 20,531           | 100              | 66           |
| 4           | Cimav      | 48         | 56         | 81               | 5                | 35           |
| 4           | Cimat      | 69         | 61         | 148              | 9                | 37           |
| 4           | CIQA       | 49         | 51         | 48               | 4                | 38           |
| 4           | UAGRO      | 787        | 37         | 25,214           | 81               | 59           |
| 4           | Cidesi     | 0          | 6          | 59               | 6                | 76           |
| 4           | Flacso     | 48         | 23         | 611              | 9                | 96           |
| 3           | CIO        | 57         | 62         | 64               | 3                | 21           |
| 3           | Ecosur     | 118        | 104        | 145              | 10               | 23           |
| 3           | CIAD       | 138        | 108        | 198              | 3                | 25           |
| 3           | UJED       | 370        | 49         | 13,906           | 88               | 46           |
| 3           | UJAT       | 931        | 55         | 27,626           | 92               | 51           |
| 3           | CIDE       | 110        | 67         | 378              | 6                | 54           |
| 3           | USALLE     | 329        | 11         | 27,043           | 380              | 77           |
| 2           | CIBNOR     | 91         | 111        | 146              | 2                | 16           |
| 2           | UACAM      | 215        | 42         | 5891             | 83               | 50           |
| 2           | Cideteq    | 25         | 19         | 64               | 4                | 55           |
| 2           | UAN        | 683        | 35         | 13,500           | 54               | 58           |
| 2           | ITSON      | 330        | 21         | 15,452           | 79               | 61           |
| 2           | UAN        | 683        | 35         | 13,500           | 54               | 71           |
| 1           | ITAM       | 198        | 69         | 5,365            | 30               | 43           |
| 1           | UACM       | 791        | 79         | 12,425           | 55               | 50           |
| 1           | CIATEJ     | 24         | 46         | 67               | 2                | 56           |
| 1           | UNACAR     | 218        | 24         | 4,511            | 74               | 64           |
| 1           | UPP        | 72         | 13         | 2,777            | 22               | 72           |
| 1           | UPN        | 1642       | 71         | 71,901           | 418              | 80           |

| PNPC | IES     | PTC  | SNI | Matrícula | Prog Acad | Rank* |
|------|---------|------|-----|-----------|-----------|-------|
| 1    | CIATEC  | 0    | 4   | 0         | 0         | 81    |
| 1    | Comimsa | 16   | 8   | 50        | 4         | 83    |
| 1    | UPV     | 17   | 5   | 681       | 4         | 89    |
| 1    | UPPUE   | 31   | 4   | 1,039     | 9         | 94    |
| 1    | TESE    | 142  | 9   | 5,500     | 13        | 97    |
| 0    | INECOL  | 51   | 88  | 134       | 2         | 19    |
| 0    | UAG     | 301  | 8   | 12,967    | 182       | 67    |
| 0    | Ciateq  | 0    | 19  | 0         | 0         | 68    |
| 0    | UVM     | 418  | 6   | 63,940    | 813       | 69    |
| 0    | UABJO   | 261  | 20  | 15,667    | 48        | 75    |
| 0    | UDEFA   | 1028 | 3   | 707       | 58        | 78    |
| 0    | UPEMOR  | 19   | 0   | 1,619     | 10        | 82    |
| 0    | ENAH    | 12   | 35  | 119       | 2         | 85    |
| 0    | CESUES  | 289  | 8   | 7,483     | 39        | 87    |
| 0    | UPSLP   | 37   | 4   | 3,893     | 6         | 88    |
| 0    | UPTLAX  | 37   | 7   | 2,480     | 6         | 95    |

\* Lugar que ocupa en el conteo de las cien IES con mayor número de artículos de 1991 a 2011.

PTC = Profesores de Tiempo Completo. SNI = Investigadores adscritos al Sistema Nacional de Investigadores. pnpc= posgrados ofertados que pertenecen al Programa Nacional de Posgrados de Calidad. MATRÍCULA = número de estudiantes inscritos en las IES en todos los niveles educativos. PROG ACAD = Programas académicos ofertados por la IES.

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, en el *Cuadro 5* se aprecia que la UDG es la segunda IES con mayor número de posgrados de calidad (81 pnpc; 92,451 alumnos; 3,087 PTC y 662 SNI), mientras que el tercer lugar lo ocupa el IPN (73 pnpc; 100,452 alumnos; 4,901 PTC y 662 SNI). Un dato importante derivado de nuestros resultados es que siete de las diez IES con mayor cantidad de artículos publicados corresponden a las instituciones que cuentan con más pnpc; mientras que las universidades que carecen de éstos se ubican en los últimos lugares de la clasificación mencionada.

Finalmente, en el *Cuadro 6* se muestra el nombre, con su respectiva sigla o acrónimo de cada una de las IES analizadas.

Cuadro 6. Siglas o acrónimos de las IES

| Institución   | Sigla/acrónimo |
|---|----------------|
| Benémerita Universidad Autónoma de Puebla                                       | BUAP           |
| Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora                              | Cesues         |
| Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial                                    | Cidesi         |
| Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, A.C.                 | Ciatec         |
| Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.                             | CICY           |
| Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B.C.    | Cicese         |
| Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.                      | CIAD           |
| Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.                                    | Cimat          |
| Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.                           | Cimav          |
| Centro de Investigación en Química Aplicada                                     | CIQA           |
| Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Edo. de Jalisco | Ciatej         |
| Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del ipn                         | Cinvestav      |
| Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.        | Cideteq        |
| Centro de Investigación y Docencia Económicas, A.C.                             | CIDE           |
| Centro de Investigación y Estudios Superiores en Antropología Social            | CIESAS         |
| Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.                         | Cibnor         |
| Centro de Investigaciones en Óptica, A.C.                                       | CIO            |
| Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico                       | Cenidet        |
| Centro de Tecnología Avanzada   | Ciateq         |
| Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas                                  | Colpos         |
| Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero                            | Csaegro        |
| Corporación Mexicana de Investigación en Materiales                             | Comimsa        |
| Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar                  | DGECYTM        |
| Dirección General de Educación Superior Tecnológica                             | DGEST          |
| El Colegio de la Frontera Norte   | Colef          |
| El Colegio de la Frontera Sur   | Ecosur         |
| El Colegio de México  | Colmex         |
| El Colegio de Michoacán   | Colmich        |
| Escuela Nacional de Antropología e Historia                                     | ENAH           |
| Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales                                   | Flacso         |
| Instituto de Ecología   | Inecol         |
| Instituto de Investigaciones "Dr. José María Luis Mora"                         | IMORA          |
| Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica                          | INAOE          |

| Institución  | Sigla/acrónimo |
|--|----------------|
| Instituto Politécnico Nacional                               | IPN            |
| Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica | IPICYT         |
| Instituto Tecnológico Autónomo de México                     | ITAM           |
| Instituto Tecnológico de Sonora                              | ITSON          |
| Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey  | ITESM          |
| Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente  | ITESO          |
| Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec               | TESE           |
| Universidad Anáhuac del Norte                                | UAN            |
| Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro                   | UAAAN          |
| Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca                 | UABJO          |
| Universidad Autónoma Chapingo                                | UACH           |
| Universidad Autónoma de Aguascalientes                       | UAA            |
| Universidad Autónoma de Baja California                      | UABC           |
| Universidad Autónoma de Baja California Sur                  | UABCS          |
| Universidad Autónoma de Campeche                             | UACAM          |
| Universidad Autónoma de Chiapas                              | UNACH          |
| Universidad Autónoma de Chihuahua                            | UACH           |
| Universidad Autónoma de Ciudad Juárez                        | UACJ           |
| Universidad Autónoma de Coahuila                             | UADEC          |
| Universidad Autónoma de Guadalajara                          | UAG            |
| Universidad Autónoma de Guerrero                             | UAGRO          |
| Universidad Autónoma de la Ciudad de México                  | UACM           |
| Universidad Autónoma de Nayarit                              | UAN            |
| Universidad Autónoma de Nuevo León                           | UANL           |
| Universidad Autónoma de Queretaro                            | UAQ            |
| Universidad Autónoma de San Luis Potosí                      | UASLP          |
| Universidad Autónoma de Sinaloa                              | UAS            |
| Universidad Autónoma de Tamaulipas                           | UAT            |
| Universidad Autónoma de Tlaxcala                             | UATX           |
| Universidad Autónoma de Yucatán                              | UADY           |
| Universidad Autónoma de Zacatecas                            | UAZ            |
| Universidad Autónoma del Carmen                              | Unacar         |
| Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo                   | UAEH           |
| Universidad Autónoma del Estado de México                    | UAEMEX         |
| Universidad Autónoma del Estado de Morelos                   | UAEM           |

| Institución                                       | Sigla/acrónimo |
|---|----------------|
| Universidad Autónoma Metropolitana                | UAM            |
| Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas        | Unicah         |
| Universidad de Colima                             | UCOL           |
| Universidad de Guadalajara                        | UDG            |
| Universidad de Guanajuato                         | UGTO           |
| Universidad de La Ciénega del Estado de Michoacán | UCEM           |
| Universidad de Las Américas Puebla                | UDLAP          |
| Universidad de Monterrey                          | UDEM           |
| Universidad de Occidente                          | UDO            |
| Universidad de Sonora                             | USON           |
| Universidad del Ejército y Fuerza Aérea           | UDEFA          |
| Universidad del Istmo                             | UNISTMO        |
| Universidad del Mar                               | UMAR           |
| Universidad del Mayab, A.C.                       | UAM            |
| Universidad del Papaloapan                        | UNPA           |
| Universidad del Valle de México                   | UVM            |
| Universidad Iberoamericana                        | Ibero          |
| Universidad Juárez Autónoma de Tabasco            | UJAT           |
| Universidad Juárez del Estado de Durango          | UJED           |
| Universidad La Salle, A.C.                        | USALLE         |
| Universidad Marista de Mérida                     | Marista        |
| Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  | UMICH          |
| Universidad Nacional Autónoma de México           | UNAM           |
| Universidad Panamericana                          | UP             |
| Universidad Pedagógica Nacional                   | UPN            |
| Universidad Politécnica de Aguascalientes         | UPA            |
| Universidad Politécnica de Chiapas                | UPCHIAPAS      |
| Universidad Politécnica de Pachuca                | UPP            |
| Universidad Politécnica de Puebla                 | UPPUE          |
| Universidad Politécnica de San Luis Potosí        | UPSLP          |
| Universidad Politécnica de Tlaxcala               | UPTLAX         |
| Universidad Politécnica de Victoria               | UPV            |
| Universidad Politécnica del Estado de Morelos     | UPEMOR         |
| Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla | UPAEP          |
| Universidad Tecnológica de La Mixteca             | UTM            |

| Institución                       | Sigla/acrónimo |
|-----------------------------------|----------------|
| Universidad Tecnológica de Puebla | UTP            |
| Universidad Veracruzana           | UV             |

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo fue analizar cómo un sistema de estímulos económicos y de reconocimiento a las actividades de investigación en México ha impactado durante 21 años (1991-2011) en la productividad científica de los investigadores adscritos a una IES y, al mismo tiempo, cómo dichas instituciones han sido beneficiadas por ese sistema. Con ese propósito, se elaboró una base de datos con la información de 27,667 investigadores mexicanos que estuvieron adscritos al SNI al menos por un año durante el periodo en cuestión. Así, se obtuvo la información de 122,406 artículos publicados para determinar la cantidad y calidad de la productividad de las IES.

De acuerdo con lo descrito en el portal Execum de la UNAM, existen 177 universidades públicas, 249 institutos tecnológicos y 1835 instituciones de educación privada en México. En este artículo se obtuvo información relevante que indica que, durante dos décadas de estudio, únicamente 156 IES contribuyeron al conocimiento con al menos un artículo publicado en una revista ISI (sólo se mostraron las cien primeras). Los resultados de las clasificaciones muestran que existen muy pocas universidades orientadas a la investigación y que las diez instituciones educativas con mayor cantidad de artículos publicados corresponden a las que cuentan con mayor número de citas bibliográficas. Dentro de estas universidades se encuentran cuatro IES federales (UNAM, Cinvestav, IPN y UAM), cinco estatales (UDG, UANL, UASLP, BUAP y UGTO) y un centro Conacyt (INAOE). Además, debido a que nuestros resultados indican que en dichas IES se cuenta con la más amplia oferta de posgrados registrados al pnp y se registra el mayor número de ingresos y bajas al SNI, se infiere que dentro de éstas existe un ambiente competitivo y enfocado a mantener la calidad de la investigación realizada.

En México, el SNI representa un mecanismo eficiente para la formación y consolidación de investigadores de excelencia, a partir de la evaluación de la producción académica de sus miembros. Este sistema se ha convertido en un parámetro para la evaluación (clasificación) de las IES a nivel nacional, e indirectamente ha fomentado una aparente competencia por parte de las instituciones en términos de producción científica (artículos, patentes y citas bibliográficas, entre otros), especialmente debido a que las tasas de productividad

(frecuentemente el número de artículos) son empleadas por instituciones externas para evaluar el desempeño de las IES y con ello obtener algún tipo de financiamiento para actividades vinculadas con la investigación y desarrollo.

“Publicar o salir del sistema” representa un medio para incrementar el salario de los investigadores, debido a que ingresar al sistema representa, en algunos casos, duplicar o triplicar el salario mediante el estímulo económico otorgado por el SNI. En este trabajo se identificó la colaboración como un mecanismo, entre otros, empleado por los investigadores para obtener un estándar de artículos y mantenerse en el sistema, siendo la colaboración entre colegas nacionales la que se presenta de manera más recurrente.

## REFERENCIAS

- Alcántara, A. 2009. “Reforma de la educación superior”, *Revista de la Educación Superior*, vol. 38, no. 2: 125-129.
- Angell, M. 1986. “Publish or perish: A proposal”, *Annals of Internal Medicine*, vol. 104, 2: 261-262.
- Arora, A. y A. Gambardella. 1998. “Impact of nsf support for basic research in economics”, *Econ. WPA*.
- Astin, A.W. 1972. “The measured effects of higher education”, *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 404: 1-20.
- Babchuk, N. y A.P. Bates. 1962. “Professor or producer: The two faces of academic man”, *Social Forces*, vol. 40, no. 4: 341-348.
- Backes-Gellner, U. y A. Schlinghoff. 2008. “Monetary rewards and faculty behaviour; how economic incentives drive publish or perish”, en *Southern Management Association Proceedings*. St. Pete Beach, Flor.: Southern Management Association (SMA), 725-730.
- Bayer, A.E. y J.E. Dutton. 1977. “Career age and research-professional activities of academic scientists: Tests of alternative”, *The Journal of Higher Education*, vol. 48, no. 3: 259-282.
- Behymer, C. 1974. “Institutional and personal correlates of faculty productivity”. Ann Arbor: University of Michigan, tesis doctoral.
- Behymer, C.E. y R.T. Blackburn. 1975. “Environmental and personal attributes related to faculty productivity”, *Annual Meeting of the American Educational Research Association* (Washington, D.C.).
- Chavoya Peña, M.L. 2011. “El impulso a la investigación en las universidades mexicanas”, en <[www.congresoretosyexpectativas.UDG.mx/Congreso%201/.../me-sa-b\\_2.p](http://www.congresoretosyexpectativas.UDG.mx/Congreso%201/.../me-sa-b_2.p)>.
- Cole, J.R. y H. Zuckerman. 1984. “The productivity puzzle: Persistence and change in patterns of publication of men and women scientist”, en M.W. Steinkamp y M.

- Maehr, eds., *Advances in motivation and achievement*, vol. 2. Greenwich: JAI Press.
- Cole, S. 1979. "Age and scientific performance", *American Journal of Sociology*, vol. 84, no. 4: 958-977.
- Craswell, J. W. 1986. *Measuring faculty research performance*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Crewe, I. 1988. "Reputation, research and reality: The publication records of UK Departments of Politics, 1978-1984", *Scientometrics*, vol. 14, no. 3: 235-250.
- Franklin, N.M. 1989. *The community of science in Europe: Preconditions for research effectiveness in European Community countries*. Brookfield: Gower.
- Galaz, J. F. 1998. "Sobre la clasificación de las instituciones mexicanas de educación superior", *Revista de la Educación Superior*, vol. 27, no. 106.
- González-Brambila, C. y M. F. Veloso. 2007. "The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers", *Research Policy*, vol. 36, no. 7: 1035-1051.
- Grediaga Kuri, R. 2006. "Las políticas hacia los académicos en las últimas décadas. Cambios en la regulación de las trayectorias y el sistema de reconocimiento y recompensas de la profesión académica en México", *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, vol. 2 (enero-junio): 1-72.
- Hadjinicola, G.C. y A.C. Soteriou. 2006. "Factors affecting research productivity of production and operations management groups: An empirical study", *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, vol. 2006. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1155/JAMDS/2006/96542>>.
- Ibarrola, M. 1992. "Ecología de la academia en México y Europa occidental", *Avance y Perspectiva*, vol. 11 (julio-agosto).
- Jacobson, R.L. 1992. "Colleges face new pressure to increase faculty productivity", *Chronicle of Higher Education*, vol. 38, no. 32: 16-18.
- Jordan, M.J., M. Meador y S.J. Walters. 1988. "Effects of department size and organization on the research productivity of academic economists", *Economics of Education Review*, vol. 7, no. 2: 252-255.
- Kotrlík, J.W., J.E. Bartlett, C.C. Higgins y H.A. Williams. 2002. "Factors associated with research productivity of Agricultural Education Faculty", *Journal of Agricultural Education*, vol. 43, no. 3: 1-10.
- Kyvik, S. 1990. "Age and scientific productivity. Differences", *Higher Education*, vol. 19, no. 1: 37-55.
- Lehman, H.L. 1953. *Age and achievement*. Princeton: Princeton University Press.
- Maldonado, A.M. 2010. "Salarios de académicos de instituciones de educación superior en México comparado con treinta países", XI Congreso Nacional de Investigación Educativa, en <[http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area\\_16/2395.pdf](http://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v11/docs/area_16/2395.pdf)>.

- Melguizo, T. y H.M. Strober. 2007. "Faculty salaries and the maximization of prestige", *Research in Higher Education*, vol. 48, no. 6: 633-668.
- Nature. 2010. "Publish or perish", *Nature*, vol. 467, no. 7313 (septiembre): 252. doi: <10.1038/467252a>.
- OECD. 2002. *Steering and funding of research institutions. governance of science systems: New challenges*. París: OECD.
- Pelz, D.C. y F.M. Andrews. 1966. *Scientists in organizations: productive climates for research and development*. Oxford: John Wiley and Sons.
- Pfeffer, J. y N. Langton. 1993. "The effect of wage dispersion on satisfaction, productivity, and working collaboratively: Evidence from college and university faculty", *Administrative Science Quarterly*, vol. 38, no. 3: 382-407.
- Santiago Rodríguez, F. 2006. "Valoración del Sistema Nacional de Investigadores", en *Diagnostico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000-2006)*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Stack, S. 2004. "Gender, children and research productivity", *Research in Higher Education*, vol. 45, no. 8: 891-920.
- Stephen, C. y J. R. Cole. 1967. "Scientific output and recognition: A study in the operation of the reward system in science", *American Sociological Review*, vol. 32, no. 3: 377-390.
- Vega y León, Salvador. 2003. *Sistema Nacional de Investigadores. Retos y perspectivas de la ciencia en México*. México: UAM.

*Para citar este texto:*

Rodríguez Miramontes, Jorge; González Brambila, Claudia N.; Maqueda Rodríguez, Gabriela. 2017. "El Sistema Nacional de Investigadores en México: 20 años de producción científica en las instituciones de educación superior (1991-2011)". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 187-219.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57890>

# Estudio métrico sobre la actividad investigadora usando el software libre R: el caso del sistema universitario gallego

Javier Tarrío-Saavedra\*  
Elena Orois\*\*  
Salvador Naya\*

*Artículo recibido:*  
28 de mayo de 2015  
*Artículo aceptado:*  
28 de octubre de 2016

## RESUMEN

Este trabajo representa una nueva alternativa para el estudio, clasificación y comparación de la producción científica de centros de investigación, utilizando las funciones de tratamiento de datos del paquete Citan del software estadístico R. En particular, se muestra el análisis bibliométrico de las publicaciones de las universidades de A Coruña, Santiago de Compostela y Vigo, en el periodo 2000-2011, recopiladas por la base de datos Scopus. Entre las técnicas usadas se aplicaron modelos de Lotka y Price, modelización no paramétrica y paramétrica de los datos, así como el cálculo y

\* Escola Politécnica Superior, Universidade da Coruña. javier.tarrío@udc.es, salva@udc.es.

\*\* Servicio de Biblioteca, Universidade da Coruña. elena.orois@udc.es.

análisis de indicadores de la cantidad y calidad de la producción científica, los índices  $h$  y  $g$ , y otros menos conocidos como los  $rp_1$ ,  $l_p$ ,  $Ge_1$ ,  $Ge_5$  y  $Sl_{p1}$ . Como novedad, se propone una variante del índice  $h$  ( $h_h$ ) que define el grupo de investigadores que forman la élite más productiva de cada universidad y estima su calidad investigadora.

**Palabras clave:** Bibliometría; Cienciometría; Índice  $h$ ; Índice  $g$ ; Scopus; Software R; Comunicación científica.

**Metric study of the research activities using free software R: The case of Galician university system**

*Javier Tarrío-Saavedra, Elena Orois and Salvador Naya*

**ABSTRACT**

This work represents a new alternative for the study, classification and comparison of the scientific production corresponding to research entities. It consists on the application of statistical data processing functions available in the R software's Citan package. In particular, the bibliometric study of publications of universities of A Coruña, Santiago de Compostela and Vigo, in the period 2000-2011, compiled by the Scopus database. The study was conducted using the statistical analysis of the data, the application of models of Lotka and Price, nonparametric and parametric modeling (Pareto) of the data, and the calculation and analysis of indicators of the scientific production like the  $h$  and  $g$  indexes, and others lesser known as  $rp_1$ ,  $l_p$ ,  $Ge_1$ ,  $Ge_5$  and  $Sl_{p1}$ . A novelty consists in a variant of the  $h$  index ( $h_h$ ) that defines the group of researchers who are the most productive of each university, the elite, and estimates the researching quality of such representative elites.

**Keywords:** Bibliometrics; Scientometrics;  $h$  index;  $g$  index; Scopus; Software R; Science communication.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de conocer y evaluar con precisión la actividad investigadora de las universidades es un problema que ocupa y preocupa no sólo a las instituciones involucradas, sino también al resto de la sociedad, en tanto son instituciones públicas. En este estudio se propone el uso del software libre R para analizar la producción científica de las tres universidades gallegas.

Tradicionalmente, dentro de las ciencias de la documentación se diferencian tres tipos de disciplinas dedicadas a la métrica de la información: Bibliometría, Cienciometría e Informetría. Estas tres herramientas del tratamiento de la información documental presentan características comunes y cierto solapamiento en relación con el flujo de información y a los modelos que utilizan. En muchos trabajos cuyo objeto es la literatura científica, la Bibliometría, la Cienciometría y la Informetría aparecen situadas al mismo nivel, llegándose en algunos casos al extremo de considerar estos conceptos como sinónimos, dificultando la identificación de sus límites y alcance respectivos. Aun así, es posible encontrar algunas definiciones que permiten situar las fronteras entre los mencionados conceptos.

El primero en hablar de Bibliometría fue Pritchard (1969), quien la concibe como “la aplicación de las matemáticas y los métodos estadísticos a los libros y otros medios de comunicación”. Por otra parte, Brookes (1990), quien realizó importantes aportaciones a la idea de la obsolescencia de la literatura científica, él entiende la Bibliometría como “una disciplina limitada a la actividad bibliotecaria que debe enriquecerse mediante las relaciones interdisciplinarias con la estadística para refinar sus técnicas”. En este sentido, la Bibliometría tendría por objeto analizar libros y revistas científicas y, principalmente, comprender las actividades de comunicación de la información. Quizás la mejor definición sea la que aporta Alcaín (1991), quien enuncia que la Bibliometría es la disciplina que “comprende estudios dirigidos a conocer el rendimiento de los fondos de publicaciones científicas, así como la selección y el consumo por parte de los usuarios”.

Por otra parte, las primeras menciones a la Cienciometría se encuentran en un trabajo de Hulme (1923), en el que se realiza un análisis estadístico de la historia de las ciencias. Sin embargo, la popularidad de esta disciplina surgió a partir de 1977, con el nacimiento de la revista *Scientometrics*. La Cienciometría alcanzó un gran desarrollo con los trabajos de Eugene Garfield (1995). A partir de la aparición de la obra de Price en 1963 (*Little Science, Big Science*[1973]), nace y se desarrolla un nuevo campo en las ciencias documentales: el análisis estadístico y sociométrico de la literatura científica, denominado Cienciometría “cuando los estudios se realizan sobre la

producción y productividad de los autores científicos y organismos de investigación”. Una definición tentativa de Cienciometría podría ser “ciencia de la ciencia”.

El término Informetría comienza a utilizarse a partir de los años ochenta. Spinak (1996) enuncia que la Informetría se basa en las investigaciones de la Bibliometría y la Cienciometría, comprendiendo tareas como el desarrollo de modelos teóricos para la medida de la información. Mediante su aplicación, se busca encontrar, definir y caracterizar regularidades, patrones, asociaciones en los datos relacionados con la producción y el uso de la información registrada. Además de la medición de la información, la Informetría también se ocupa de su almacenamiento y recuperación; por lo tanto, diríase que es una disciplina instrumental de las ciencias de la documentación, que se apoya en el empleo de las herramientas informáticas.

Posteriormente, en los noventa, con la aparición y el desarrollo de la Internet como instrumento de comunicación científica, han surgido estudios cuantitativos cuyo objeto es la información electrónica contenida en el ciberespacio: Cibermetría y Webmetría. De nuevo nos encontramos ante términos utilizados como sinónimos, si bien el campo de la Cibermetría se considera más amplio, ya que comprende el estudio de los aspectos cuantitativos de la construcción y uso de los recursos de información, estructuras y tecnologías en la Internet, desde perspectivas bibliométricas e informétricas.

Mientras que la Webmetría se circunscribe a portales de información o webs concretas, como el estudio métrico de la información de una web en particular. En estos nuevos análisis, el impacto que suponían las citas en el formato impreso se sustituye básicamente por la medición de la cantidad y calidad de los enlaces presentes en la web.

Finalmente, en el 2010 apareció el concepto de Altmetrics, como la creación y el análisis de nuevas métricas basadas en la web social, para analizar y evaluar a los investigadores. Aquí los nuevos indicadores son las valoraciones que las contribuciones reciben por parte de otros usuarios en la web social, por ejemplo, los “me gusta” de Facebook.

Entre los indicadores más utilizados actualmente en el campo de la Bibliometría están dos muy importantes que se calculan y analizan en este artículo: el índice h y el índice g. El primero fue propuesto por Jorge E. Hirsch (2005) y se define como un número H que coincide con mayor número de publicaciones de ese autor que recibieron al menos H citas. Un índice  $H = X$  significa que hay X artículos con X o más citas, pero no X+1 que tengan X+1 o más citas (Arencibia y Carvajal, 2008).

Al igual que con el cálculo del índice h, para obtener el índice g se listan los artículos de un autor en orden descendente, de acuerdo con el número

de citas recibidas. El mayor número de orden en el listado, donde la suma de las citas recibidas por el autor sea mayor o igual al cuadrado del número de orden, será considerado el índice G de dicho autor (Arencibia y Carvajal, 2008).

El índice g fue creado por Leo Egghe (2006) y se define como el (único) número G más grande, de tal manera que los artículos menores que G recibieron (en conjunto) al menos  $G^2$  citas. El índice g mantiene todas las propiedades positivas del índice h y las mejora, al contemplar todas las citas de los artículos más citados, propiedad que permite distinguir entre científicos con índices h muy similares, pues el número g es mayor y más variable que el h.

Aparte de los índices h y g, en los últimos años se han desarrollado multitud de nuevos números índice de agregación. En este trabajo se incluyen los índices  $SL_{p1}$  (estadístico cuasi L), el  $l_p$  (ideal para evaluar a productores de literatura científica todavía con escasa producción), los índices  $Ge_1$  (número de artículos con al menos una cita) y  $Ge_5$  (número de artículos con al menos cinco citas) y, por último el  $r_p$  (generalización del índice h y g). Además de estos últimos, todo análisis bibliométrico debería completarse con el cálculo de otros índices más tradicionales, como el número total de documentos producidos, el número máximo de citas a un documento producido y el número total de citas recibidas al conjunto de todos los documentos relativos al centro de investigación estudiado. Seguidamente se muestran las expresiones matemáticas de las diversas funciones de impacto introducidas, en las cuales x es el número de citas de cada documento producido. Para más información consúltese el trabajo de Gagolewski (2011).

$$\begin{aligned}
 h(x) &= \max\{i = 0,1, \dots, n: x_{(n-i+1)} \geq i\} / X \in \mathbb{N}_0^n \\
 g(x) &= \max\left\{i = 0,1, \dots, n: \sum_{k=1}^i x_{(n-i+1)} \geq i^2\right\} / X \in \mathbb{N}_0^n \\
 Ge_1 &= \sum_j \mathbb{I}_{\{x_j \geq 1\}} ; Ge_5 = \sum_j \mathbb{I}_{\{x_j \geq 5\}} ; SL_{p1} = \sum_j \ln(x_j + 1) ; l_p = \operatorname{argsup}\{ab: e^{p \cdot a \cdot b}\} \\
 r_p(x, p) &:= \sup\{r > 0: s^{p,r} \sqsubseteq x\} \vee X \in \mathbb{N}_0^n \text{ y } s^{p,r} \in \mathbb{N}_0^{|r|} \text{ con } r > 0, \text{ siendo} \\
 s^{p,r} &= \begin{cases} \sqrt[p]{r^p - 0^p}, \sqrt[p]{r^p - 1^p}, \dots, \sqrt[p]{r^p - [r-1]^p} & \text{si } p < \infty \\ (r, r, \dots, r) & \text{si } p = \infty \end{cases}
 \end{aligned}$$

En este trabajo se incluye la modelización de la producción científica recopilada en la base de datos Scopus, para lo cual se aplican y evalúan los conocidos modelos de Price (1973) y Lotka (1926). La Ley de Price de crecimiento exponencial enuncia que la ciencia crece a interés compuesto,

multiplicándose por una cantidad determinada en periodos iguales de tiempo, donde  $N$  es el número de publicaciones en un periodo determinado,  $t$  es el tiempo y  $b$  es un parámetro del modelo relacionado con la velocidad de crecimiento. Respecto de la ley de Lotka, es el modelo de regresión no lineal que relaciona el número de autores con su productividad: “El número de autores,  $A_n$ , que publican  $n$  trabajos sobre una materia es inversamente proporcional al número de artículos al cuadrado”. Implica que muy pocos autores publican la mayoría de los trabajos. El valor de los parámetros pertenecientes a los dos modelos mencionados permite no sólo definir la relación entre variables bibliométricas, sino que, de la misma forma, aporta una información muy valiosa acerca de la producción científica en las entidades de investigación analizadas, haciendo la comparación entre sí.

Las tres universidades aquí examinadas desde un punto de vista bibliométrico son las que conforman el Sistema Universitario de Galicia (SUG): la Universidad de Santiago de Compostela (USC), la Universidad de A Coruña (UDC) y la Universidad de Vigo (UVigo), siendo las tres instituciones de referencia representativas de cada ciudad donde se ubican, poseen una historia y circunstancias diferentes, en particular si se compara la USC respecto de las demás. De hecho, esta universidad se creó en 1495, lo que la convierte en una de las más antiguas de España, siendo una universidad de amplia tradición institucional y formativa, con titulaciones fuertemente implantadas y reconocidas, como Medicina o Derecho.

Por otro lado, las universidades de A Coruña y Vigo se fundaron hacia 1990 mediante la Ley 11/1989, de 20 de julio, de ordenación del sug. Pero, además de su relativa juventud, éstas también tienen en común el estar ubicadas en ciudades industriales y comerciales portuarias, de similar tamaño y estructura (no son capital de comunidad autónoma).

En cualquier caso, las tres instituciones de educación superior reciben la mayor parte de su financiación de la Xunta de Galicia, en función de unos indicadores preestablecidos, de ahí la importancia de conocer la productividad de esas universidades para valorar su contribución al desarrollo de la ciencia y, por tanto, de la comunidad donde están y, en definitiva, la eficiencia de la inversión pública realizada.

Así, mediante la descripción, comparación, modelización y evaluación estadística de la actividad investigadora de las tres universidades gallegas y sus colaboradores durante el periodo 2000-2011, intentamos conocer y evaluar de forma precisa su producción científica, analizar sus problemas y detectar sus ventajas competitivas. La metodología aquí propuesta puede aplicarse perfectamente a los datos de producción de cualquier otro centro universitario, de un modo rápido y eficiente.

Este trabajo está estructurado como se indica: en el segundo apartado se presenta una breve descripción de las herramientas y la metodología definidas para el estudio bibliométrico comparativo, en el tercer apartado se muestran y comentan los resultados obtenidos a partir de su aplicación y, finalmente, en el cuarto acápite se enuncian las conclusiones principales y recomendaciones.

## HERRAMIENTAS Y METODOLOGÍA

Como ya dijo, la necesidad de conocer y evaluar de manera precisa la actividad investigadora en estas tres universidades gallegas, analizar sus debilidades y detectar sus fortalezas obliga al uso de herramientas estadísticas. El objetivo básico de este trabajo es describir, comparar, modelizar y evaluar estadísticamente la actividad investigadora de las tres universidades gallegas y sus colaboradores en el periodo 2000-2011, mediante la aplicación de paquetes estadísticos pertenecientes al software libre R. En particular, mediante el uso de la librería CITation ANalysis toolpack (Citan), desarrollada por Gagolewski. La metodología empleada se muestra a continuación.

### *Obtención de datos*

Para realizar el análisis, es necesario contar con una base de datos bibliográfica que recoja de forma fiable la producción de los centros de investigación en cuestión. SciVerse Elsevier Scopus es la base de datos bibliográfica general escogida, ya que comprende un mayor número de fuentes o publicaciones con sistema de revisión entre pares. De hecho, según la Academic Database Assessment Tool (ADAT), el 1º de enero de 2014, Scopus indexaba veinte mil revistas científicas con revisión entre pares y 370 “book series”, pertenecientes a cinco mil editores diferentes (Elsevier, Springer-Verlag, Kluwer Academic Publishers, entre otros) (Center for Research Libraries, 2014).

Cada fuente de Scopus está caracterizada con cuatro dígitos All Science: Journal Classification (ASJC) que determinan su temática o categoría principal. Así, la secuencia 1,200 corresponde a “Arts and Humanities”, la 1,600 a “Chemistry”, y así por el estilo.

En la base de datos Scopus, cada referencia está definida por una serie de campos, catorce de los cuales son reconocidos y utilizados por el paquete Citan del software estadístico R: Authors, Title, Year, Source Title, Volume, Issue, ArticleNumber, PageStart, PageEnd, Citations, UniqueId, issn, Language and DocumentType.

Scopus utiliza la siguiente clasificación de tipología documental, que posteriormente se empleará para resumir y analizar estadísticamente la producción científica: “Article” (ar), “Conference paper” (cp), “Review” (re), “Short survey” (sh), “Article-in-Press” (ip), “Note” (no), “Erratum” (er), “Editorial” (ed), “Letter” (le).

Esta base de datos ofrece una serie de aplicaciones para el tratamiento estadístico descriptivo de los datos bibliográficos, pero, al igual que ocurre con otras bases de datos, como la Web of Science, el manejo de la información está limitado a un número máximo de referencias. En el caso particular de Scopus, aunque hoy se exportan hasta un máximo de veinte mil registros en formato .csv, cuando realizamos este artículo el tamaño máximo se limitaba a dos mil referencias, lo que obligó a exportarlos en bloques de dos mil registros y posteriormente unirlos para obtener una única base de datos con las publicaciones de las tres instituciones educativas.

La posibilidad de exportar registros en formato .csv permite el análisis de la producción científica de centros de investigación de gran magnitud, como es el caso de las universidades o de los países. De ahí el uso de un programa estadístico externo que permita la formación de la base de datos requerida y su posterior tratamiento estadístico está totalmente justificado, atendiendo a las necesidades actuales de control y evaluación de la rentabilidad de la producción científica.

La búsqueda en Scopus se realizó indicando todas las posibles variables en los nombres de los centros. En este caso, fue relativamente sencillo obtener un conjunto de datos fiable de la USC y UVigo, mas no así en el caso de la UDC, debido a las variantes ortográficas del nombre en las diferentes lenguas utilizadas por los autores (gallego, inglés y español) y a la carencia de un criterio único para utilizar el nombre de la institución de forma normalizada.

Cabe destacar que la información recogida, en particular la que alude al número de citas de cada documento, se obtuvo a partir del 2 de junio de 2012. La elección de este periodo se debe a la falta de fiabilidad en los datos de las referencias más recientes, pues normalmente los índices de impacto, como el jcr, o la misma incorporación de publicaciones a las bases de datos se hizo con un cierto retraso de un año, por lo que los datos del 2013 estarían disponibles a mediados del 2014.

### *Tratamiento estadístico de los datos*

El uso de las herramientas estadísticas es absolutamente necesario en el tratamiento de información bibliométrica. Al respecto, R es un software libre,

considerado como la *lingua franca* de la estadística computacional, con la ventaja de disponer de la más completa oferta de librerías para la aplicación del análisis estadístico de datos: regresión lineal y no lineal, paramétrica y no paramétrica, análisis de la varianza, estadística espacial, análisis de datos funcionales, series de tiempo, reducción de dimensión, reconocimiento de patrones, minería de datos, entre otros.

Como ya se comentó, en el caso del análisis bibliométrico se recurrió a la librería Citan, usando la base de datos Scopus. Seguidamente se muestra la secuencia comprendida entre la instalación del paquete Citan y la obtención de la base de datos, a partir de la cual se realizó el estudio bibliométrico:

- Se instala el paquete Citan en R, mediante la función `install.packages()`.
- Seguidamente se carga Citan, `library(Citan)`.
- Se crea una conexión con una base de datos llamada `Baseudc.db`: `conn<-lbsConnect("Baseudc.db")`.
- Se crea el esquema o base de datos relacional: `lbsCreate(conn)`.
- Se importan las fuentes Scopus: `Scopus_ImportSources(conn)`.
- Se van importando los datos de cada consulta en formato csv: `data<-Scopus_ReadCSV("UDC_New_1.csv")`.
- Y se adjuntan en una base de datos relacional llamada `Resultsudc`: `lbsImportDocuments(conn, data, "Resultsudc")`.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Estudio estadístico descriptivo*

Una vez obtenida una base de datos fiable, correspondiente a cada universidad durante el periodo 2000-2011, se procede a realizar el análisis estadístico de su producción científica, mediante el uso de las funciones pertenecientes al paquete Citan de R. El primer paso en un análisis de estas características es el estudio descriptivo de los datos. La función `lbsDescriptive`.

`Stats(conn,surveyDescription="ResultsUDC")` de la librería Citan proporciona un completo y útil punto de partida para el análisis bibliométrico, obteniéndose resultados vinculados con la producción científica, según el tipo de documentos, producción de los autores, categoría de documentos y antigüedad. La aplicación a los datos de cada una de las universidades proporciona una serie de salidas en forma de cuadros y gráficos que se muestran a continuación y que, convenientemente modificadas, sirven para comparar la producción de las tres instituciones.

Los primeros resultados obtenidos se refieren a la producción total de los centros en el periodo estudiado, es decir, el número de documentos donde al menos uno de los autores está afiliado a la universidad examinada. Además, esta primera salida proporciona el número de autores participantes, obviamente no sólo los que presentan afiliación al centro educativo en cuestión, sino el número total de autores que elaboraron los documentos analizados, la red de investigación completa, incluyendo los colegios invisibles de cada universidad gallega.

Concretamente, en el caso de la USC, los artículos obtenidos a partir de la base de datos Scopus fueron 10,095, cuya autoría corresponde a un total de 19,492 firmantes, lo que proporciona una ratio de 0.19 documentos por autor. En cuanto a la UDC, los documentos analizados y el número de autores ascienden a 4,080 y 6,206, respectivamente, resultando una ratio de 0.66 documentos por autor.

Finalmente, en lo que respecta a la UVigo, se identificó un total de 8,230 documentos, correspondientes a 10,817 autores (0.76 documentos por autor). Por lo tanto, es evidente que la universidad que genera más documentos es la USC (de hecho, duplica a las demás), aunque las más productivas son las más recientes, es decir, la UVigo y la USC, por este orden y a una distancia relativa de la primera.

A esta altura, conviene destacar las dificultades que, para obtener una base de datos completa y fiable, origina el uso por parte de los autores de distintas denominaciones para indicar su afiliación; este problema es especialmente acuciante en el caso de la Universidad de A Coruña. El uso de la denominación oficial traducida a distintas lenguas (español, gallego, inglés, francés...), la sustitución de la “ñ” por la “n”, la omisión del artículo, incluso la sustitución de toda referencia a la universidad, empleando en su lugar el nombre del campus (Ferrol, por ejemplo) o del centro de trabajo, dificultan la recuperación de la información.

En definitiva, el uso de la denominación oficial de cada universidad debería ser norma para evaluar con mayor fiabilidad y eficiencia su producción científica, previniendo la pérdida de tiempo y recursos relacionados con el filtrado y tratamiento previo de la base de datos.

Una vez contabilizados los documentos y autores pertenecientes a la red de investigación de cada universidad gallega, el siguiente paso fue calcular y describir su distribución de la producción científica, según la categoría del documento dentro de la clasificación que utiliza Scopus (Física y Astronomía, Matemáticas, Medicina, etc.). Esto se hace de un modo sencillo y claro, mediante la construcción de diagramas de sectores, en los que cada campo representa una categoría Scopus o campo de la ciencia. La *Figura 1* muestra

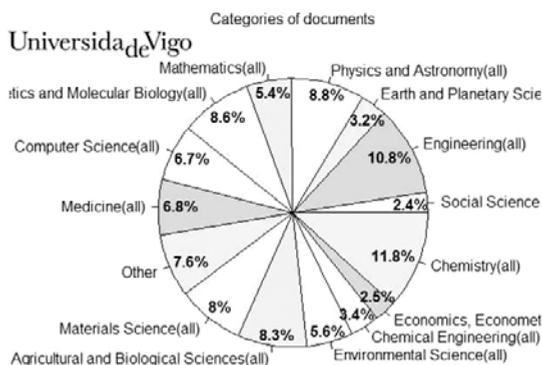
los diagramas de sectores para cada universidad, en donde se observa la distribución de su producción científica por categoría, en porcentajes.

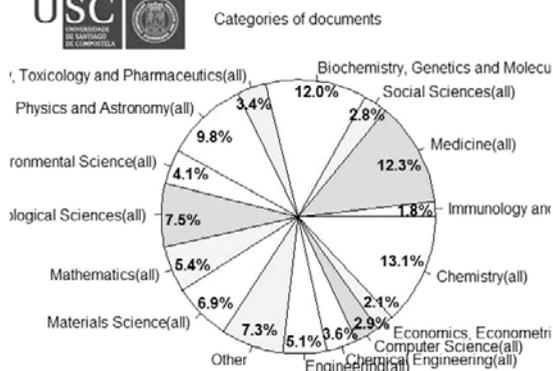
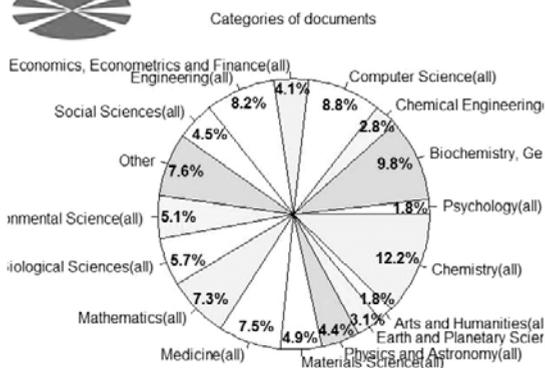
Destaca que “Chemistry” (Química) es la categoría con más relevancia, o lo que es lo mismo, con mayor producción, en las tres universidades; más importante resulta si se estudia en conjunto con la categoría “Biochemistry, Genetics and Molecular Biology” (Bioquímica, Genética y Biología Molecular). Esto no es en absoluto un hecho aislado o un resultado sorprendente, pues es bien conocido que hay categorías con mayor producción que otras, ya sea por el número de fuentes existentes, número de investigadores, condicionantes políticos y económicos, etc., siendo la química, en general, una de las categorías más productivas.

Aparte de esta última circunstancia, se observa la existencia de una serie de categorías “franquicia”, características de cada universidad, con una importancia mayúscula en su producción. Éstas son Engineering (Ingeniería) en la UVigo, Medicine (Medicina) en la USC y Computer Science (Informática) en la UDC. Esta importancia relativa deriva de la existencia de facultades y escuelas únicas en cada universidad, marcando fuertemente el carácter de cada cual: las ciencias de la vida en la USC (médico, químico, bioquímico), un perfil más ingenieril en la UDC y, sobre todo, en la UVigo.

Otro resultado interesante es el hecho del poco peso que las humanidades y las ciencias sociales ocupan en el sistema universitario gallego, en comparación con las restantes ramas. Para ilustrar las salidas propias de la librería Citan de la forma más fiel posible, en lo sucesivo los gráficos resultantes se muestran en su versión original, con leyendas y textos en inglés.

Figura 1. Diagrama de sectores: distribución de los documentos, según categoría Scopus o campo de la ciencia, para la UVigo, UDC y USC

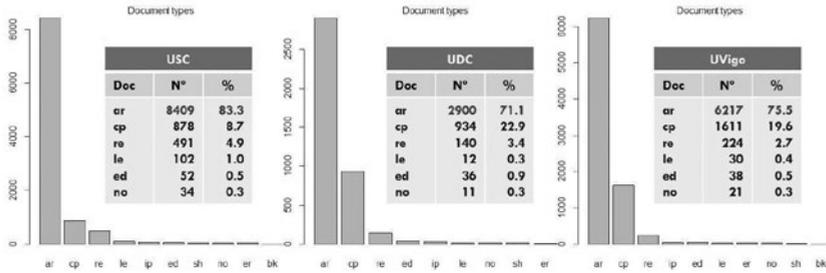




Aparte de la distribución de los documentos según sus categorías, para una completa comparación entre centros, también es importante caracterizar su distribución respecto del tipo de documento. La *Figura 2* es un diagrama de barras que muestra este tipo de distribución para las tres universidades gallegas; así, en ordenadas se muestra la frecuencia o número de documentos, y en abscisas el tipo de documentos.

Además, con el objeto de aportar una información cuantitativa más precisa, se ha modificado el gráfico de salida Citan, incluyendo tablas de frecuencia absoluta y relativa (en porcentaje) para cada universidad. Los resultados contenidos en la *Figura 2* muestran que, en general, el tipo de documento más frecuente, con diferencia, es el artículo de revista o “paper” (ar), seguido, a cierta distancia, del artículo de congreso o “conference paper” (cp). Obviamente, escribir y enviar un artículo es más económico que asistir a un congreso; además, la posibilidad de acceder a una publicación cp no es siempre factible.

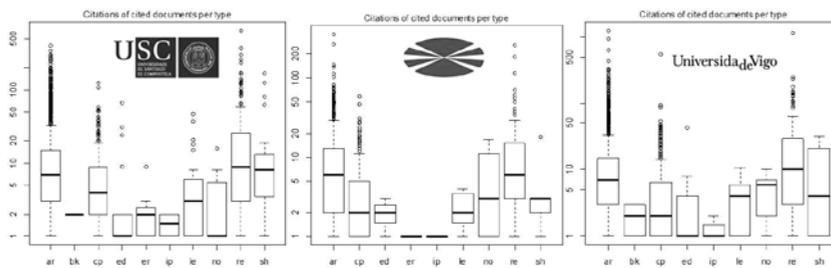
Figura 2. Diagramas de barras: distribución de los documentos, según su tipo



Pero cabe destacar que la proporción de documentos cp es mucho mayor en la UDC y UVigo. Se observa una posible causa en el peso que la ingeniería y la informática desempeñan en estas dos universidades, categorías estrechamente vinculadas a la oferta de una gran cantidad y variedad de congresos científicos, que además presentan una mayor tradición en lo que respecta a la edición y publicación de “proceedings” y números especiales en revistas del campo.

Otro resultado interesante se obtiene cuando, precisamente respecto del tipo de documento, se calcula el número de citas. El resultado se observa en la Figura 3. Como era de esperar, ciertos tipos de documentos tienen mayor número de citas que otros; este es el caso de “reviews” (re), precisamente por mostrar el estado de la cuestión de un tema en particular. Los documentos cuyas etiquetas son “lectures” (le), “notes” (no) y “conference papers” suelen tener menos referencias que los artículos propiamente dichos.

Figura 3. Diagramas de caja, correspondientes al número de citas respecto del tipo de artículo para las tres universidades gallegas

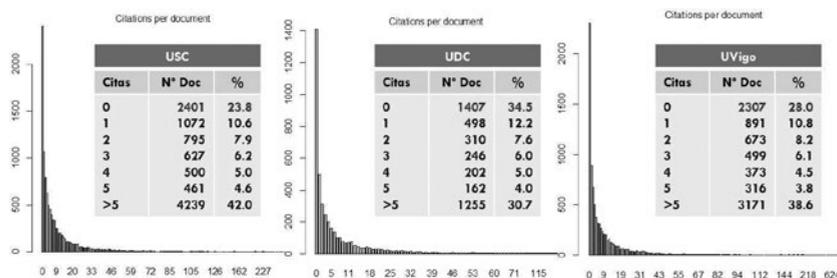


En el caso de los artículos, es paradigmático el hecho de que el número de citas a los mismos sea igual en mediana para las tres universidades (incluso en concepto de dispersión). Sin abandonar el caso de las citas a artículos,

en las tres instituciones educativas se observa una gran cantidad de este tipo de documentos, con un anormalmente alto número de citas respecto de las citas que reciben la mayoría (marcados como círculos sobre las respectivas cajas de los diagramas). Si se compara la magnitud de estos datos atípicos, según la universidad, se observa que, tanto la USC como la UVigo son capaces de producir artículos con un número de citas máximo (en torno a quinientas, o más, en el caso de la UVigo) mayor que la UDC. Esto se traduce en la existencia de una élite de investigadores en la USC y UVigo, capaces de generar artículos que despierten más interés, ya sea por su calidad o debido a la alta producción en el campo de la ciencia donde se publican.

Si se examina la distribución de citas globalmente para cada universidad, sin atender al tipo de documento, se obtienen los resultados descritos en la *Figura 4*, es decir, la distribución del número de artículos, según el número de citas recibidas. Se observa que la USC genera, en número y proporción, más artículos con un alto número de citas que las otras dos universidades; de hecho, el 42% de los artículos producidos por la USC entre el 2000 y 2011 habían recibido más de cinco citas; mientras que sólo el 30.7y el 38.6% de los artículos en la UDC y UVigo, respectivamente, alcanzan ese impacto. Asimismo, se observa una relación inversa para la proporción de artículos con 0 citas: 23.8% para la USC, mientras que este valor es ligeramente mayor para la UVigo, 28 y, sobre todo, la UDC, 34.5%.

Figura 4. Diagramas de barras, correspondientes al número de documentos respecto del número de citas recibidas

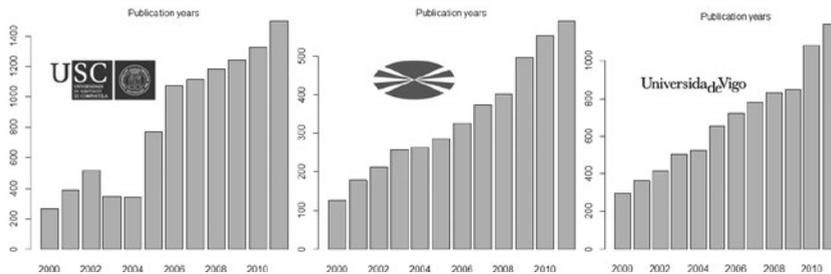


Adicionalmente, dado que el paquete Citan proporciona los agregados totales del número de citas y el número de documentos, se calcularía la proporción de citas por documento de cada universidad, índice que brinda información acerca del impacto de la investigación de una universidad en la comunidad científica y tecnológica. Así, se calcularía este índice de impacto para la USC,  $101628 / 10095 = 10.1$  citas/doc, la UDC,  $26015 / 4080 = 6.4$

citas/doc, y la UVigo,  $78253 / 8230 = 9.5$  citas/doc. Observando estos tres resultados, en términos globales y en el periodo examinado, se infiere que el impacto de los documentos generados por la USC y la UVigo es más o menos el mismo; mientras que la producción de la UDC se sitúa ligeramente por detrás. El hecho de que la distancia entre la USC y la UVigo sea menor respecto de este último índice, se debería quizás a que la UVigo ha producido en este intervalo un considerable número de artículos con un muy alto número de citas, en comparación con la USC.

En un estudio bibliométrico es de suma importancia el cálculo de la producción científica en la escala temporal o, lo que es lo mismo, la distribución del número de documentos, según el año en que se produjeron. La *Figura 5* representa el cálculo de la distribución ya mencionada para cada una de las universidades durante el periodo 2000-2011. En los tres gráficos se observa un ligero estancamiento en el crecimiento de la producción científica en la horquilla comprendida entre el 2003 y 2004.

*Figura 5.* Diagramas de barras, correspondientes al número de documentos respecto del año de producción

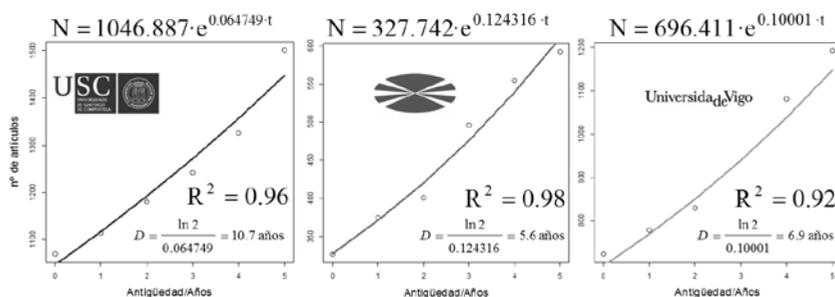


Las razones de esta tendencia quizá obedecen a recortes en número y cantidad financiada de proyectos de investigación sufragados por el Estado, pero también a una disminución del número de fuentes Scopus, pues la permanencia de algunas revistas no es continua, sino que varía a lo largo del tiempo, atendiendo a las políticas de indización. También en las tres universidades se observa un crecimiento exponencial del número de documentos en el intervalo 2006-2011, siendo el aumento en los últimos años especialmente fuerte para la UVigo y la UDC.

Llegado este punto, es necesario ir más allá del examen descriptivo y modelizar la relación entre la producción y el tiempo. En particular se aplica el modelo de crecimiento exponencial de la ciencia o Ley de Price a los datos de cada una de las universidades por separado y en el intervalo 2005-2011, después de la primera saturación de carácter sigmoide.

Se procede al ajuste de regresión no lineal a los datos y se obtienen coeficientes de determinación superiores o iguales a  $R^2 = 0.92$  en todos los casos. Dado que son una medida fiable de la bondad de ajuste, se comprueba que se cumple la Ley de Price de crecimiento exponencial (Figura 6). Los parámetros resultantes de los ajustes del modelo de Price indican que la UDC y la UVigo son instituciones nuevas, con mayor capacidad potencial de crecimiento que la USC, de hecho, el tiempo de duplicación de la producción científica,  $D$ , es ostensiblemente menor (casi la mitad) para las dos primeras respecto de esta última (Figura 6).

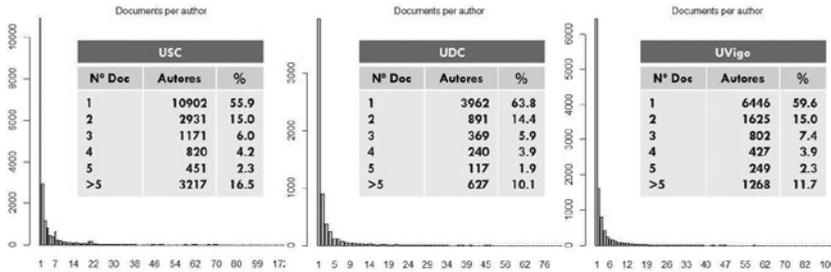
Figura 6. Ajuste del modelo de crecimiento exponencial de Price. Cálculo del tiempo de duplicación,  $D$



La distribución del número de autores, según la cantidad de documentos publicados, es similar en las tres universidades. En lo tocante a la USC, la proporción de autores con más de cinco artículos es ligeramente mayor que en las demás universidades; mientras que la de autores con sólo un artículo es ligeramente menor. Este resultado evidencia que la USC es una universidad más antigua, donde sus investigadores tienen una mayor trayectoria investigadora y, muy probablemente, redes de investigación más consolidadas.

La ley bibliométrica fundamental o modelo de regresión no lineal que relaciona el número de autores con el de documentos que producen es la famosa Ley de Lotka. Por tanto, el siguiente paso de este trabajo es la verificación de dicha ley respecto de los datos experimentales, ajustando el modelo no lineal mediante un algoritmo de optimización global como, por ejemplo, el algoritmo del Nelder Mead (utilizando la función de  $R$  optim), o uno de tipo evolutivo, como el cada vez más utilizado Differential Evolution (mediante la función  $DE$ optim, dentro del paquete homónimo).

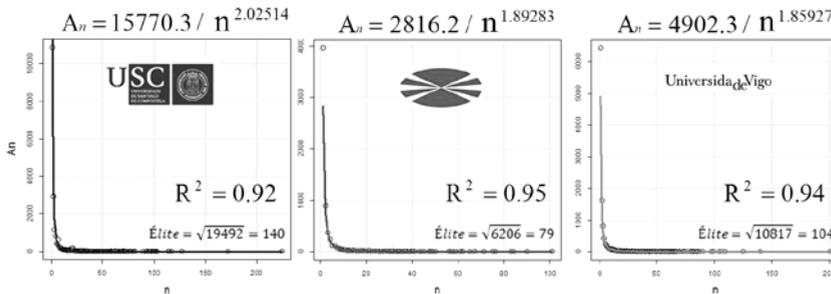
Figura 7. Diagramas de barras, correspondientes al número de autores respecto del número de documentos producidos por aquéllos



En todos los casos, se han obtenido coeficientes de determinación superiores o iguales a  $R^2 = 0.92$ , o lo que es lo mismo, mediante el modelo se explica al menos el 92% de la variabilidad total de los datos. Además, se obtiene que el parámetro  $m$ , correspondiente al exponente de la ley, es muy próximo al 2 teórico característico de su expresión tradicional. Por lo tanto, se comprueba el cumplimiento la Ley de Lotka en el intervalo 2000-2011.

En la *Figura 8* se observan los resultados obtenidos del ajuste de los datos. Así, el número de autores de la UVigo y de la UDC decrecen más lentamente respecto del número de documentos publicados que el número de autores en la USC. Ello significa que tiende a haber una mayor igualdad u homogeneidad en lo que respecta a la producción de los autores de las universidades más jóvenes, UDC y UVigo.

Figura 8. Resultados de la aplicación de la Ley de Lotka a los datos correspondientes a cada universidad



Para completar la información proporcionada por la Ley de Lotka, es usual aportar los resultados obtenidos de la estimación del tamaño o número de autores que forman la élite de la universidad y su red de investigación. Se

ha estimado mediante el cálculo de la raíz cuadrada del número total de autores, resultando la siguiente secuencia (siempre en torno a un valor de 100): tamaño élite (USC) > tamaño élite (UVigo) > tamaño élite (UDC). Cabe destacar que, aunque la UVigo y la UDC presentan un tamaño similar en cuanto al número de profesores, la red de investigación es mayor en la UVigo (investigadores y colegios invisibles) y, por ende, también el número de investigadores que forman parte de su élite.

En el *Cuadro 1* se muestran los diferentes índices bibliométricos calculados para cada una de las universidades. Conviene destacar que los índices elegidos, usualmente aplicados a los datos de producción científica de investigadores de manera individual, en la metodología que en este trabajo se propone se estiman para el conjunto de cada universidad.

Así, se aprovechan todas las ventajas del uso de esos índices para la evaluación de la calidad investigadora y, en consecuencia, para la comparación, no sólo de investigadores, sino de grupos, laboratorios, universidades o entidades mayores. En el *Cuadro 1* se observa que, si bien tienen similar orden de magnitud en los tres centros, la USC presenta por lo general índices más altos que las demás instituciones, ya sea que se calcule el número de citas totales, el número de documentos producidos, los índices h y g, etc.

*Cuadro 1.* Indicadores bibliométricos obtenidos para cada universidad dentro del periodo 2000-2011

| Índice                               | USC      | UDC     | UVigo    |
|--------------------------------------|----------|---------|----------|
| Nº de documentos                     | 10,095   | 4,080   | 8,230    |
| Max nº citas                         | 653      | 360     | 1,246    |
| Suma de citas                        | 101,628  | 26,015  | 78,253   |
| h                                    | 93       | 49      | 86       |
| g                                    | 136      | 71      | 145      |
| rp <sub>1</sub>                      | 93       | 49      | 86       |
| l <sub>1</sub>                       | 332.6    | 175.5   | 282.4    |
| l <sub>inf</sub>                     | 172.8    | 92.09   | 147.5    |
| Ge <sub>1</sub>                      | 7,694    | 2,673   | 5,923    |
| Ge <sub>5</sub>                      | 1,997    | 619     | 1,496    |
| SL <sub>p1</sub>                     | 16,057.1 | 5,050.3 | 12,067.1 |
| h <sub>h</sub> = N autores con h ≥ N | 21       | 15      | 19       |

Los resultados indican que la USC tiene una mayor producción científica que las demás universidades y un mayor impacto en la comunidad científica. La USC es una universidad más consolidada, antigua, más asentada y conocida que la UDC o la UVigo. Sin embargo, tanto el número máximo de citas recibidas por un documento, como el índice g, han resultado mayores en la UVigo. Esto último debido al gran impacto (representado por un elevado número de citas) que presentan ciertos artículos de la UVigo.

Como se verá más adelante, la existencia de estos artículos se relaciona con el trabajo de investigadores de especial relevancia en campos de la ciencia muy populares en los últimos años, como la nanotecnología. Como comentario final, es especialmente relevante el hecho de que los índices calculados para la USC son muy semejantes a los de la UVigo, sobre todo si comparamos estas diferencias con las existentes respecto de la UDC, situada en tercer lugar, según todos los índices.

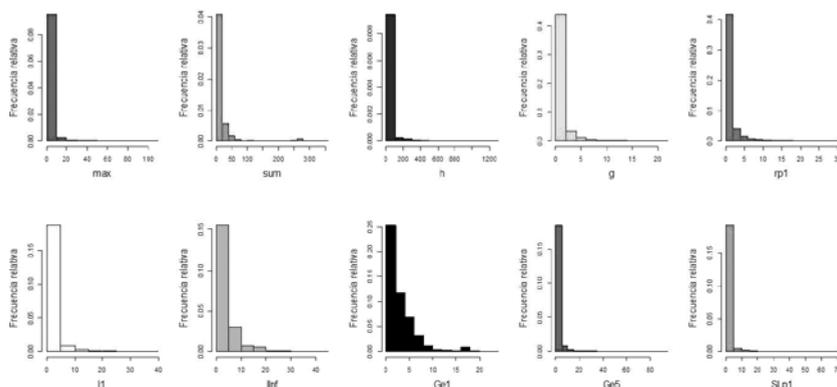
Es especialmente reseñable el cálculo del último índice de la tabla,  $h_b$  = el máximo número  $N$  de autores con al menos un número  $b$  igual a  $N$ . El índice bibliométrico definido como  $h_b$  es una variante del índice  $h$  que se estima y presenta por primera vez en este trabajo, y que define el grupo de investigadores que forman la élite más productiva de cada universidad  $y$ , a su vez, mide la calidad investigadora de esas élites representativas. Su expresión matemática es la siguiente, en la cual  $h$  es ahora el número  $h$  de cada autor perteneciente a las universidades examinadas,  $H$  el número  $h$  entendido como variable aleatoria,  $i$  es el número de orden y  $n$  el número total de autores.

Los valores resultantes de este índice indican que la élite de la USC es más numerosa y de mayor calidad que la compuesta por las otras dos universidades. De hecho, un  $h_b$  (USC) = 21 significa que hay al menos 21 investigadores de la USC que poseen un índice  $h$  21, quedando el límite de entrada en la élite fijado en  $h = 21$ . Así, tanto el límite de entrada, como el número de investigadores que lo franquean, es más alto en la USC que en las demás universidades. El límite de inclusión en la élite de la UVigo es ligeramente más bajo,  $h_b$  (UVigo) = 19, siendo igualmente menor el número de sus componentes, 19. De nuevo se observa que la UDC queda ligeramente desmarcada de las demás:  $h_b$  (UDC) = 16, es decir, hay 16 investigadores definidos por un número  $h$  16. Conviene subrayar de nuevo que los datos analizados se refieren únicamente al periodo 2000-2011.

### ***Estudio estadístico inferencial***

Como a cada autor de las universidades aquí investigadas le corresponde un valor de cada tipo de índice, y dado que cada institución educativa está compuesta por un gran número de autores diferentes, los índices bibliométricos se entenderían y estudiarían como variables aleatorias, cuyos valores estén definidos por una determinada distribución de probabilidad. En la *Figura 9* se muestran los histogramas correspondientes a los valores de los distintos números índice bibliométricos, calculados a partir de los autores de la UDC.

Figura 9. Histogramas de los indicadores bibliométricos obtenidos a partir de los datos correspondientes a los investigadores de la udc durante el periodo 2000-2011

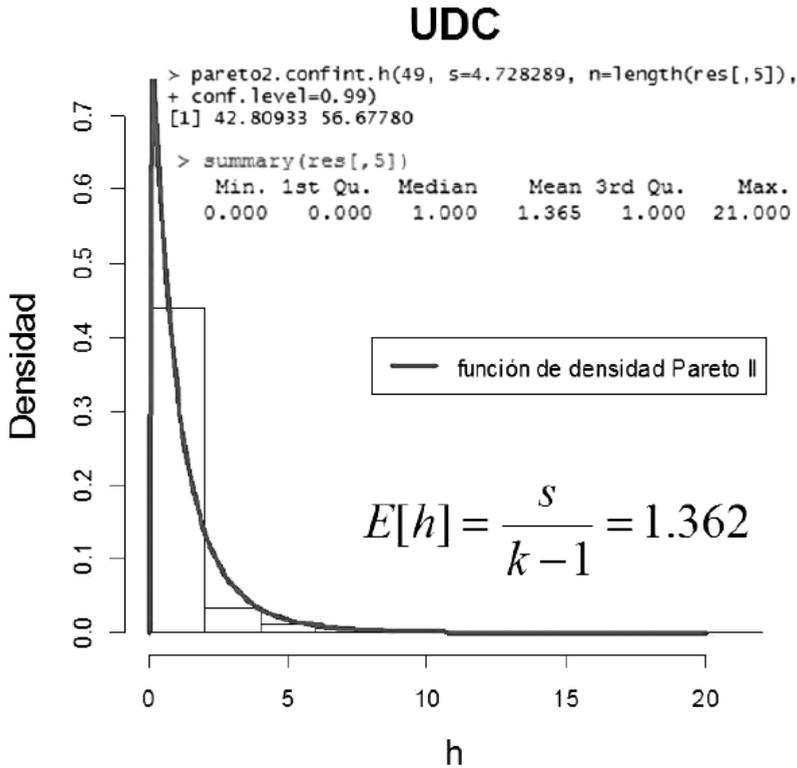


Se observa que las distribuciones de todos los índices son marcadamente asimétricas por la derecha: hay una gran cantidad de autores definidos por indicadores muy bajos, mientras que hay un número muy bajo de autores con indicadores altos (la élite de la universidad). Esta forma característica de los histogramas sugiere que la distribución de probabilidad paramétrica teórica que caracteriza los índices bibliométricos sería de tipo Pareto II.

Al igual que con el ajuste de los modelos de regresión de Price y Lotka, cuando se ajusta una distribución de probabilidad a los datos de la muestra, se pasa de la estadística descriptiva a la inferencia estadística, es decir, se hacen estimaciones de los parámetros característicos de toda la población (media, varianza, etc.), a partir de las realizaciones muestrales.

La Figura 10 muestra el ajuste de una distribución de Pareto de tipo II a los valores del número  $b$  de los investigadores pertenecientes a la UDC. Los parámetros de la distribución de Pareto, tanto el de escala  $s$  como el parámetro de forma  $k$ , se han estimado por el método de máxima verosimilitud, mediante la aplicación de la función del paquete Citan, denominada `pareto2.mlekestimate`, a los datos compuestos por los números  $h$  de todos los investigadores de la UDC y de su red de investigación, denotados por el objeto `res[,5]`.

Figura 10. Histograma de los valores del número  $h$  para los investigadores de la udc, medidas de posición muestrales, ajuste de la distribución de Pareto II, media poblacional o esperanza matemática, estimación del número  $h$  teórico de la udc mediante intervalo de confianza al 95% y aplicación del test de Wilcoxon de bondad de ajuste (código incluido) a los datos de los números  $h$  de la udc (representados por el objeto `res[,5]`)



```

> wilcox.test(res[,5],rpareto2(length(res[,5]), k=4.471255, s=4.728289))

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data:  res[, 5] and rpareto2(length(res[, 5]), k = 4.471255, s = 4.728289)
w = 18915980, p-value = 0.5047
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
  
```

Los parámetros requeridos para la aplicación de la función `son`, en este orden, los datos a los que se quiere ajustar la distribución de Pareto II más próxima, la precisión deseada y un valor mínimo y máximo para el parámetro de escala: `pareto2.mleestimate(as.numeric(TotCit),tol=1e-20,smin=0.2,smax=30)`.

Los valores de los parámetros obtenidos por máxima verosimilitud son  $k = 4.471255$  y  $s = 4.728289$ . Una vez estimada la distribución de Pareto II

que mejor se ajusta a los datos, convendría probar su bondad de ajuste, es decir, que estadísticamente se consideraría que la distribución de probabilidad que gobierna el valor de los datos muestrales (números  $h$  de los investigadores de la UDC) es una distribución de Pareto II, definida por los parámetros calculados.

La respuesta a la pregunta anterior la daría la aplicación del contraste de Wilcoxon-Mann-Whitney. El test de Wilcoxon-Mann-Whitney es una prueba no paramétrica mediante la cual se contrasta la hipótesis nula de que dos poblaciones son iguales frente a la alternativa de que son diferentes o, más comúnmente, una de estas poblaciones tiende a ser mayor que la otra.

Se obtiene que el resultado del contraste no es significativo, no se puede rechazar que los datos sigan la distribución de Pareto indicada,  $p$ -valor =  $0.5047 > 0.05$  (*Figura 10*), mediante la aplicación de la función `wilcox.test`, que compara los datos muestrales con los extraídos de la distribución de Pareto II teórica ajustada, `rpareto2(length(res[,5]),k = 4.471255,s = 4.728289`. Aprovechando este resultado, se haría una estimación por intervalos de confianza del verdadero número  $h$  de las universidades aquí examinadas.

Así, en el caso de la UDC, se había obtenido un valor muestral de  $h = 49$ ; si se construye un intervalo de confianza al 95% dentro de la suposición de distribución de Pareto, el resultado es mucho más informativo, pues da una idea no sólo de posición, sino también de dispersión de la variable a estimar (*Figura 10*): (42.80933,56.67780).

Suponiendo que el índice  $h$  es en realidad una variable aleatoria, cabría cuestionarse si se consideraría que la distribución del índice  $h$  de los autores es diferente, dependiendo de la universidad o red de investigación a la que están adscritos. Para una adecuada respuesta, se aplicaría, de nuevo, el test no paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney. El contraste de hipótesis definido es el siguiente:

- $H_0$ : los índices  $h$  de los autores de las dos universidades que se comparan son iguales.
- $H_1$ : los índices  $h$  de los autores de la primera universidad son menores que los correspondientes a los autores de la segunda.

El resultado correspondiente a la aplicación de contrastes múltiples, dos a dos, se muestra en el *Cuadro 2*. Todas las comparaciones han resultado significativas en un nivel de significación, previa corrección de Bonferroni, igual a  $0.05/3 = 0.015$ .

*Cuadro 2.* Resultado del contraste de Wilcoxon aplicado para comparar las distribuciones del índice  $h$  de los autores, según su universidad de adscripción

| Comparaciones           | Estatístico | p-valor              | Resultado     |
|-------------------------|-------------|----------------------|---------------|
| $h$ (UDC) - $h$ (USC)   | 50440118    | $2.2 \cdot 10^{-16}$ | Significativo |
| $h$ (UDC) - $h$ (UVigo) | 30671459    | $2.2 \cdot 10^{-16}$ | Significativo |
| $h$ (UVigo) - $h$ (usc) | 95935123    | $2.2 \cdot 10^{-16}$ | Significativo |

Por tanto, se llega a concluir que, por lo general, los autores de la UDC tienen un menor índice  $h$  que los autores de la UVigo, y los autores de la UVigo tienden a tener un índice  $h$  menor que el de los autores de la USC y su red de investigación. Con este último resultado, aparte de comparar las distintas universidades mediante el cálculo de índices bibliométricos en su conjunto, se comparan dichos centros de investigación atendiendo a los valores de los índices de cada uno de los autores que las componen. La secuencia ordenada de los números  $h$  para los autores de las tres universidades coincide con los resultados obtenidos en el *Cuadro 1*. La USC es una universidad más antigua, más asentada, más grande y con una mayor implantación en la comunidad científica; de ahí que sus autores tienden a tener un número  $h$  mayor que el de los pertenecientes a las demás universidades gallegas, hablando en términos poblacionales.

Cabe destacar también que el hecho de que los investigadores de la UVigo tiendan a tener números  $h$  mayores que sus colegas de la UDC es un indicador de una mayor productividad e influencia en la comunidad científica abarcada por la base de datos Scopus.

Este último dato es especialmente significativo, ya que las dos universidades poseen similar tamaño y antigüedad. Entre las posibles causas de esta situación, se podría señalar el hecho de que la UVigo está más orientada que la UDC a las ciencias experimentales e ingeniería, campos muy productivos y con numerosas fuentes incluidas en Scopus.

## CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una nueva metodología de análisis de la información bibliométrica para evaluar centros de investigación, desde un punto de vista estadístico y utilizando el software libre R, en particular el paquete Citan. El procedimiento aquí utilizado permite un tratamiento estadístico más completo a partir de bases de datos mucho más extensas, sin limitación del número de entradas (hasta hace poco dos mil para Scopus y quinientas para el ISI). Esta característica hace que el enfoque propuesto sea particularmente

atractivo para el estudio y comparación a lo largo del tiempo de entidades con una gran producción científica, por ejemplo, las universidades.

Una parte importante de la metodología propuesta se relaciona con el análisis estadístico descriptivo de la producción científica correspondiente a las tres universidades. Como resultado, se afirmaría que la red de investigación de la USC es más productiva e influyente que la de la UDC y la UVigo, ya que casi todos sus índices bibliométricos son superiores. La USC es una universidad más antigua, conocida, con grupos de investigación más numerosos, grandes y consolidados, que a su vez se caracterizan por estar compuestos por un mayor número de autores, que además generan un mayor número de documentos, tendiendo a tener estos documentos un mayor número de citas.

Por otro lado, es especialmente representativo el caso de la UVigo que, siendo sensiblemente más pequeña, se caracteriza por índices muy próximos a los de la USC, en algunos casos mayores, como su índice  $g$ . Esto debido a que la UVigo es una universidad que conjuga una alta productividad, mayor que la de la USC, con un alto impacto en la comunidad científica.

Aparte de medir la productividad desde un punto de vista descriptivo, en este artículo se ha medido y modelado el crecimiento de la producción de las tres universidades gallegas en el periodo 2006-2011. Se ha verificado el cumplimiento de la ley de crecimiento exponencial de la ciencia, estimándose que la UDC, seguida por la UVigo, son las instituciones con una mayor velocidad de crecimiento. Particularmente, la UDC es la que presenta un mayor potencial del crecimiento de su producción, caracterizado por un tiempo de duplicación de sólo 5.6 años.

Igualmente se ha ajustado y comprobado la bondad de ajuste de la Ley de Lotka para las tres universidades. La comparación entre los parámetros  $m$  de los modelos estimados lleva a concluir que tiende a existir una mayor homogeneidad en la producción de los autores correspondientes a las universidades más jóvenes, UDC y UVigo.

Una de las principales aportaciones de este estudio es la presentación del índice bibliométrico, definido como  $h_b$ , máximo número de investigadores con un número  $h$  igual o superior a  $h_b$ , que define el grupo de investigadores que conforman la élite más productiva de cada universidad y, a su vez, mide la calidad investigadora de esas élites representativas.

Según este índice, la USC posee la élite más numerosa y de mayor calidad, pues está compuesta por 21 autores, con un índice  $h$  al menos de 21. La UVigo se sitúa a una corta distancia con  $h_b = 19$ , mientras que la élite de la UDC está compuesta por 16 investigadores, con al menos un índice  $h$  de 16. Una vez más, se muestra que la UDC es la universidad con un mayor margen de mejora.

Además de comparar los centros de investigación, atendiendo a los índices calculados individualmente sobre el total de su producción, también se evaluarían calculando los índices bibliométricos para cada autor y acto seguido considerar estos valores como realizaciones de variables aleatorias. La comparación de las distribuciones de los números e índices estudiados como variables aleatorias permite, a su vez, comparar las universidades.

Así, desde un punto de vista de inferencia estadística, mediante la aplicación del test no paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney, se observó que los autores de la UDC tienden a tener un índice  $h$  más bajo que los correspondientes a la UVigo, mientras que los de la UVigo suelen presentar un índice  $h$  menor que los de la USC:  $b(\text{USC}) > b(\text{UVigo}) > b(\text{UDC})$ . Estos resultados apoyan los obtenidos por agregación para el conjunto de las universidades.

#### AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó con financiamiento aportado por los proyectos MTM2011-22392 y MTM2014-52876-R.

#### REFERENCIAS

- Abdi, H. 2007. "The Bonferroni and Šidák Corrections for Multiple Comparisons". en *Encyclopedia of measurement and statistics*. Thousand Oaks, Cal.:Sage.
- Alcaín Partearroyo, M. D. 1991. "Aspectos métricos de la información científica", *Ciencias de la Información*, vol. 160: 32-36.
- Arencibia, J. R. y R. Carvajal Espino. 2008. "Los índices H, G y R: su uso para identificar autores líderes en el área de la comunicación durante el periodo 2001-2006", *Acimed*, vol. 17, no. 4.
- Arroyo, N., J.L. Ortega, V. Pareja, J.A. Prieto e I. Aguillo. 2005. "Cibermetría. Estado de la cuestión". Barcelona: Fesabid, XIX Jornadas Españolas de Documentación.
- Brookes, B.C. 1990. "Biblio-, Sciento-, Infor- Metrics. What are talking about?", *Informetrics*, nos. 89-90: 31-43.
- Center for Research Libraries. 2014. <<http://www.crl.edu/>>.
- Egghe, L. 2006. "Theory and practise of the g-index", *Scientometrics*, vol. 69, no. 1: 131-152.
- Fay, M. P. y M.A. Proschan. 2010. "Wilcoxon-Mann-Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis test and multiple interpretations of decision rules", *Statistics Surveys*, vol. 4: 1-39.
- Gagolewski, M. 2011. "Bibliometric impact assessment with R and the Citan package", *Journal of Informetrics*, vol. 5, no. 4: 678-692.

- CitanGagolewski, M. y P. Grzegorzewski. 2010. "S-Statistics and their basic properties", en C. Borgelt et al., eds., *Combining soft computing and statistical methods in data analysis. Advances in Intelligent and Soft Computing*. Berlín: Springer.
- Garfield, E. 1955. "Citation indexes to science: a new dimension in documentation through the association of ideas", *Science*, vol. 122: 108-111.
- Hirsch, J.E. 2005. "An index to quantify an individual's scientific research output", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 102, no. 46: 16569-16572.
- Hulme, E. W. (1923). *Statistical bibliography in relation to the growth of modern civilization*. Londres: Grafton.
- Lotka, A. J. 1926. "The frequency distribution of scientific productivity", *Journal of the Washington Academy of Sciences*, vol. 16, no. 12: 317-323.
- Mann, H. B. y D.R. Whitney. 1947. "On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other", *Annals of Mathematical Statistics*, vol. 18, no. 1: 50-60.
- Moya-Anegón, Félix de (dir.). 2013. *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española 2010*. Madrid: FECYT, en <[http://icono.fecyt.es/informesypublicaciones/Documents/indicadores%20bibliometricos\\_web.pdf](http://icono.fecyt.es/informesypublicaciones/Documents/indicadores%20bibliometricos_web.pdf)>, consultada el 22 de abril de 2015.
- Oscala-Lluch, J., S. Miguel, C. González, M. Peñaranda-Ortega y E. Quiñones-Vidal. 2013. "Cobertura y solapamiento de Web of Science y Scopus en el análisis de la actividad científica española en psicología", *Anales de Psicología*, vol. 29, 3: 1025-1031.
- Price, D. J. 1973. *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel [1963].
- Priem, J., D. Taraborelli, P. Groth y C. Neylon. 2010. "Altmetrics: a manifesto – altmetrics.org", en <<http://altmetrics.org/manifesto/>>, consultada el 15 septiembre de 2014.
- Pritchard, A. 1969. "Statistical bibliography; an interim bibliography", *North-Western Polytechnic, School of Librarianship*, vol. 60, no. 5: 184-244.
- R Development Core Team. (2015). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, en <<http://www.R-project.org>>, consultada el 20 abril de 2015.
- Spinak, E. 1996. *Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cienciometría e Informetría*. Caracas: Unesco.
- Storn, R.M., K. Price y J.A. Lampinen. 2005. *Differential evolution: A practical approach to global optimization*. Berlín: Springer.

*Para citar este texto:*

Tarrío-Saavedra, Javier; Orois, Elena; Naya, Salvador. 2017. “Estudio métrico sobre la actividad investigadora usando el software libre R: el caso del sistema universitario gallego”. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 221-247.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57891>

# Estudio bibliométrico del sistema de investigación local de San Luis Potosí (1920-2015)

Yoscelina I. Hernández-García\*  
Hugo Navarro-Contreras\*\*

*Artículo recibido:*  
9 de mayo de 2016  
*Artículo aceptado:*  
27 de septiembre de 2016

## RESUMEN

Se presenta un estudio métrico de 1920 a 2015 de producción científica de instituciones del estado de San Luis Potosí. Se construye un instrumento de medición de la información a partir de dos bases de datos de corriente principal, una base de datos histórica y reservorios institucionales. El análisis final concentra 6,574 registros bibliográficos, firmados por autores pertenecientes a 59 instituciones potosinas. Las principales características encontradas en la literatura científica reflejan una alta concentración de colaboración científica y una clara relación entre las disciplinas cultivadas

\* Becaria posdoctoral PRODPD 2015, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). yosce2336@gmail.com, comhnavarro@uaslp.mx.

\*\* Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). hnavarro@uaslp.mx.

por instituciones potosinas y las áreas con potencial de desarrollo de innovación estatal.

**Palabras clave:** Bibliometría; San Luis Potosí; Producción científica; Sistema de investigación.

### **San Luis Potosí local science system's bibliometric study (1920-2015)**

*Yoscelina I. Hernández-García and Hugo Navarro-Contreras*

#### **ABSTRACT**

An informational metric study of San Luis Potosí state's institutional scientific productivity from 1920 to 2015 is presented. The informational metric instrument is created from two mainstream data bases, a historic data base and institutional reservoirs. The final analysis was performed on 6,574 bibliographic records, signed by authors from 59 Potosinian scientific institutions. The main characteristics found in the scientific literature reflect a high concentration of scientific collaboration and a clear correlation between the scientific disciplines presented in Potosinian institutions and the estate areas of innovation and development.

**Key Word:** Bibliometrics, San Luis Potosí; Scientific productivity; Scientific system.

#### **INTRODUCCIÓN**

La comunicación científica es uno de los principales engranajes en la actividad científica, ya sea de forma presencial en reuniones académicas, en estancias sabáticas o en intercambios, los llamados colegios invisibles (Crane, 1972; Kretschmer, 1994), o en su forma más conocida a través de la literatura científica, conducen a la socialización de los resultados de la investigación, asegurando la construcción de un cuerpo de conocimientos comunes dentro de las comunidades científicas o incluso en su conformación.

En términos de medición de la información científica, son los artículos de este tipo los que permiten un espectro amplio de posibilidades en el estudio

de tendencias y caracterizaciones de grupos de publicaciones, autores, instituciones, entre otros. Instrumentos como las bases de datos bibliográficas nos han permitido estandarizar la información que caracteriza la publicación y, por extensión, caracterizar autor(es) y su respectiva(s) institución(es), a la publicación (*revista/journal*), u otros elementos derivados de la información bibliográfica.

El proceso de comunicación científica se constituye a partir del filtrado y evaluación de los contenidos en la literatura científica, en donde el evaluador y el evaluado comparten credenciales e intereses, constituyendo un sistema de certidumbre en la comunidad científica (Garvey, 1972): “La Bibliometría, como disciplina instrumental de la bibliotecología, consiste en la aplicación de las matemáticas y los métodos estadísticos para analizar el curso de una determinada disciplina científica, así como a su comportamiento” (Chaviano, 2008), la medición de la información (como nombre genérico de las diferentes métricas) destaca la concentración, diseminación y uso de la literatura científica (Gorbea, 2005; Chaviano, 2008; Mutschke, 2015; Wolfram, 2015), para el estudio y evaluación de la actividad científica.

La variedad que se abre a los estudios de medición de la información se hace patente en las influencias de diferentes disciplinas como la sociología, psicología, historia, filosofía, por citar algunas; al igual que el enfoque y contextos en los que los estudios métricos forman parte, pero la constante que siempre se asoma es la de la evaluación para la toma de decisiones, ya sea para el descarte o selección de materiales en las unidades de información, o en la asignación de recursos a proyectos o investigadores, promoción en el escalafón institucional o en la elección de fuentes para publicar, tareas para las cuales las métricas de la información son una referencia importante.

En nuestro caso, hay un interés por observar el sistema de investigación local del estado de San Luis Potosí (SLP), caracterizando su producción científica institucional, y así obtener una imagen lo más completa y comprehensiva posible de su evolución y desarrollo, a través de sus resultados formales expresados como artículos científicos, que se registran en algún índice nacional o internacional.

En un sentido específico para Luna y colaboradores (2012), fue de interés la evolución e impacto de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), dejando patente el periodo de consolidación que al momento de este estudio la institución estaba viviendo; en otro trabajo presentado en el Congreso Sincco 2008,<sup>3</sup> Moreno-Mata *et al.* (2008) realizaron una exploración del sistema de innovación del estado de San Luis Potosí, que se caracterizaba como

3 Congreso Internacional de Sistemas de Innovación para la Competitividad, Guanajuato, México, 2008.

incipiente. En un afán por acrecentar lo que hasta ahora se ha explorado sobre ciertos aspectos de la producción del estado de SLP, creemos que, si bien encontraremos coincidencias con los trabajos ya mencionados, la aplicación de un proceso más exhaustivo de normalización de las instituciones productoras de conocimiento aportarán detalles de las características de la entidad en su conjunto; esta visión global apunta a ser de utilidad tanto a los responsables de la toma de decisiones, como para quienes decidan continuar con la exploración de la producción estatal de SLP o cualquier otro estado de la república.

La originalidad de nuestro trabajo se sostiene en dos pilares, el primero es el método usado en la construcción de las herramientas de medición, en el que no se usa una sola fuente, sino que se reúnen cuatro diferentes bases de datos para así rastrear sesenta años de registros bibliográficos, balanceando la importancia de lo histórico con las tendencias más recientes, y permitiéndonos proyectar en dos etapas la investigación: la presente, en la que presentamos las tendencias generales, para posteriormente centrarnos en los aspectos de colaboración científica.<sup>4</sup> El segundo pilar de nuestro trabajo son las razones por las que se elige al estado de SLP, que tiene que ver con características del estado mismo así como de su sistema de investigación.

La situación geográfica de SLP es estratégicamente equidistante a la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, las tres ciudades más grandes del país; además, cuenta con vías de comunicación férreas y carreteras importantes, lo que contribuye a que sea una de las economías más diversificadas de México (Conacyt, 2014). La importancia geográfica de SLP no sólo reside en sus colindancias, sino también en sus características internas: la entidad se divide en cuatro zonas (Huasteca, Región Media, Región Centro y Altiplano Potosino); en su ecosistema predominan los matorrales, bosques de encino y coníferas, pastizales y selvas secas y subhúmedas, dándole de igual forma una amplia variedad de fauna. Todas estas características nos plantean una latente relación con los intereses en temas de investigación o influencia en sus interacciones a través de su situación geográfica, dado que, de la misma forma en que es importantes su diversidad ecológica, hay una importante presencia en las zonas urbanas de industria en sectores como el automotriz, aeroespacial, industria alimentaria, minería, electrodomésticos, entre otras.

En cuanto al sistema de investigación estatal, se ha visto abiertamente apoyado desde los noventa, con la creación de un marco legal compuesto por el Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología en 1996 (Copocyt), la promulgación de la Ley de Ciencia y Tecnología y la ley Orgánica del Copocyt en 2003. La aportación presupuestal estatal a las actividades de ciencia y tecnología

4 Los resultados de esta etapa se presentarán en una publicación posterior.

son por debajo de la media nacional, ocupando el puesto 27 en 2012, mientras que el gasto privado respecto del pib estatal en el 2011 estaba por encima de la media nacional en el octavo lugar (Conacyt, 2014). El mismo Conacyt ubica a SLP en el cuarto lugar en aportación a la producción científica del país entre 2002 y 2012 (Conacyt, 2014: 64), mientras que el Foro Consultivo de Ciencia y Tecnología lo coloca en quinto lugar en el Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del 2013 (FCCT, 2014).

Mientras existe suficiente información actualizada sobre la actividad científica, notamos un hueco en los aspectos históricos, lo cual nos interesa contribuir a analizar. La presentación de los resultados en este trabajo se divide en dos apartados: 1) se muestran las tendencias generales, 2) posteriormente se detallarán sus características bibliométricas a partir de instituciones pertenecientes al estado de SLP.

## METODOLOGÍA

Para la caracterización de la producción científica del estado de SLP, nos basamos en la metodología de Hernández *et al.* (2013), donde se destaca el uso de estrategias de búsqueda basadas en la dirección de adscripción, sobre la recuperación de grandes bloques de información, derivados de estrategias de búsqueda aplicadas a la fuente de publicación o categorías temáticas.

Dado que el objetivo del estudio es ser exhaustivo en el periodo de los conteos de producción científica, se usaron cuatro diferentes fuentes de recuperación<sup>5</sup> de los registros bibliográficos para incluirlos en la base de datos bibliométrica (BDB); la fecha final del proceso de recuperación de las bases de datos bibliográficas fue 26 de junio de 2015. Los registros para la construcción de la BDB se obtuvieron de las bases de datos bibliográficas:

- Web of Science (WoS). Base de datos bibliográfica multidisciplinaria que indexa investigación de corriente principal, con una cobertura de aproximadamente de 11,500 revistas (Thomson Reuters, 2016). Se eligió este instrumento porque su esquema de selección de revistas a indexar asegura tener una base inicial selecta de registros bibliográficos.
  - Scielo (en la misma plataforma de WoS).
- Posteriormente se exploró la base de datos Scopus. Base de datos bibliográfica que indexa investigación de corriente principal, con una

5 Se lista el desglose de las fuentes de recuperación, pues se reconoce la distinción que en la base de datos bibliográfica Web of Science, se hace de los registros provenientes de Scielo, y ese mismo sentido reconocimiento a la producción que de la región de América Latina.

cobertura aproximadamente de 21,500 revistas (Elsevier, 2016). Se eligió este instrumento como una forma de ampliar la visión de corriente principal de la producción científica de SLP.

- En tercer lugar, se eligió una base de datos histórica local del proyecto Atlas de la Ciencia Mexicana (ACM). Base de datos de uso exclusivo del grupo de Bibliometría Cinvestav-UNAM, cuyo objetivo es recolectar registros bibliográficos históricos sobre la ciencia en México. Se solicitó acceso a la información sobre el estado de SLP, para completar el aspecto retrospectivo de la investigación.
- Por último, se integró información del sitio web del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas<sup>6</sup> (IIZD) de la UASLP, siendo este instituto un importante referente histórico en la investigación local.<sup>7</sup>

También se exploraron, como una forma de control, las bases de datos siguientes:

- PubMed.
- INSPEC (en la plataforma de WoS).
- Los sitios de diferentes escuelas, facultades e institutos de la UASLP.

La información de todas las fuentes se integró en un solo bloque, y al eliminar los duplicados resultó que el 83% de la información bibliométrica identificada provenía de WoS, 12% de Scopus, 0.56% del sitio web de IIZD-UASLP, 0.37% de la BDB histórica ACM y el 3.6% de Scielo.

Las fuentes utilizadas nos aseguran mantener una visión de corriente principal internacional en nuestros resultados, además de la aportación de la visión regional de Scielo, y la complementariedad de las fuentes históricas. Una vez que se incorporaron los registros bibliográficos en un manejador de bases de datos, se procedió a la normalización. Comúnmente ésta se centra en el campo de adscripción, pero en nuestro caso, al tener registros de diferentes procedencias, también se estandarizaron los nombres de las revistas, los tipos de documentos, y los idiomas de publicación.

Desde el inicio de la investigación, se planteó como uno de los objetivos principales la identificación de las instituciones de SLP que participan de la actividad científica, por lo que hubo especial cuidado en potenciar la información contenida en el campo de adscripción, del cual se derivaron dos niveles de normalización de la institución: para el primer nivel se incluyeron

6 <<http://www.iizd.uaslp.mx/publicaciones/productos-academicos>>.

7 La consulta y recolección de registros bibliográficos se terminó en julio de 2015.

todas las instituciones; en el segundo, se trabajó a detalle: *a*) la UASLP, *b*) se desglosa dentro de las siglas SS (Secretaría de Salud) al “Hospital Central Dr. Ignacio Morones Prieto” y *c*) el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT); en los tres casos por el importante papel que cumplieron en la actividad científica del estado.

Además de la normalización de las instituciones propiamente dichas, también se identificaron los países de cada una de las adscripciones en los registros bibliográficos, esta identificación se hizo asignando el código de tres letras ISO 3166-1 alpha-3 para países.<sup>8</sup> Para el caso del resto de los estados del país se designaron las abreviaturas oficiales para cada caso.

Por último, se usó la clasificación del Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) para identificar todas las instituciones correspondientes al código de país MEX (México); sumando a esta clasificación un guión seguido de una letra “S”, si la empresa o institución de la administración pública se orientaba a actividades de salud; un guión y la abreviatura “PRIV” si la institución de educación superior, era de carácter privado; también se incluyeron las siglas para la identificación de instituciones de educación media superior y de educación básica; dejando al final diez formas diferentes de identificar la actividad de cada una de las instituciones (véase la *Figura 2*).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

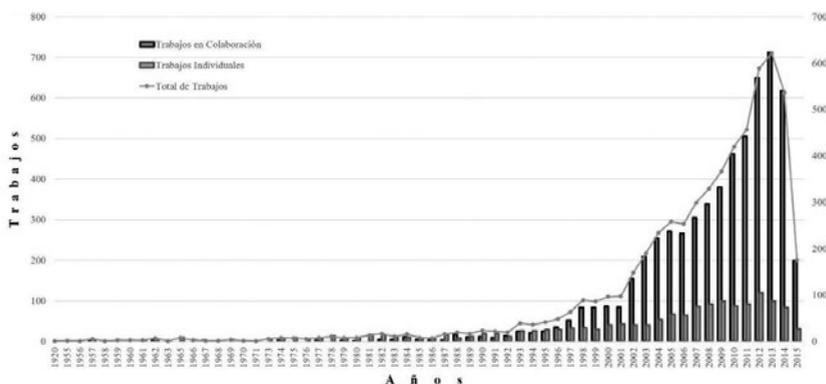
### *Producción general*

El total de la base de datos está integrada por 6,574 trabajos publicados a lo largo de sesenta años de estudio de la producción científica de San Luis Potosí. La *Figura 1* contrasta el total de producción de SLP, con los trabajos en colaboración (78%) y los trabajos individuales (21%), siendo muy significativa la participación de más de una institución en las publicaciones.

Cabe aclarar que más adelante se hace un conteo de las coautorías, es decir, cuando hablamos de colaboración nos referimos a los conteos a partir de la dirección de adscripción, y la coautoría la observamos en el campo de autor.

8 <<http://www.nationsonline.org/oneWorld/countrycodes.htm>>.

Figura 1. Producción científica y tipos de participación institucional del sistema de investigación de San Luis Potosí (1920-2015)



Fuente: elaboración propia.

Una de las reglas más importantes al momento de construir una base de datos bibliométrica es respetar la información que se extrae de las fuentes de información secundarias, por lo que en el caso de la producción científica de SLP, las seis décadas de estudio no son continuas, incluso el mismo periodo (1920-2015) se derivó de lo que arrojaron las bases.

El primer registro de una publicación científica es de 1920, donde se encuentra el primer trabajo con adscripción a SLP y de ahí no se vuelven a encontrar registros, reiniciándose hasta 1955. Posteriormente, hay otros dos años en los que no hay registro de publicaciones de instituciones potosinas (1964 y 1972).

La Figura 1 muestra un importante sesgo a la derecha de la gráfica, probando que la acumulación de esfuerzos durante las primeras décadas; iniciando en 1950, empieza a tener frutos hacia los últimos veinte años anteriores al momento actual, misma tendencia que se ha identificado en otros trabajos de medición de la información a las que han sido sujetas algunas de las instituciones de SLP; por ejemplo, Luna *et al.* (2012: 185) señalan que “la UASLP presenta a partir de 1994 un crecimiento estable, con ligeros incrementos en algunos años consecutivos, y obtiene una contribución porcentual en el impacto de la ciencia mexicana que aumentó del 0.26% en 1980 al 0.99% en 2008”.

Cabe señalar que los trabajos en colaboración son predominantes en los años finales del estudio. En las primeras décadas de la Figura 1 son más los trabajos individuales. Durante más de treinta años se privilegió la

publicación individual a la de participación con otras instituciones, nacionales o extranjeras; y hacia los últimos años se ha adoptado un claro interés o necesidad de colaborar, posiblemente reflejando además la circunstancia de que los problemas a estudiar demandan técnicas o visiones que por necesidad aportan más de un solo individuo.

Aunque midamos de forma separada la colaboración institucional y la coautoría, es innegable la íntima relación entre estas formas de la producción científica; pero su composición sí tiene el potencial de mostrar formas de socialización dentro de las disciplinas, o en nuestro caso de un sistema local de investigación. Si nos encontramos una sola adscripción, no necesariamente tiene que traducirse en que está firmando un solo autor, puede listarse una amplia coautoría perteneciente a la misma institución. Los porcentajes respectivos son 95% en coautorías y 5 % de individuales.

De igual forma, la colaboración representa una práctica frecuente; la coautoría es también importante para la producción científica de esta entidad. Dada la importancia de ambos conteos, aquí sólo se observarán de forma general y en trabajos posteriores se publicarán los detalles de ambas tendencias.

Si a la lectura de la *Figura 1* se asocia la notable participación coautoral, se obtiene que la participación con instituciones fuera de SLP y de México son una característica predominante en los patrones de publicación de las instituciones potosinas, en donde la construcción de redes de colaboración cumplirían un importante papel en el posicionamiento del sistema de investigación del estado potosino.

Una de las incorporaciones del WoS a la descripción que hace de los registros bibliográficos es la identificación que los autores señalan de su pertenencia a algún grupo de colaboración; el *Cuadro 1* muestra los nombres y conteo por periodos en los que investigadores potosinos han participado durante los últimos quince años, siendo ésta la información que se recupera con nuestras estrategias de búsqueda.

Cuadro 1. Grupos de colaboración en la producción científica del estado de slp

| Grupo de Colaboración                    | 2000-2004 | 2005-2009 | 2010-2015 | Trabajos   |
|--|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1CMS Collaboration                       | 0         | 2         | 361       | 363        |
| 2ATLAS Collaboration                     | 0         | 0         | 81        | 81         |
| 3SELEX Collaboration                     | 11        | 2         | 0         | 13         |
| 4UPAMIGOS Grp                            | 0         | 0         | 5         | 5          |
| 5NA62 Collaboration                      | 0         | 0         | 3         | 3          |
| 6FrPNC Collaboration                     | 0         | 0         | 2         | 2          |
| 7PRINTO; PRCSG                           | 0         | 1         | 1         | 2          |
| 8APPRAISE-2 Investigators                | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 9ATLAS Collaboration; CMS Collaboration  | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 10AURORA Study Grp                       | 0         | 1         | 0         | 1          |
| 11BLISS-52 Study Grp; BLISS-76 Study Grp | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 12CIBOMA GEICAM                          | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 13CLARITY TIMI                           | 0         | 1         | 0         | 1          |
| 14CMS Collaboration; TOTEM Collaboration | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 15HPV VVAP Study Grp                     | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 16Registro Nacl Mexicano                 | 0         | 1         | 0         | 1          |
| 17Soc Iberoamer Neonatología SIBEN       | 0         | 0         | 1         | 1          |
| 18TRILOGY ACS Investigators              | 0         | 0         | 1         | 1          |
| <b>Total</b>                             |           |           |           | <b>480</b> |

Fuente: elaboración propia.

Uno de los procesos de colaboración más visibles en San Luis Potosí es la participación de investigadores del Instituto de Física de la UASLP en la investigación en física de altas energías (FAE), uniéndose a otras instituciones mexicanas en la gran ciencia (Collazo y Luna, 2002; Collazo *et al.*, 2010).

Los grupos de colaboración en las posiciones 1, 2, 3, 5, 6, 9 y 14 que se muestran en el Cuadro 1 corresponden a investigaciones relacionadas con FAE, siendo las de publicaciones más numerosas y recientes, como se aprecia en la composición del Cuadro 1.

El resto de los once grupos de colaboración donde se han integrado investigadores de SLP tienen que ver con temas de Medicina: UPAMIGOS Grp investiga el tratamiento y factores de riesgo de la obesidad (infantil), especialmente relacionado con determinantes genéticos; PRINTO; PRCSG, es un grupo de investigación asociado a la Organización Internacional de Pruebas en Reumatología Pediátrica; APPRAISE-2 Investigators, aborda las pruebas clínicas en pacientes con Síndrome Coronario Agudo tratados con Apixaban; AURORA Study Grp, Evalúa el uso de Rosuvastatin en pacientes que utilizan hemodialisis regular; BLISS-52 Study Grp; BLISS-76 Study Grp, realiza pruebas clínicas que evalúan la eficacia y seguridad del uso de Belimumab en pacientes con Lupus Eritematoso Sistémico; CIBOMA GEICAM, grupo de colaboración inscrito en el marco de la Coalición

Iberoamericana de Oncología Mamaria; CLARITY TIMI 28 Investigators, desarrolla estudios sobre Clopidogrel como ayuda en temprana reperusión en Trombosis en infarto al miocardio; HPV VVAP Study Grp es una Red Mundial de estudios de atributos genotípicos en el papiloma humano; *Registro Nacl Mexicano*, es el grupo que trabaja en el Registro Nacional Mexicano de Enfermedad Vascular Cerebral; *Soc Iberoamer Neonatologia SIBEN*, son investigadores con la Sociedad Iberoamericana de Medicina y Enfermería Neonatal; y el grupo TRILOGY ACS Investigators, que trabaja en pruebas clínicas en el tratamiento del síndrome coronario agudo. Los años de las publicaciones de estos grupos de colaboración, una vez más demuestran la reciente consolidación de prácticas colaborativas, trátense de temas “big science”, o de otras disciplinas.

Cabe señalar que Moreno *et al.* (2008) identifican al sector salud como una de las áreas prioritarias en materia de innovación, dadas sus características de consolidación en recursos humanos calificados, infraestructura institucional y potencial de investigación; con nuestros resultados se agrega la participación en la producción científica local, y una importante participación en grupos de colaboración en temas específicos y de interés internacional.

En total, nuestra base de datos incluye 1,666 diferentes títulos de revistas, 203 de los cuales se asocian a alguna categoría en Física, de entre otros títulos los que incluyen la FAE concentran el 10% del total de registros bibliográficos (véase el anexo 2).

El *Cuadro 2* se dividió en tres grandes periodos: iniciando con el año en el que se identifica la primera publicación de alguna institución de SLP, hasta los últimos quince años de mayor concentración de trabajos, pasando por lo que denominaríamos periodo de cimentación de las infraestructuras humanas y físicas para la ciencia en SLP, durante las décadas de los ochenta, noventa y primer lustro del 2000.<sup>9</sup>

9 En los conteos del *Cuadro 2*, se excluyeron los títulos listados en el anexo 2.

*Cuadro 2.* Revistas que concentran más artículos de instituciones potosinas, por periodo

| Periodo     | Revista   | Trabajos | Periodo   | Revista  | Trabajos | Periodo   | Revista   | Trabajos |
|-------------|---|----------|-----------|--|----------|-----------|---|----------|
| 1 1920-1979 | Revista de Investigación Clínica                                      | 25       | 1980-1999 | Solid State Communications                           | 25       | 2000-2015 | European Physical Journal C   | 78       |
| 2           | Acta Científica Potosina  | 11       |           | Clinical Research                                    | 20       |           | FEBS Journal  | 78       |
| 3           | Acta Physiologica Latinoamericana                                     | 11       |           | Physical Review E                                    | 20       |           | Physical Review D   | 72       |
| 4           | Folleto Técnico. Instituto de Geología y Metalurgia, UASLP.           | 8        |           | Journal of Chemical Physics                          | 14       |           | AGROCIENCIA   | 71       |
| 5           | Contribuciones. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, UASLP | 5        |           | Revista de Investigación Clínica                     | 14       |           | Revista de Gastroenterología de México                                  | 48       |
| 6           | Ciencia (México)  | 4        |           | Physica A-statistical Mechanics And Its Applications | 13       |           | Abstracts of Papers of The American Chemical Society                    | 46       |
| 7           | Ginecología y Obstetricia de Mexico                                   | 4        |           | Journal of Applied Physics                           | 12       |           | European Physical Journal D   | 43       |
| 8           | Investigación Médica Internacional                                    | 3        |           | Surface Science                                      | 12       |           | Journal of Instrumentation  | 36       |
| 9           | Journal of Medical Education  | 3        |           | Biophysical Journal                                  | 11       |           | Revista Mexicana De Ciencias Geológicas                                 | 34       |
| 10          |   |          |           | Journal of Investigative Dermatology                 | 10       |           | Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering | 33       |

Fuente: elaboración propia.

Un comportamiento natural en la información científica, asociada a las leyes empíricas de la bibliometría, es la concentración de cierto porcentaje de documentos en unos pocos títulos de revistas (Gorbea, 1996; Archuby, 2006; Ram y Paliwal, 2014), por lo que para el acomodo y selección de títulos en el *Cuadro 2* sólo se enumeran los títulos que integran mayor número de trabajos; y para efectos de comparación se tomó como base el segundo periodo, en el que los títulos de las revistas que publicaron menos de diez trabajos no son consignadas.

En el periodo de inicio de la investigación en SLP (1920-1979), se observan títulos de revistas de alcance más local, en temas de medicina, geología y botánica. Justamente en este periodo es cuando la mayoría de las escuelas y facultades de la UASLP se fundan. Es importante mencionar la influencia de la UASLP en la producción científica del estado, pues, como se verá más adelante, es una de las instituciones más importantes de la entidad. En total, en este periodo se identificaron 53 diferentes títulos de revistas.

En el periodo 1980-1999, que denominaremos como de cimentación, se contabilizaron 246 fuentes, de las cuales se muestran 10 en el *Cuadro 2*, el total de trabajos en el mismo periodo representa el 33%, dejando una larga lista de revistas en las cuales, aunque dispersamente, también se publicó. En el último periodo del *Cuadro 2* que se describiría como en proceso de consolidación, se muestran 10 de las 1,538 revistas, dejando ver la variedad de temas (medicina, química, física, geología y agrociencias) que se abordan a través de las disciplinas que se cultivan en las instituciones potosinas, tan sólo en la muestra de diez títulos se concentra el 14%.

## PRODUCCIÓN INSTITUCIONAL

Una vez completado el proceso de normalización, fue posible identificar 59 instituciones adscritas al sistema de investigación de SLP, a lo largo de seis décadas de estudio de su producción científica. El *Cuadro 3* muestra las siglas asignadas a las instituciones potosinas, seguido de las décadas en las que se encontró alguna participación en publicaciones de corriente principal; al final se suman estas participaciones para cada caso.

Se habla de participaciones y no de documentos individuales, ya que, como se mostró antes, la producción científica de SLP tiene una alta participación de trabajos en colaboración, por lo que en un mismo registro bibliográfico, de los 6,574 que se recuperaron, puede contener más de una dirección de alguna institución potosina. Así pues, en la última columna de izquierda a derecha se cuenta el total de participaciones por institución, y en la última fila de nuevo se hace una sumatoria de participaciones, ahora por década analizada.

El orden dentro del *Cuadro 3* es descendente a partir del número de participaciones de cada de las 59 instituciones,<sup>10</sup> dejando a la UASLP (6,056) en la primera línea, seguida del IPICYT (1,423), como las más visibles del sistema de investigación local.

Hay una importante participación de instituciones relacionadas con el sector salud, tanto del sector público como del privado; las de mayor participación en orden descendente a la magnitud de su producción científica acumulada publicada son la Secretaría de Salud (354), los centros de salud y hospitales pertenecientes al Instituto Mexicano del Seguro Social (79) y el Hospital Ángeles (53).

10 En el anexo 1, se puede consultar el listado de siglas y nombres desglosados de las instituciones y las dependencias en los *Cuadros 4 y 5*.

Cuadro 3. Producción científica institucional de San Luis Potosí (1920-2015)

|                      | Institución                             | 1920     | 1955-1959 | 1960-1969 | 1970-1979 | 1980-1989  | 1990-1999  | 2000-2009   | 2010-2015   | Participación |
|----------------------|---|----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|---------------|
| 1                    | IASLP                                   | 0        | 16        | 39        | 60        | 176        | 542        | 2703        | 3070        | 6056          |
| 2                    | IPICYT                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 705         | 719         | 1423          |
| 3                    | SS                                      | 0        | 0         | 0         | 6         | 8          | 15         | 131         | 194         | 354           |
| 4                    | IMSS                                    | 0        | 0         | 0         | 1         | 2          | 4          | 32          | 40          | 79            |
| 5                    | COLPOS                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 1          | 1          | 24          | 34          | 60            |
| 6                    | HAaggies                                | 0        | 0         | 0         | 0         | 1          | 5          | 35          | 12          | 53            |
| 7                    | IPSLP                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 17          | 23          | 40            |
| 8                    | INDEFAP                                 | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 2          | 13          | 9           | 24            |
| 9                    | COLSAN                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 4           | 13          | 17            |
| 10                   | ITESM                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 1          | 8           | 2           | 11            |
| 11                   | GOB-SLP                                 | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 0           | 0             |
| 12                   | TESP                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 3           | 6           | 9             |
| 13                   | JSSSTE                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 2           | 6           | 8             |
| 14                   | CSRSCO                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 4           | 0           | 4             |
| 15                   | CIATFQ                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 3           | 0           | 3             |
| 16                   | DISPERTIA                               | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 3           | 3             |
| 17                   | IMINOV                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 2           | 3             |
| 18                   | MEDICAFERTIL                            | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 2           | 3             |
| 19                   | MPP                                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 3           | 0           | 3             |
| 20                   | UCSLP                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 3           | 3             |
| 21                   | AMFTM                                   | 0        | 0         | 2         | 0         | 0          | 0          | 0           | 0           | 2             |
| 22                   | C-Pre-Schul Maternal                    | 0        | 0         | 1         | 1         | 0          | 0          | 0           | 0           | 2             |
| 23                   | H-FMS                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 2           | 2             |
| 24                   | Ind Minera Mexico S.A. C.V.             | 1        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 2             |
| 25                   | Mexichem Fluor S.A.                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 1           | 2             |
| 26                   | SPOO                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 1           | 2             |
| 27                   | UMASLP                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 2           | 2             |
| 28                   | ASOENLUMIS                              | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 29                   | C&I, S.C.                               | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 30                   | CAERI                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 31                   | CDE-Metz                                | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 32                   | CLA                                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 33                   | CMAY                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 34                   | CONACIA                                 | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 35                   | CONSULTORIO PRIVADO                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 36                   | CREE                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 37                   | DD-SCC                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 38                   | EHE-SLP                                 | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 39                   | Evo-Computacion S.A.                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 40                   | H-NSS                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 41                   | IP-SLP                                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 42                   | IPSR                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 43                   | IT-CALLES                               | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 44                   | LAMDELAACRUZ                            | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 45                   | MINERA-SX                               | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 46                   | Negociación Minera Sta. María de La Paz | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 47                   | PEMEX                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 1          | 0          | 0           | 0           | 1             |
| 48                   | Proxim S.A. de C.V.                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 49                   | PRONATRA                                | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 50                   | SEMARNAT                                | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 51                   | SEMS                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 52                   | SGM                                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 53                   | SPA                                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 54                   | S-SANJOSEDEVALLES S.A.                  | 0        | 0         | 0         | 0         | 1          | 0          | 0           | 0           | 1             |
| 55                   | ThyssenKrupp Mexican S.A. de C.V.       | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 56                   | UECM                                    | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 57                   | UNIMATHUALA                             | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| 58                   | UTSLP                                   | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 1           | 0           | 1             |
| 59                   | UVM                                     | 0        | 0         | 0         | 0         | 0          | 0          | 0           | 1           | 1             |
| <b>Participación</b> |   | <b>1</b> | <b>16</b> | <b>42</b> | <b>68</b> | <b>140</b> | <b>570</b> | <b>3203</b> | <b>4171</b> |               |

Fuente: elaboración propia.

Siendo uno de los principales objetivos de ese trabajo cubrir el mayor periodo de tiempo posible de la producción científica de SLP, en el Cuadro 3 se dividieron los sesenta años en siete columnas, consignándose en una columna adicional al año 1920, en la que se detectó la primera publicación de una institución potosina, de la empresa “Industrial Minera Mexico, S.A. de C.V.” que, sin embargo, le toma otros sesenta años, según nuestro estudio, para participar nuevamente en la producción científica del estado, con un trabajo en colaboración internacional entre México-Argentina, en el que también participa la UASLP y se publica en la revista *Surveys in Geophysics*, mientras que la publicación de 1920 es un trabajo individual en el Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers.

Es común que, en los casos en los que se encuentra sólo una participación (Cuadro 3), sea un efecto del proceso de colaboración entre una de las

instituciones líderes o de mayor producción, con instituciones con menos recursos materiales, humanos, informacionales o que están iniciando sus actividades de investigación; en el caso del sistema de investigación de SLP, el 51% de los casos entra en esta descripción.

SLP, desde principios del siglo XX, inició el desarrollo de la actividad industrial y junto con políticas que buscan acelerar este desarrollo, claramente permanentes desde los años cincuenta; algunos de los centros de investigación con vocación de apoyo y de promoción técnico-industrial-manufacturera también contribuyen a la producción científica, representados en las sedes domiciliadas en el estado, del Ciateq (posición 15 en el *Cuadro 4*) y el Cimav (posición 33 en el *Cuadro 3*).

Un caso aparte lo constituye El Colsan (quinta posición en *Cuadro 3*), ya que, por la naturaleza de su vocación científica, orientada hacia las ciencias sociales, sus hábitos de publicación no se consignan necesariamente en las bases de datos bibliométricas consideradas metodológicamente en este trabajo, y en general lo que aparece son conteos menores a sus totales reflejados en otro tipo de formatos, como el libro.

Como se menciona en el apartado de la metodología, se normaliza en segundo nivel, los casos de la UASLP, ss e IPICYT; siendo las tres instituciones líderes en la producción científica del estado de SLP. El *Cuadro 4* desglosa las participaciones de las escuelas, facultades e institutos que integran la UASLP, las aportaciones de los cinco departamentos y dos de los laboratorios nacionales asociados al IPICYT; y las participaciones del Hospital Central “Dr. Ignacio Morones Prieto”.

Cuadro 4. Producción científica desglosada principales dependencias de Instituciones potosinas

| Dependencias UASLP | Participación | Periodo de Producción Científica | Año de Fundación | Dependencias IPICYT | Participación | Periodo de Producción Científica | Año de Fundación | Dependencia SS     | Participación | Periodo de Producción Científica | Año de Fundación |
|--------------------|---------------|----------------------------------|------------------|---------------------|---------------|----------------------------------|------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|------------------|
| 1 IF               | 1460          | 1981-2015                        | 1956             | DMAv                | 513           | 2000-2015                        | 2000             | HC-DeMorenosPrieto | 318           | 1977-2015                        | 1946             |
| 2 FACMED           | 1201          | 1957-2015                        | 1923             | DBM                 | 312           | 2002-2015                        | 2000             |                    |               |                                  |                  |
| 3 FACCOQUIM        | 727           | 1988-2015                        | 1928             | DCA                 | 244           | 2005-2015                        | 2000             |                    |               |                                  |                  |
| 4 FACING           | 481           | 1987-2015                        | 1945             | DMA                 | 235           | 2002-2015                        | 2000             |                    |               |                                  |                  |
| 5 IICO             | 436           | 1990-2015                        | 1990             | PSA                 | 74            | 2002-2015                        | 2000             |                    |               |                                  |                  |
| 6 FACFINCIAS       | 420           | 1985-2015                        | 1956             | LINAN               | 36            | 2008-2015                        | 2006             |                    |               |                                  |                  |
| 7 IMETALUR         | 285           | 1995-2015                        | 1960             | CNS                 | 9             | 2004-2011                        | 2006             |                    |               |                                  |                  |
| 8 IIZD             | 234           | 1955-2015                        | 1954             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 9 FACESTOM         | 165           | 1985-2015                        | 1946             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 10 FAGV            | 115           | 1986-2015                        | 1972             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 11 CIACYT          | 102           | 2005-2015                        | 2009             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 12 IGEOI           | 91            | 1985-2015                        | 1987             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 12 FACENF          | 63            | 2005-2015                        | -                |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 13 COARA           | 51            | 2008-2015                        | -                |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 14 FACPSI          | 40            | 2004-2015                        | 1972             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 15 FACCSH          | 34            | 2006-2014                        | 2002             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 16 PMPCA           | 31            | 2007-2014                        | 2002             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 17 FCA             | 30            | 1974-2015                        | 1938             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 18 UZM             | 25            | 1998-2015                        | 1984             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 19 UZH             | 19            | 2010-2015                        | 1984             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 20 CEASSA          | 8             | 2008-2013                        | -                |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 21 FACECON         | 8             | 2005-2014                        | 1964             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 22 FACHAB          | 8             | 2003-2014                        | 1972             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 23 FCI             | 7             | 2008-2013                        | 1980             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 24 AGENAMBI        | 6             | 2006-2015                        | 1998             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 25 ECC             | 1             | 2009                             | 1985             |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |
| 26 CARIIS          | 1             | 2014                             | -                |                     |               |                                  |                  |                    |               |                                  |                  |

Fuente: elaboración propia.

Conviene mencionar que en el Cuadro 4 los totales de las participaciones por dependencia en cada institución no necesariamente coinciden con las cifras del Cuadro 4, ya que si existe colaboración interinstitucional (es decir, dos o más dependencias pertenecientes a la misma institución), entonces la sumatoria se modifica.

El Cuadro 4 enlista 26 dependencias pertenecientes a la UASLP, en forma descendente, desde las que más aportan: Instituto de Física (IF) y la Facultad de Medicina (Famed), con más de mil participaciones. En la siguiente columna se presenta el periodo en que se registra el año de la primera y última publicación (según nuestra base de datos), seguida por la columna del año de fundación de la dependencia. Este último dato le da un contexto a las participaciones, pues se observa que, en el caso de las dependencias de la UASLP, hay una brecha entre el año de origen reconocido por las dependencias y cuando se identifica su integración al sistema de comunicación científica vigente, de hecho, se ubica claramente la década de los ochenta como el inicio de la visibilidad en fuentes internacionales de la institución más productiva de SLP; siendo muy similar el comportamiento del representante del sector salud.

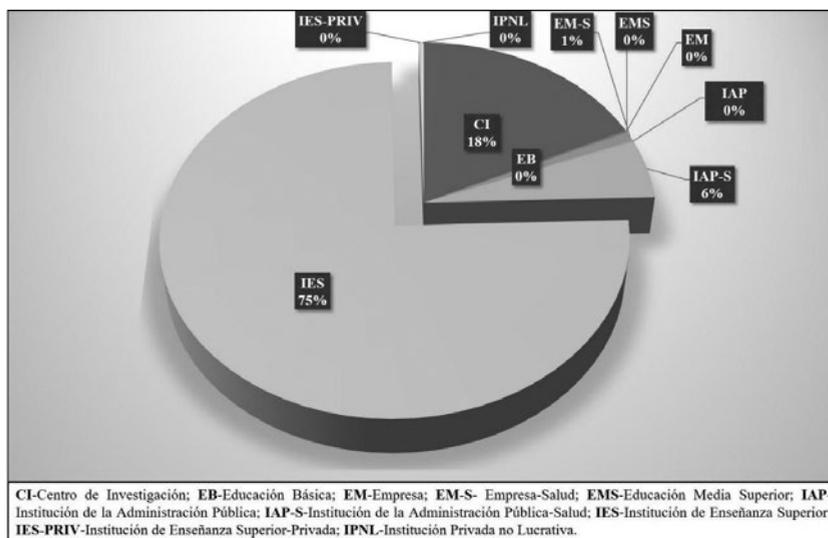
El caso del IPICYT es diferente, tanto en su concepción como en su desarrollo, pues obedece a la conjugación de políticas científicas, nacionales de interacción con una promoción y desarrollo local para el cultivo de la ciencia y la aplicación del conocimiento, en el que se reúnen estratégicamente recursos humanos calificados y recursos materiales adecuados a esos

objetivos (IPICYT, 2007); por lo que la producción de literatura científica es una consecuencia inmediata de la actividad de la institución.

La forma descendente de las participaciones de las dependencias en el Cuadro 4 posiciona a las disciplinas representativas, como las que encabezan los intereses de la actividad científica en SLP, siendo éstas las ciencias físicas (incluye la perspectiva del Departamento de Materiales Avanzados del IPICYT), y la Biomedicina, con un claro eco en la visión de las potencialidades de innovación de la entidad, para Moreno *et al.* (2008) las tres áreas más prometedoras son la automotriz, nanotecnología y materiales avanzados y el sector salud.

De la misma forma que el detalle de las dependencias institucionales proporciona un panorama específico de la actividad científica del estado, la división sectorial en la Figura 2 aporta elementos para la caracterización del sistema de investigación local.

Figura 2. Distribución porcentual por tipo de instituciones en la producción científica de SLP



Fuente: elaboración propia.

Para Moreno *et al.* (2008), el sistema de investigación del estado de SLP se compone de 62 instituciones de educación superior y 6 centros de investigación; mientras que Indra Busines Consultin (Conacyt, 2014: 51) identifica 64 instituciones de educación superior, 7 centros de investigación, 3 oficinas de transferencia tecnológica, 1 centro articulador, 144 empresas Reniecyt, 2

organismos intermedios, 1 parque tecnológico, 5 redes temáticas, 6 incubadoras y 2 clústers en formación; es decir, la infraestructura que se manifiesta a través de las publicaciones científicas lo que podríamos nombrar la red de instituciones que construyen los investigadores, es más reducida a la que se obtiene cuando se consultan otras fuentes oficiales, o investigaciones con intenciones diferentes a la de la medición de la información, mas no por ello menos informativa y más indicativa en cuanto a la aportación científica de esas instituciones.

En el sistema científico en México predomina la participación de las instituciones de educación superior (FCCT, 2011), y como se observa en la *Figura 2*, el caso del sistema local de SLP reproduce esta tendencia contundentemente; seguido en porcentajes por los centros de investigación. Cabe destacar aquí la participación de miembros del sector de educación básica e instituciones privadas no lucrativas, que si bien aportan menos del 1%, su presencia evidencia los procesos de colaboración con instituciones de mayor presencia porcentual y, en consecuencia, de un involucramiento diverso de actores en la actividad científica del estado.

## CONCLUSIONES

Para el sistema de investigación local de SLP se identificaron tres momentos en el estudio de sesenta años de producción científica: uno de inicio (1920-1979), en el que predominan los temas locales y la publicación individual; el de cimentación (1980-1999), que muestra un incremento constante de la producción científica, la construcción de un marco legal y una red de colaboraciones principalmente en las ciencias físicas.

Por último, está el periodo de proceso de consolidación (2000-2015), en el cual hay un mayor involucramiento de los actores de las redes de colaboración, un importante incremento en la participación de la ciencia de corriente principal y una correlación entre las áreas con potencial de innovación y las disciplinas cultivadas en las instituciones más visibles.

El enfoque de amplio espectro fue posible lograr a través de la armonización de las diferentes fuentes bibliográficas consultadas, el cual deja en claro que la estructura del sistema potosino de investigación muestra una diversidad e inclusión del tipo de instituciones que la conforman y, sobre todo, que SLP no tiene una actividad científica aislada del resto de la comunidad nacional e internacional, por lo que una permanente vigilancia de su producción proporcionaría elementos para una política científica certera con vías a una consolidación y mejor aprovechamiento de sus recursos científicos.

## REFERENCIAS

- Archuby, C. O. 2006. "Aprendiendo matemática con Bradford: propuesta metodológica de enseñanza de uso de los elementos básicos de la matemática en Bibliotecología y Ciencia de la Información [BYCI]", *Actas de encuentro. VII Encuentro Asociación de Educadores e Investigadores de Bibliotecología, Archivología, Ciencias de la Información y Documentación de Iberoamérica y el Caribe*, 2006. Marília, Brasil: 22-24 de noviembre: 470-486.
- Bornmann, L. y L. Leydesdorff. "Which cities produce more excellent papers than can be expected? A new mapping approach, using Google Maps, based on statistical significance testing", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 62, no. 10 (2011): 1954-1962.
- CERN. 2007. NA62 Detector, en <<https://na62.web.cern.ch/na62/Home/Home.html>> (último acceso: 15 de diciembre de 2015).
- Chaviano, O. G. 2008. "Aplicaciones y perspectivas de los estudios métricos de la información (EMI) en la gestión de información y el conocimiento en las organizaciones", *Biblat.*, en <<http://biblat.unam.mx/es/revista/revista-aibda/articulo/aplicaciones-y-perspectivas-de-los-estudios-metricos-de-la-informacion-emi-en-la-gestion-de-informacion-y-el-conocimiento-en-las-organizaciones>> (último acceso: 22 de 08 de 2016).
- Collazo-Reyes, F. y M. E. Luna-Morales. 2002. "Física mexicana de partículas elementales: organización, producción científica y crecimiento", *Interciencia* 27, no. 7: 347-353.
- Collazo-Reyes, F., M.E. Luna-Morales, J.M. Pérez-Angón y M.E. Russell. 2010. "Enriching knowledge production patterns of Mexican physics in particles and fields", *Scientometrics*, vol. 85, no. 3: 791-802.
- Collazo-Reyes, F., M. E. Russell y J.M. Luna-Morales. 2004. "Publication and citation patterns of the Mexican contribution to a 'Big Science' discipline: Elementary particle physics", *Scientometrics*, vol. 60, no. 2: 131-143.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). 2014. *Agenda de innovación de San Luis Potosí*. México: Conacyt.
- Crane, Diana. 1972. *Invisible Colleges; Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*. Chicago: University of Chicago Press.
- Elsevier. 2016. *Elsevier Scopus Content.*, en <<https://www.elsevier.com/solutions/scopus/content>> (último acceso: 24 de agosto de 2016).
- European Organization for Nuclear Research. 2008-2014. CMS Collaboration. , en <<http://cms.web.cern.ch/content/cms-collaboration>> (último acceso: 15 de noviembre de 2015).
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (FCCT). 2014. *Ranking nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. México: FCCYT.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. (FCCT). 2011. *Ranking de producción científica mexicana*. México: FCCT.
- Garvey, W. D. y B.C. Griffith. 1972. "Communication and information processing within scientific disciplines: Empirical findings for psychology", *Information storage and retrieval*, vol. 8, no. 3: 123-136.

- Gorbea Portal, S. 2005. *Modelo teórico para el estudio métrico de la información documental*. Gijón: Trea.
- Gorbea Portal, S. , 1996. *El modelo matemático de Bradford: su aplicación a las revistas latinoamericanas de las Ciencias bibliotecológica y de la información*. México: Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, unam (Monografías, 21).
- Hernández García, Y., Dray M. Kleichey J. M. y Russell. 2013. “Enfoques metodológicos para identificar y caracterizar la investigación mexicana en química en bases de datos bibliográficas”, *Investigación bibliotecológica*, vol. 27, no 59: 35-66.
- Hurd, J. M. 1996. “Models of scientific communication systems”, en , de S. Y. Crawford, J. M. Hurd y A.C. Weller, eds., *From print to Electronic. The transformation of scientific communication* Medford, NJ: American Society for Information Science, 9-33.
- Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT). 2007. Anuario 2007. San Luis Potosí: IPICYT.
- Kostoff, R. N., J. A. del Rio, J.A. Humenik, E. O. Garcia y A.M. Ramirez. 2001. “Citation mining: Integrating text mining and bibliometrics for research user profiling”, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 52, no. 13: 1148-1156.
- Kretschmer, Hildrun. 1994. “Coauthorship networks of invisible colleges and institutionalized communities”, *Scientometrics*, vol. 30, no. 1: 363-369.
- Lawani, S.M. 1981. “Bibliometrics-Its theoretical foundations, methods and applications”, *LIBRI*, vol. 31, no. 4: 294-315.
- Lawani, S.M. 1986. “Some bibliometric correlates of quality in scientific research”, *Scientometrics*, vol. 9, no. 1-2: 13-25.
- Lievrouw, Leah A. 1989. “The Invisible College Reconsidered: Bibliometrics and the Development of Scientific Communication Theory”, *Communication Research*, vol. 16, no. 5: 615-628.
- Luna-Morales, E., J. M. Russell y C. Mireles-Cárdenas. 2012. “Evolución e impacto de la investigación en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México: Patrones de publicación y Sistema Nacional de Investigadores”, *Investigación Bibliotecológica*, vol. 26, no. 58: 175-213.
- Moreno Mata, A., D. Ríos Jara B. Medina Rivera y R. Alva Fuentes. 2008. “Foro Internacional Sincco”, *El sistema de innovación regional de San Luis Potosí. Avances y retos*, en <[http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2008/MT2/SESSION3/MT2\\_MORENO\\_RIOS\\_ALVA\\_MEDINA.pdf](http://www.concyteg.gob.mx/formulario/MT/MT2008/MT2/SESSION3/MT2_MORENO_RIOS_ALVA_MEDINA.pdf)> (último acceso: 14 de noviembre de 2015).
- Mutschke, P. y P. Mayr. 2015. “Science models for search: a study on combining scholarly information retrieval and scientometrics”, *Scientometrics*, vol. 102, no. 3: 2323-2345.
- Nicholson, S. 2006. “The basis for bibliomining: Frameworks for bringing together usage-based data mining and bibliometrics through data warehousing in digital library services”, *Information Processing & Management*, vol. 42, no. 3: 785-804.
- O’Connor, D.O. y H. Voos. 1981. “Empirical laws, theory construction and bibliometrics”, *library Trends*, vol. 30, no. 1: 9-20.
- Ortega Priego, J. 2001. “Análisis de referencias basado en un modelo de espacios vectoriales: la investigación en historia contemporánea en Jaén durante 1990-1995”, *Revista española de Documentación Científica*, vol. 24, no. 4: 369-381.



2. Revistas con mayor concentración de trabajos

|   | Revista                        | 1980-1989 | 1990-1999 | 2000-2009 | 2010-2015 | Total documentos |
|---|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| 1 | JOURNAL OF HIGH ENERGY PHYSICS | 0         | 0         | 0         | 138       | 138              |
| 2 | PHYSICAL REVIEW B              | 18        | 42        | 61        | 14        | 135              |
| 3 | PHYSICS LETTERS B              | 0         | 0         | 8         | 107       | 115              |
| 4 | PHYSICAL REVIEW E              | 0         | 20        | 64        | 26        | 110              |
| 5 | REVISTA MEXICANA DE FISICA     | 0         | 24        | 64        | 21        | 109              |
| 6 | PHYSICAL REVIEW LETTERS        | 3         | 7         | 30        | 69        | 109              |

*Para citar este texto:*

Hernández-García, Yoscelina I.; Navarro-Contreras, Hugo. 2017.

“Estudio bibliométrico del sistema de investigación local de San Luis Potosí (1920-2015)”. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 249-270.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57892>

# Comportamiento métrico de las patentes concedidas en Cuba: su contribución a la innovación tecnológica nacional

Maidelyn Díaz Pérez  
Raudel Giráldez Reyes\*  
Humberto Andrés Carrillo-Calvet\*\*

*Artículo recibido:*  
28 de julio de 2016  
*Artículo aceptado:*  
16 de enero de 2017

## RESUMEN

Los estudios métricos de patentes desde finales del pasado XX son una valiosa herramienta de vigilancia científica tecnológica y de innovación, convirtiéndose en instrumento indispensable para conocer el comportamiento tecnológico internacional. Sin embargo, los estudios patentométricos no son aplicados óptimamente por todos los países, ni por todos los organismos internacionales, tampoco son aprovechadas todas las potencialidades que ofrecen estos estudios para conocer los diferentes contextos de las innovaciones tecnológicas de un país. Este artículo tiene como objetivo analizar

\* Universidad de Pinar del Río, Cuba. maidelyn@upr.edu.cu, giraldez@upr.edu.cu.

\*\* Facultad de Ciencias, UNAM. México. carr@servidor.unam.mx.

el comportamiento métrico de las patentes concedidas en Cuba, aplicando una metodología propia que describe las principales innovaciones científico-tecnológicas patentadas por la Oficina Cubana de Propiedad Industrial. La metodología propuesta utiliza el software proIntec para la descarga, normalización, procesamiento, análisis y visualización de los datos procedentes de las patentes, y se aplica un amplio grupo de indicadores métricos relacionales y complejos, así como técnicas de redes sociales para visualizar los principales comportamientos de las innovaciones tecnológicas cubanas. Los resultados finales manifiestan las potencialidades de los estudios métricos de patentes, al poder representar los desarrollos tecnológicos del país y sus contribuciones al sistema de ciencia e innovación tecnológica nacional.

**Palabras clave:** Estudio patentométrico de innovaciones tecnológicas; Redes de dominios tecnológicos; Indicadores de colaboración tecnológica.

### **Metric behavior of patents granted in Cuba: its contribution to the national technological innovation**

*Maidelyn Díaz Pérez, Raudel Giráldez Reyes and Humberto Andrés Carrillo-Calvet*

#### **ABSTRACT**

Metric patent studies since the end of the last century are a valuable tool for scientific technological and innovation surveillance, becoming an indispensable instrument for knowing the international technological behavior. However, patentometric studies are not applied optimally by all countries or by all international organizations, nor are all the potential of these studies used to know the different contexts of a country's technological innovations. This research aims to analyze the metric behavior of patents granted in Cuba applying an own methodology that describes the main technological scientific innovations patented by the Cuban Office of Industrial Property. The proposed methodology uses

proIntec software for the download, normalization, processing, analysis and visualization of data from patents, and applies a large group of relational and complex metrics, as well as social networking techniques to visualize the main behaviors of Cuban technological innovations. The final results show the potential of metric patent studies to represent the country's technological developments and its contributions to the national science and technological innovation system.

**Keywords:** Patentometric studies of technological innovations; Technological domain networks; Technological collaboration indicators.

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación se enmarca en una de las modalidades más polémicas de la propiedad industrial, la información de patentes, y defiende la premisa que plantea que los estudios de Análisis de Dominios Tecnológicos basados en documentos de patentes son una propuesta factible de los países menos desarrollados para tener una mayor autonomía sobre los conocimientos que se patentan en sus estados (Díaz, 2005; 2007; Díaz y Moya, 2008; Díaz, Rivero y Moya, 2010). El análisis métrico de patentes es una herramienta imprescindible para monitorear, controlar, evaluar y mantener una vigilancia científico tecnológica competitiva de los resultados generados en actividades de investigación, desarrollo e innovación, así como un instrumento necesario para documentar la elaboración de políticas en ciencia y tecnología, así como la definición de prioridades para el desarrollo articulado de la ciencia, la tecnología y la innovación en una región, país, institución o cualquier otra instancia (Díaz, Guzman y Orea, 2007; Giráldez, Díaz y Armas, 2008).

La mayoría de las organizaciones regionales e internacionales (relacionadas con estudios de patentes) utilizan mayoritariamente los análisis sobre el desarrollo de los países indicadores, que reflejan las macroeconomías (cantidad de patentes solicitadas y concedidas por nacionales y extranjeros, etc.), mas no publican indicadores que representen los desarrollos internos (microeconomía) de los países, considerados estos últimos esenciales en la presente investigación para conocer los contextos donde se desarrollan las innovaciones endógenas. Ya que es tan importante conocer la productividad científico-tecnológica de un país, por ejemplo, estudiar el comportamiento de sus actores dentro del contexto nacional e internacional. Se precisa dejar

atrás la concepción teoricista en la que la ciencia son las teorías y formulaciones teóricas, y la tecnología son patentes de artefactos materiales, conjeturando incluso que la tecnología es sólo ciencia aplicada. Tendencia incierta, hoy los márgenes entre la ciencia y la tecnología se tornan cada vez más difusos y difícilmente observables, por resulta tan complejo definir indicadores que reflejen fielmente la realidad científico tecnológica y de innovación de un dominio.

Tal y como existen metodologías para el análisis del sistema de ciencia, basadas en indicadores de producción científica (artículos), existen metodologías para medir o evaluar el desarrollo tecnológico (Meyer *et al.*, 2004). Para este fin, las patentes son la fuente de información más confiable y relevante que permite medir la producción tecnológica de un dominio (Medina, 1996). Los estudios más significativos sobre la importancia del uso métrico de la información de patentes empezaron a publicarse en los sesenta. En los ochenta, Narin, Hamilton y Olivastro (1995) hablan ya de la patentometría como un equivalente del análisis bibliométrico de patentes, convirtiéndose, desde entonces, en uno de los análisis de mayor utilidad para las industrias, porque permiten un mayor acercamiento a la realidad tecnológica; así como identificar nichos tecnológicos de industrias y firmas (Stuart y Podolny, 1996); identificar redes de innovación en el desarrollo de tecnologías (Griliches, 1990) y posibles relaciones entre sí (ciencia-tecnología) (Brooks, 1994). Además de utilizar las patentes para evaluar las investigaciones, la evolución de las tecnologías y el desarrollo de diferentes dominios (Trajtenberg, 1990; Jaffe, Trajtenberg y Henderson, 1993; Narin, 1994; 1998).

A partir de todas las fortalezas de las patentes como fuente de información y las posibilidades que ofrece para describir el desarrollo tecnológico de los países, se identifican como una de las vías más expeditas y efectivas para describir la gran variedad de aspectos presentes en los procesos de innovación tecnológica regionales. Ante esta realidad, se manifestó, desde finales del siglo XX, la necesidad de perfeccionar los estudios métricos y las propuestas de nuevos métodos de análisis y medición de la información contenida en los documentos de patentes, las cuales permiten describir los principales comportamientos de un país, proyecto, línea de investigación u otro dominio tecnológico, saber, además, las relaciones que se establecen entre los titulares e inventores más productivos por sectores de la tecnología.

También son necesarios los estudios que analicen la descomposición de la clasificación por los sectores técnicos más desarrollados, analizando sus relaciones por años, titulares, inventores, e identificando el núcleo, especialización y diversidad tecnológica por ramas del conocimiento tecnológico. Estos estudios permiten identificar las colaboraciones con otros países y dentro

del país, así como las relaciones multi e interdisciplinarias en los resultados científicos y tecnológicos alcanzados, indagando además en las relaciones de triple hélice que se establezcan en los contextos tecnológicos.

Sin embargo, la revisión de la bibliografía consultada mostró que, hasta la fecha, no existen muchos estudios patentométricos que obtengan todos los análisis ya mencionados. El estado de la cuestión reveló pocas investigaciones que manejen metodologías que utilicen técnicas de redes sociales e indicadores relacionales y complejos para describir las diferentes dimensiones del comportamiento tecnológico de un dominio; país, región, línea de investigación, proyectos de investigación, entre otros.

Los estudios patentométricos no se aplican óptimamente en todos los países ni por parte de los organismos internacionales, tampoco se aprovechan todas las potencialidades que ofrecen estos estudios para conocer los diferentes contextos de las innovaciones tecnológicas de un país. Este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento métrico de las patentes concedidas en Cuba, aplicando una metodología propia que describe las principales innovaciones científico tecnológicas patentadas por la Oficina Cubana de Propiedad Industrial.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las patentes se consideran unidades de capacidad tecnológica porque representan conocimiento tecnológico, identificándolas como unidades de estudio, cómputo y medición sobre las que se trabajará aquí. Y como fuente de datos se establecen las patentes concedidas por la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial de Cuba (OCPI), publicadas en la base de datos de esta oficina y en su boletín oficial.

Se descargaron, sin fines de lucro, todas las patentes registradas en la OCPI y publicadas en su boletín oficial entre el 1 de enero de 1997 y el 31 de diciembre de 2008, es decir, en un periodo de doce años. Del total de patentes descargadas, sólo fueron introducidas a la base de datos los documentos con toda la información solicitada en los campos obligatorios de la patente.

El periodo que se analiza es una serie cronológica de doce años, enmarcada entre 1997 y 2008. La fecha que se recupera es el año de concesión de la patente. Se excluye la fecha de solicitud de la patente, considerando más apropiado en esta investigación las fechas de las patentes concedidas, porque representan conocimiento nuevo constituido e introducido en el mercado internacional.

Se utiliza el software proIntec para la descarga, normalización, procesamiento, análisis y visualización de los datos procedentes del documento de

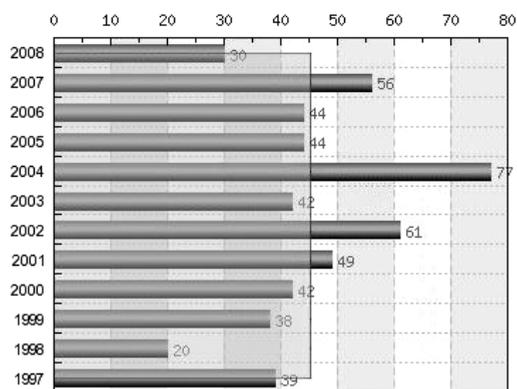
patente; software con confiabilidad probada y contrastada en diferentes estudios internacionales (Moya *et al.*, 2011; Pérez, Díaz y Giráldez, 2014; Díaz *et al.*, 2014d; Díaz *et al.*, 2014a; Díaz *et al.*, 2014b; Díaz *et al.*, 2014c; Díaz *et al.*, 2016).

Y se manipulan como técnica de análisis y visualización de datos las redes presentadas en forma de nodos o vértices, en las que la estructura semántica se encuentra definida por los enlaces o relaciones que conectan dichos nodos. La visualización mediante redes hace posible representar las conexiones en red, se utilizan variables cruzadas para identificar patrones que subyacen en las redes de innovación y describir los comportamientos más significativos de cada contexto tecnológico. En tanto que para la visualización de la información en forma de mapas tecnológicos se utiliza el algoritmo Pathfinder, para mostrar sólo los enlaces más relevantes de las redes mapeadas. Se usa como técnica de poda la delimitación numérica de la intensidad de las relaciones en los nodos cuya relación es débil. En cuanto al posicionamiento de los nodos, se emplea el algoritmo de representación espacial Spring Embedded, y el Netdraw para manipular los gráficos en las representaciones visuales.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del procesamiento realizado a los registros de patentes, se obtuvo un total 901 patentes concedidas por la OCPI entre 1997 y 2008. De esta cifra, existe un total de 542 patentes en los doce años estudiados cuyos titulares son cubanos (*Figura 1*).

*Figura 1. Patentes por año*



Fuente: software proIntec.

El análisis por secciones de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), o secciones del conocimiento tecnológico, reveló que Cuba tiene invenciones en las ocho secciones de la técnica; y que existen diferentes autores (investigadores e inventores) e instituciones (titulares) trabajando las mismas secciones del conocimiento tecnológico, e incluso trabajando de conjunto. Mas no todos los sectores de innovación poseen los mismos grados de maduración tecnológica, hay sectores del conocimiento tecnológico con mayor capacidad innovadora que otros. En los sectores del conocimiento que obtienen mayores resultados tecnológicos innovadores se encuentran: Química-Metalúrgica (C-222); Necesidades Corrientes de la Vida (A-212 patentes); la Física (G-58 patentes) y las Técnicas Industriales Diversas-Transporte (B-54 patentes).

El *Cuadro 1* se obtuvo cruzando la variable patente por años con la variable clasificación temática, el análisis de este indicador revela la trayectoria tecnológica de las innovaciones cubanas; refleja las nuevas tendencias que emergen en el desarrollo tecnológico del país en los últimos años, así como los sectores temáticos donde existen innovaciones permanentes.

Este análisis reveló que Cuba investiga en todas las áreas del conocimiento tecnológico de forma sistemática, o sea el país tiene una estrategia sostenida en el desarrollo de sus tecnologías. Se infiere que existe una permanencia en la introducción y escalado de innovaciones en el mercado internacional, convirtiendo el país en un fuerte competidor en el desarrollo de determinadas tecnologías, principalmente médicas, como develó el análisis por sectores temáticos (Lage, 2008).

*Cuadro 1.* Patentes cubanas por sección de la técnica por años

| CIP/<br>Años | A  | B | C  | D | E | F | G  | H | Total |
|--------------|----|---|----|---|---|---|----|---|-------|
| 1997         | 16 | 4 | 17 |   | 1 | 3 |    |   | 41    |
| 1998         | 7  | 5 | 4  |   | 1 | 2 | 1  | 1 | 21    |
| 1999         | 9  | 2 | 11 |   | 3 | 4 | 4  | 7 | 40    |
| 2000         | 16 | 5 | 12 |   |   |   | 13 | 3 | 49    |
| 2001         | 21 | 3 | 16 |   | 1 | 3 | 6  | 2 | 52    |
| 2002         | 22 | 2 | 32 | 1 |   | 5 | 5  |   | 67    |
| 2003         | 17 | 5 | 23 | 1 | 2 | 1 | 6  |   | 55    |
| 2004         | 42 | 8 | 27 | 1 |   | 4 | 9  | 3 | 94    |
| 2005         | 17 | 3 | 19 |   | 2 | 4 | 4  |   | 49    |

| CIP/<br>Años | A          | B         | C          | D        | E         | F         | G         | H         | Total      |
|--------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 2006         | 18         | 7         | 15         | 3        | 1         | 2         | 4         | 1         | 51         |
| 2007         | 21         | 5         | 31         | 1        |           | 1         | 4         | 3         | 66         |
| 2008         | 6          | 5         | 15         | 1        |           | 4         | 2         |           | 33         |
| <i>Total</i> | <i>212</i> | <i>54</i> | <i>222</i> | <i>8</i> | <i>11</i> | <i>33</i> | <i>58</i> | <i>20</i> | <i>618</i> |

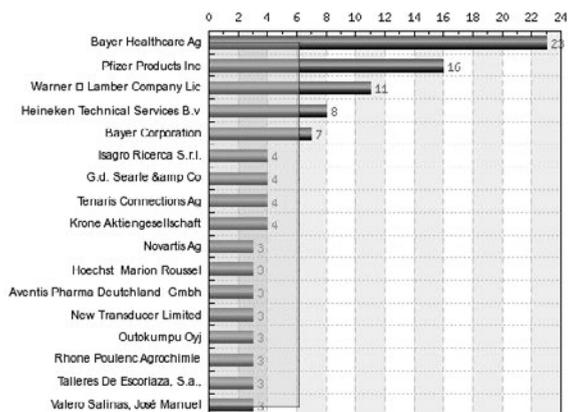
Leyenda: Los títulos de las secciones son los siguientes:

A) Necesidades corrientes de la vida; B) Técnicas industriales diversas; transportes; C) Química; metalurgia; D) Textiles; papel; E) Construcciones fijas; F) Mecánica; iluminación; calefacción; armamento; voladura; G) Física; H) Electricidad.

Fuente: software proIntec.

La *Figura 2* muestra las empresas titulares extranjeras con más de dos patentes registradas en Cuba. La mayor presencia la ocupa la firma Bayer Healthcare de Alemania (subgrupo de Bayer, proveedor de productos médicos y farmacéuticos) que investiga, desarrolla, fabrica y comercializa productos innovadores para la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Le siguen las firmas estadounidenses Pfizer, Warner-Lamber Company y la holandesa Heineken. Pfizer es una de las compañías biofarmacéuticas más importantes del mundo (más de siglo y medio) en descubrimiento, desarrollo y fabricación de medicamentos para personas y animales.

*Figura 2.* Titulares de otros países con más de dos patentes en Cuba



Fuente: software proIntec.

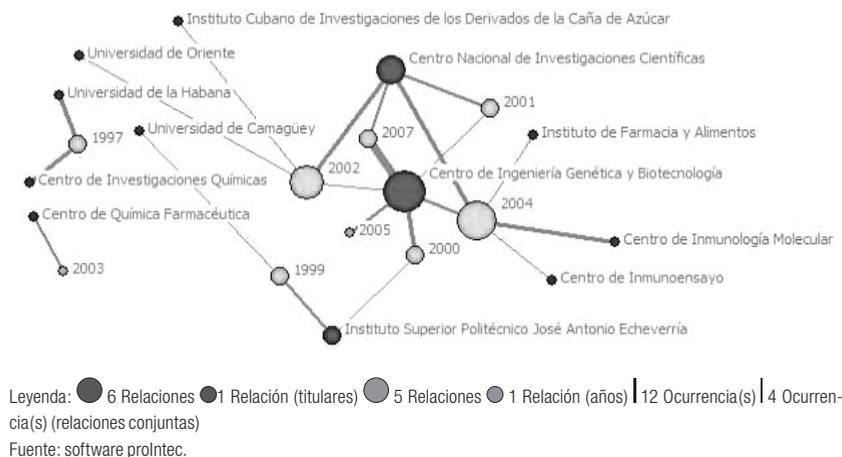
La biotecnología es uno de los ejemplos más ilustrativos: Europa publica la mayor producción científica sobre esta temática, siendo superior a la de Estados Unidos, sin embargo, este último patenta más en Europa en este tema

que los europeos mismos. Informes de la Comisión Europea dicen que este continente supera a Estados Unidos y Japón en la producción científica (González, 2002; Hidalgo, 2003). Y que las universidades europeas son excelentes generadoras de conocimiento, pero el nivel de rendimiento europeo en el sector de la alta tecnología ha decrecido, lo que se manifiesta en un incremento en el déficit comercial de este tipo de productos (Comisión Europea, 2003; Azagra, Caracol y Llerena, 2006). Mientras en Cuba la política científica tecnológica es diferente, por ejemplo, en las universidades se les exige mediante el Sistema Interno de Propiedad Industrial (SIPI) una integración adecuada entre la gestión de la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica con la gestión de la propiedad industrial, manejando articulada y conjuntamente ambos fenómenos en el desarrollo de los proyectos de innovación tecnológica (I+D+i).

Este escenario cubano sería cautivador para países con intereses tecnológicos similares, incluso constituir una fuerte competencia principalmente en tecnologías biotecnológicas, razón por lo que constituye un destino obligado para proteger patentes de este sector y otras áreas a fines (Lage, 2004: 10-39). El análisis de las patentes foráneas dejó ver algunos datos muy interesantes, por ejemplo, Estados Unidos es el país que tiene registradas el mayor número de patentes foráneas en Cuba y además es el único titular extranjero con registros en todas las secciones del conocimiento de la técnica; y España es el país que más aporta conocimientos al país mediante investigaciones bajo titularidad cubana, con una presencia sostenida en casi todos los años estudiados.

Un análisis infaltable en esta investigación es el cálculo de la productividad por titulares. En primera instancia, se conoció que existen 191 titulares cubanos que han registrado sus patentes entre 1997 y 2008. La *Figura 3* filtra los titulares más productivos (más de tres patentes en el periodo estudiado), representando la cantidad de patentes por años de cada titular. Según este análisis, el núcleo de titulares más productivos de Cuba procede de universidades y centros de investigación, se estima que estas instituciones tienen una estrategia de patentamiento emprendedora en los procesos de ciencia e innovación tecnológica.

Figura 3. Cantidad de patentes por titulares y años



La *Figura 3* posiciona al Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) como el titular con mayor cantidad de patentes y presencia tecnológica en casi todos los años estudiados, exhibiendo su mayor productividad en el año 2007 con 12 patentes concedidas. El CIGB es una institución del polo científico con más de 130 patentes solicitadas en Cuba, 75 invenciones registradas en otros países, y más de mil solicitudes en todo el mundo (OMPI2009). El Centro Nacional de Investigaciones Científicas (cnic) ocupa la segunda posición dentro del país. Este centro ha sido multiplicador de un gran número de doctores en ciencia en el país, además de haber sido gestor y formador de varios centros a partir de los grupos de investigación que creó e impulsó, por ejemplo, el Centro de Inmunoensayo (CIE); Centro de Química Farmacéutica (CQF), Centro de Neurociencias, etc. Le sigue en número de patentes la Universidad de La Habana, con su mayor productividad en 1997, cuando le otorgaron siete patentes. Esta universidad con más de 285 años de fundada, ha sido el centro que tradicionalmente publica el mayor porcentaje de artículos científicos en corriente principal (Arencibia y Moya, 2008). En este caso, se corresponde su productividad científica con la tecnológica, al ocupar la tercera posición dentro de los titulares más productivos de Cuba. Esto indica que, a pesar de ser una universidad, continúan las investigaciones en determinados sectores del conocimiento tecnológico hasta cerrar el ciclo de I+D+i, e introducir los resultados de sus investigaciones científico-tecnológicas en la economía y en la sociedad.

En cambio, el Centro de Inmunología Molecular, con su mayor presencia en 2004, tiene como principal misión obtener y producir nuevos biofármacos





El Centro Nacional de Biopreparados es la institución que más ha trabajado en colaboración (*Figura 5*), es considerado el titular que mayores potencialidades tiene para establecer relaciones de investigación colaborativas aprovechando mejor sus capacidades tecnológicas.

Otra relación significativa se establece entre el CIGB y el Instituto Pedro Kourí en el área de la biotecnología, así como entre el Instituto de Investigaciones Forestales y el Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nuclear. Se consideran también muy interesantes las colaboraciones que se gestan en Cuba entre los ámbitos universidad-empresa. Estos resultados son fruto de la estrategia que ha establecido la política nacional de ciencia y tecnología del país para articular mejor los recursos financieros destinados a la investigación desarrollo e innovación tecnológica en función de los principales problemas de la sociedad cubana (CITMA, 2012).

Es un hecho que los tecnólogos cubanos no investigan lo que quieren, sino lo que más necesita el país; son los programas nacionales y territoriales de ciencia y tecnología los que establecen las pautas de la investigación en Cuba (CITMA, 2014; CIEM, 2012). Muy al contrario de otros países, donde no se tiene claro el destino de las invenciones y los beneficiarios de los principales desarrollos tecnológicos de los países (Aboites, Beltrán y Guzman, 2008).

Esta investigación igualmente analiza las relaciones colaborativas entre los inventores, desde la perspectiva de que existen diferentes tipos de redes en el contexto de las innovaciones. En este caso de estudio, se analizaron las redes que se construyeron entre los actores investigadores para el desarrollo de determinadas tecnologías.

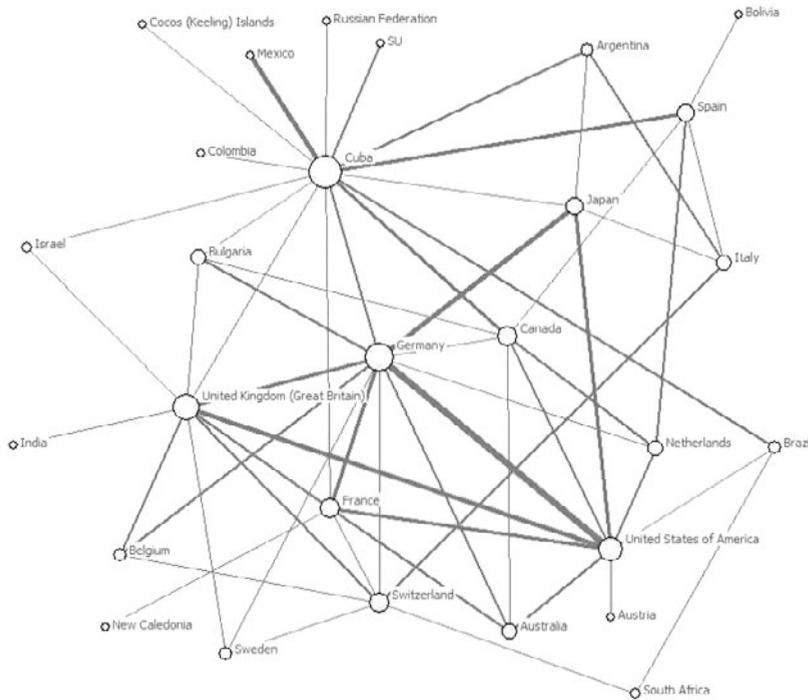
Por la gran cantidad de inventores cubanos que existen en el periodo estudiado, se determinó podar el análisis, estableciendo como mínimo dos relaciones. La *Figura 6* muestra los actores investigados conjuntamente en más de dos ocasiones, identificando incluso en este mapa algunos grupos de investigación con hasta seis relaciones de colaboración en el desarrollo de diferentes tecnologías. Lo que constata que en el país existen varios grupos de investigación que trabajan conjuntamente en la generación de innovaciones tecnológicas. Se considera que este tipo de análisis es muy valorado, cuando se necesita conocer los principales frentes de investigación de un dominio así como las relaciones entre sí; de hecho, la *Figura 6* refleja los principales núcleos de investigación que tiene el país en el periodo estudiado.



España tiene el mayor aporte de conocimiento a investigaciones bajo titularidad cubana, con una presencia sostenida en casi todos los años estudiados.

- México tiene gran participación en 2008.
- Canadá con los valores más altos en 2004.
- y otros países como Argentina, Israel, Rusia, etc., han trabajado en colaboración con Cuba.
- Mientras los niveles más bajos de colaboración internacional son con Inglaterra, Estados Unidos, Francia y Alemania.

Figura 7. Coinvención por procedencia del país



Leyenda:

● 15 relaciones ● 1 (países) relación | 11 ocurrencias | 1 ocurrencia (relaciones conjuntas)

Fuente: proIntec.

En el país existe un potencial científico muy alto, lo que significaría un peligro o alerta a otros países productores de similares tecnologías. Esta situación convierte al país en un frente tecnológico muy atractivo, tanto para desarrollar investigaciones en colaboración conjunta, como para proteger

determinadas invenciones que pudieran ser copiadas o transferidas al sector nacional (Lage, 1995; 2001).

### CONSIDERACIONES FINALES

Del análisis del estado de la cuestión de esta investigación se infiere y constata que hoy se precisan instrumentos metodológicos más pragmáticos, un sistema de indicadores más confiable y técnicas métricas más precisas en los estudios patentométricos. Con la finalidad de obtener una mayor cantidad de datos sobre el contexto donde se realizan las innovaciones, principalmente el *contexto social* (investigadores e instituciones), *contexto geográfico* (países, ciudades, regiones, etc.), *contexto temporal* (series cronológicas), *contexto temático* (sectores del conocimiento tecnológico donde se han desarrollado las investigaciones), *contexto relacional y participativo* (relaciones de colaboración), entre los contextos que mayor información tributan a este tipo de investigaciones.

El estudio sobre el desarrollo tecnológico de Cuba, basado en el análisis de la información contenida en los documentos de patentes, mostró, de cierta forma, la correspondencia del comportamiento de este país con las nuevas tendencias teóricas sobre innovación. Ésta, como sistema, es un proceso social en el que convergen e interactúan distintos actores y factores, de diferente naturaleza, en un entorno que propicia esta integración, siendo de un valor mayor la inclusión de cada una de sus partes y no su simple suma, obteniendo de esta integración sistémica un estadio superior de desarrollo en la solución de los problemas de la sociedad. Supuesto que ha sido validado en este caso de estudio.

Otra consideración importante es que el estudio reveló que las universidades con mayor producción científica en Cuba se corresponden con las de mayor productividad tecnológica o de patentes, lo que indica que existen universidades cubanas que cierran el ciclo de investigación, desarrollo e innovación. Este escenario innovador favorece los procesos de aprendizaje colectivo, en los que fluye el conocimiento desde diferentes ambientes, propiciando la transferencia de conocimiento y la creación de habilidades y capacidades tecnológicas. Se muestra, por parte de Cuba, una alta capacidad de retención y captura de conocimiento tecnológico, con una estrategia de patentamiento efectiva en el ámbito de la colaboración internacional.

Este análisis de patentes permitió comprender que Cuba tiene un desarrollo tecnológico con alta escalabilidad de sus innovaciones en el mercado nacional e internacional, radicando su vanguardia tecnológica principalmente en el área de la biotecnología.

## RECONOCIMIENTOS

Se reconoce el apoyo del Programa VLIR, Red Universitaria de Cooperación del Consejo Inter Universitario Flamenco (VLIR), específicamente al proyecto International Project “Fortalecimiento del papel de las tic en las universidades cubanas para el desarrollo de la sociedad”, Cuba-Bélgica, en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS

- Aboites, J, T Beltrán y A. Guzman. 2008. “¿Quién apropia el conocimiento producido por los inventores?” La Habana: IV Seminario Internacional de Estudios Cuantitativos y Cualitativos de la Información INFO.
- Arencibia, Ricardo y Felix Moya-Anegón. 2008. “Visibilidad e impacto de las instituciones adscritas al Ministerio de Educación Superior de Cuba en la Web de la Ciencia (2004-2006)”. La Habana: IV Seminario Internacional de Estudios Cuantitativos y Cualitativos de la Información INFO.
- Azagra-Caro, J.M., M Caracol y P. Llerena. 2006. “Patent production at a European Research University: exploratory evidence at the laboratory level”, *Journal of Technology Transfer*, vol 31: 257-268.
- Brooks, Dana. 1994. “The relationship between science and technology”, *Research Policy*, vol. 23: 477-86.
- CIEM. 2012. “Investigación sobre desarrollo humano y equidad en Cuba”. La Habana: Caguayo.
- CITMA. 2014. “Programas para el perfeccionamiento y desarrollo de la innovación en Cuba”. La Habana: CITMA.
- CITMA. 2012. “Bases para el perfeccionamiento y desarrollo de la innovación en Cuba”. La Habana: CITMA.
- Comisión Europea. 2003. “El rendimiento de la investigación de la ue sigue aumentando, pero se enfrenta a importantes retos”, *Tercer Informe Europeo sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología*. Bruselas: CE.
- Díaz Pérez, Maidelyn. 2007. “Producción tecnológica de América Latina con mayor visibilidad internacional: 1996- 2007”. Granada: Universidad de Granada, tesina en opción al Diploma de Estudios Avanzados.
- Díaz Pérez, Maidelyn. 2005. “La información de patentes en el ciclo de vida de un proyecto de investigación: caso de estudio”. La Habana: Universidad de La Habana, Facultad Comunicación e Información Científica, Maestría en Ciencias de la Información.
- Díaz Pérez, Maidelyn, Raudel Giráldez Reyes, Félix Moya Anegón y Humberto Carrillo-Calvet. 2016. “Análisis patentométrico de un dominio geográfico: Iberoamérica”. *TransInformação*, vol. 28, no. 3.
- Díaz Pérez, Maidelyn y Félix Moya Anegón. 2008. “El análisis de patentes como estrategia oportuna para la toma de decisiones innovadoras”, *El Profesional de La Información*, vol. 17, no. 1.

- Díaz Pérez, Maidelyn, María Victoria Guzman y Ubaldo Orea. 2007. "Estudio patentométrico de un proyecto de investigación", *Revista Ciencias de la Información*, vol. 38, no. 3: 57-66.
- Díaz Pérez, Maidelyn, María Victoria Guzman, Raudel Giráldez Reyes, Dayron Armas Peña, Reinaldo Javier Rodríguez Font y Humberto Carrillo-Calvet. 2014a. "Tuberculosis, *Bacillus Calmette-Guérin* (BCG) y vacunas de tuberculosis: análisis de patentes". *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, vol. 25, no. 3.
- Díaz Pérez, Maidelyn, Raudel Giráldez Reyes, Dayron Armas Peña y Reinaldo Javier Rodríguez Font. 2014b. "El profesional de la información en los procesos de innovación de la educación superior", *Revista Caribeña de las Ciencias Sociales* (noviembre).
- Díaz Pérez, Maidelyn, Raudel Giráldez Reyes, Dayron Armas Peña, Reinaldo Javier Rodríguez Font y María Rosa Govea González. 2014c. "La multi e interdisciplinaridad en la generación de tecnologías en Cuba", *Avances*, vol. 17, no. 1.
- Díaz Pérez, Maidelyn, Raudel Giráldez Reyes, Dayron Armas Peña, Reinaldo Javier Rodríguez Font, Elio Atenógenes Villaseñor García y Humberto Carrillo-Calvet. 2014d. "Tecnologías constituidas, innovaciones en proceso y tecnologías introducidas en el mercado internacional de un dominio tecnológico: caso de estudio", *TransInformação*, vol. 26, 3.
- Díaz Pérez, Maidelyn, Soleidy Rivero y Felix Moya Anegón. 2010. "Producción tecnológica latinoamericana con mayor visibilidad internacional: 1996-2007. Un estudio de caso: Brasil", *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 33, no. 1: 34-62.
- Giráldez Reyes, Raudel, Maidelyn Díaz Pérez y Dayron Armas Peña. 2008. "ProIntec: un software para el tratamiento inteligente de datos sobre patentes", *Acimed*, vol. 17, no. 5.
- González, G. 2002. "Los servicios de información sobre propiedad industrial. Constitución, actualización y promoción. experiencia española", Conferencia Nacional de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.
- Griliches, Zvi. 1990. "R&D, patent statistics as economic indicators", *Journal of Economic Literature*, 28, no. 4: 1661-1797.
- Hidalgo, A. 2003. "Las capacidades de innovación tecnológica en España a través del análisis cualitativo de las patentes", X Seminario Latino-iberoamericano de Gestión Tecnológica ALTEC 2003, "Conocimiento, innovación y competitividad: Los desafíos de la globalización".
- Jaffe, Adam B, Manuel Trajtenberg y Richard Henderson. 1993. "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, 108, no. 3: 577-598.
- Lage Dávila, Agustín. 2008. "Ciencia y soberanía: los retos y las oportunidades", Reflexiones sobre el desarrollo de la biotecnología en Europa y América Latina, SELA.
- Lage Dávila, Agustín. 2004. *Propiedad y expropiación en la economía del conocimiento. gestión del conocimiento. Concepto, aplicaciones y experiencias*. La Habana: Academia.
- Lage Dávila, Agustín. 2001. "La ciencia y la cultura: las raíces culturales de la productividad", *Educación Médica Superior*, vol. 15, no. 2: 24-25.
- Lage Dávila, Agustín. 1995. "Desafíos del desarrollo. El problema de las nuevas funciones de la investigación en la sociedad, visto desde la perspectiva de un hombre de laboratorio y en un país en desarrollo", *Ciencia, Innovación y Desarrollo*, vol. 1, no. 1.

- Medina, Mario. 1996. "De la práctica de los indicadores de la ciencia y la tecnología a la configuración del desarrollo tecnocientífico", en *Hacia la construcción de un Observatorio de Ciencia y Tecnología*. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (Colciencias).
- Meyer, Martín, Tiago Santos Pereirac, Olle Persson y Ove Granstrand. 2004. "The scientometric world of Keith Pavitt. A tribute to his contributions to research policy and patent analysis", *Research Policy*, vol. 33: 1405-1417.
- Moya Anegón, Félix, Zaida Chinchilla Rodríguez, E. Corera Álvarez y Maidelyn Díaz Pérez. 2011. "Estudio de la producción científica y tecnológica en colaboración universidad-empresa en Iberoamérica", *Red Emprendia*.
- Narin, Francis. 1998. "Patents and publicly funded research", en *Assessing the Value of Research in the Chemical Sciences*. Washington, D.C.: National Academy Press, 59-72.
- Narin, Francis. 1994. "Patent bibliometrics", *Scientometrics*, vol. 30, no. 1: 147-155.
- Narin, Francis, Kimberly S. Hamilton y Dominic Olivastro. 1995. "Linkage between agency supported research and patented industrial technology", *Research Evaluation*, vol. 5: 183-187.
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). 2009. "Training course on intellectual property strategies in the health and pharmaceutical sector". Ginebra: OMPI.
- Pérez Arreortúa, Noé, Maidelyn Díaz Pérez y Raudel Giráldez Reyes. 2014. "Análisis de contenido del dominio tecnológico 'Vegetable Oil Combustion'", *TransInformação*, vol. 26, no. 3.
- Stuart, Toby E. y Joel M Podolny. 1996. "Local search and the evolution of technological capabilities", *Strategic Manage*, vol. 17: 21-38.
- Trajtenberg, Manuel. 1990. "A penny for your quotes: patent citations and the value of innovations". *RAND Journal of Economics*, vol. 21, no. 1: 172-187.

*Para citar este texto:*

Díaz Pérez, Maidelyn; Giráldez Reyes, Raudel; Carrillo Calvet, Humberto Andrés. 2017. "Comportamiento métrico de las patentes concedidas en Cuba: su contribución a la innovación tecnológica nacional". *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 271-289.

<http://dx.doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2017.nesp1.57893>

R E S E Ñ A S

**CHEN, CHAOMEI**, *CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature*. Hauppauge, N.Y., Nova Science, 2016, 169 pp. ISBN: 978-1-53610-280-2; eBook: 978-1-53610-295-6 [*CiteSpace: una guía práctica para el mapeo de la literatura científica*]

*Por María Victoria Guzmán*

En el transcurso de los siglos, los pintores se han valido de la representación visual para transmitir sensaciones, sentimientos y conceptos. Un nuevo grupo de profesionales, surgidos en los últimos veinte años, la exploran para “descubrir” conocimientos en grandes masas de datos, relaciones entre variables e información inteligente. Para ello han tomado como objeto de estudio a la literatura publicada e indexada en bases de datos científicas, tecnológicas, artísticas, o cualquier otra que represente la actividad de un grupo social, país, institución o dominio del conocimiento.

Este creciente interés de los investigadores quizá se deba a que la visualización de información (VI) esté vinculada a un área tan compleja como la percepción humana y su capacidad para procesar la información rápida y eficientemente. Coadyuvan otros dos aspectos fundamentales: la alta capacidad diaria en la generación de información a nivel mundial y la dinámica

en el desarrollo de las tecnologías de la información. Los tres aspectos antes mencionados también constituyen objetos de estudio de las especialidades métricas (Bibliometría, Cienciometría, Informetría, Cibermetría, Patentometría, etc.), las cuales hacen de la *vi* una herramienta imprescindible en sus análisis.

CiteSpace (Chen, 2006) es una de las herramientas desarrolladas para visualizar y analizar tendencias y patrones en la literatura científica. La aplicación está diseñada para representar dominios del conocimiento y su evolución en el tiempo. Incorpora, además, algoritmos que permiten realizar más detalladamente el análisis de redes de co-citación, colaboración y de tipo híbridos como instituciones-países (Chen, 2004).

El doctor Chaomei Chen es profesor titular de Informática en la Universidad de Drexel (Filadelfia, Pensilvania). Ha sido copresidente y miembro del comité organizador de eventos internacionales, como los organizados por la International Society for Scientometrics and Informetrics (ISSI). Es el editor en jefe de la revista *Information Visualization* y ha publicado varios libros sobre temas asociados a los estudios cuantitativos de la Información.

En el capítulo introductorio, Chaomei Chen transmite la importancia de CiteSpace y comenta que ha sido aplicado en más de sesenta áreas del conocimiento. Su diseño se basa en las teorías de Thomas Kuhn (2006) sobre las estructuras de las revoluciones

científicas. Estas teorías llevadas a CiteSpace permiten describir la evolución del desarrollo científico a partir de las “huellas” dejadas por las publicaciones académicas.

En el segundo capítulo se explican los conceptos métricos básicos para comprender los mapas o entornos visuales, el autor alude a la citación y coautoría, índice de citación, calidad y productividad científica y dominios del conocimiento. A partir del tercer capítulo se expone la configuración inicial del software y varios tipos de procedimientos analíticos-visuales soportados por CiteSpace. También se explican los detalles prácticos de cómo administrar un proyecto de CiteSpace y cómo optimizar una sesión de CiteSpace.

Los capítulos restantes tienen un objetivo más práctico: Chen va enseñando, con casos prácticos y demostraciones, las múltiples opciones del software. En el cuarto capítulo se hacen demostraciones relacionadas con temas como terrorismo, cienciometría, procesamiento de datos de Scopus, etc. Mientras que en el quinto capítulo el autor muestra gradualmente el modo de proceder con un conjunto de datos propios. Los casos más destacados, estudiados con CiteSpace, son comentados en el sexto capítulo. Se recogen tres apéndices en el séptimo capítulo, dedicados a la estructura de la base de datos en CiteSpace, así como a las herramientas de mapeo y visualización de la ciencia que existen actualmente.

El autor, con un lenguaje sencillo y sin muchos tecnicismos informáticos, va más allá de explicar un sistema de software, es decir, más que una guía, el libro nos ofrece la visión del autor sobre el paradigma científico y los elementos que caracterizan la organización de la ciencia, aspectos fundamentales para que cualquier estudioso de las métricas interprete adecuadamente los datos y su representación visual en forma de mapas. Como herramienta informática, CiteSpace es de fácil instalación y puede ser asimilada por usuarios con un perfil bibliotecario o de cualquier especialidad relacionada con las ciencias de la información.

#### REFERENCIAS

- Chen, C. (2016). *CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature*, Hauppauge, N.Y., Nova Science.
- Chen, C. (2006). "Citespace II: Detecting and Visualizing Emerging Trends and Transient Patterns in Scientific Literature", *J AmSoc Inf Sci Technol*, vol. 57, núm. 3: 359-377.
- Chen, C. (2004). "Searching for Intellectual Turning Points: Progressive Knowledge Domain Visualization", *PNAS*, 101 (supl. 1): 5303-5310.
- Kuhn, T. (2006). *La estructura de las revoluciones científicas*. México, Fondo de Cultura Económica.
- Para citar este texto:*  
 Guzmán, María Victoria. 2017. Reseña de *CiteSpace: A Practical Guide for Mapping Scientific Literature*, de Chaomei Chen. *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 293-295.  
<http://dx.doi.org/10.22201/ii-bi.24488321xe.2017.nesp1.57894>

**CÁRDENAS GONZÁLEZ, VÍCTOR GERARDO** (coord.), *Aplicaciones del enfoque de redes sociales al estudio de problemas de la realidad contemporánea en México*. México, Gedisa/UAM, 2016, 244 pp. ISBN: 9788416572670.

*Por Alejandro Arnulfo Ruiz León*

Se trata de una obra en la que, en seis capítulos, autores con una formación en diversas áreas como la sociología, la psicología, estudios organizacionales, estudios sobre educación e ingeniería química, abordan el estudio de problemas de la realidad contemporánea en México, utilizando el análisis de redes sociales (ARS) como una forma de hacer investigación social. Con base en “un conjunto de supuestos compartidos que determinan una estrategia común en mostrar cómo, en casos concretos, con referente empírico muy bien definido, la posición del individuo en tramas de relaciones y las características de esas relaciones, se convierten en determinantes de sus acciones”.

En el primer capítulo, “El análisis de redes sociales”, la autora muestra una visión del desarrollo del análisis de redes sociales y menciona que, si bien en un inicio Moreno hizo uso de sociogramas, el ARS se basa en la

teoría de grafos para generar modelos matemáticos.

Define al ARS “como un paradigma teórico metodológico de las ciencias sociales, desde la recolección de datos, la descripción y la exploración, hasta, eventualmente, el contraste de hipótesis”.

En el primer caso estudiado por la autora, a través de contactos derivados de las relaciones interpersonales, hace un análisis de centralidad o posicionamiento. Por lo que se trata de un estudio tipo estructuralista. En el segundo caso, analiza un efecto de armonización en una estrategia cooperativa, tratándose así de un estudio de tipo formalista.

En “Redes sociales y sufrimiento social: experiencias, posibilidades y limitaciones”, se profundiza epistemológica y ontológicamente en el término *red social*. De acuerdo con el autor, la red social se trata de un constructo “que nos permite mantener la posibilidad de entender y representar la hiper-complejidad de los fenómenos sociales que tenemos delante. Es una manera de ver la realidad, no es la realidad”.

Este trabajo incide en la intervención en la red: “en tanto, sistemas abiertos [...], las fluctuaciones del sistema pueden destruirlo, perturbarlo poco, llevarlo a un estado organizativo más complejo o llevarlo a una multiplicidad de estados organizativos totalmente diferentes e impredecibles”. Mediante los casos que analiza el autor, “muestra algunas posibilidades y limitaciones vinculadas con las redes

sociales, en relación con las situaciones de sufrimiento social”.

En “Red informal y localización de expertos en academias del Instituto Politécnico Nacional”, los autores identifican estructuras de relaciones informales dentro de una organización. Esto con base en la percepción de las personas sobre el reconocimiento de expertos; dicha percepción “incluye procesos más complejos que el simple procesamiento de la información, porque intervienen mecanismos cognitivos y comportamentales que desencadenan una serie de atribuciones sobre quienes ejercen el liderazgo en los grupos de trabajo”. Ellos señalan que “el desempeño organizacional asociado a las redes de expertos ha cobrado importancia y se ha dirigido a lograr ventajas competitivas en las organizaciones”.

A partir de una muestra intencional, usando una serie de generadores de nombres como, ¿a quiénes considera expertos en su especialidad?, y apoyados en las representaciones visuales de la estructura social generadas, utilizando el programa Ucinet. El estudio muestra que medir el comportamiento entre los docentes con base en la percepción es un buen acercamiento a la estructura social.

En “La reinserción social post-penitenciaria desde el enfoque de redes sociales”, se problematiza la pena privativa de la libertad como una forma de exclusión social que genera una gran vulnerabilidad relacional, entendida como aquella situación

generada por la ausencia o debilidad de los vínculos de inserción comunitaria. El autor realiza un análisis amplio del contexto en que se da el proceso de inserción social; contexto que, sin lugar a dudas, influye en el comportamiento del individuo. El autor señala la “vulnerabilidad en el momento de la liberación cuando estas personas tienen que reconstruir su red de relaciones, enfrentando gran cantidad de desventajas”.

Analizando las diferentes dimensiones de dicho proceso, propone, a partir del concepto de capital social relacional, una manera de intervención:

- El fortalecimiento de las redes sociales positivas que, en conjunto, tiendan a volver incompatible la comisión de delitos.
- Y, como una función de los lazos con dichas redes, la emergencia de confianza interpersonal o normas de convivencia cotidiana pacífica.

En “El comercio en vía pública desde la perspectiva de las redes sociales: un acercamiento a la lógica social de los tianguis en la Ciudad de México”, la autora aborda el estudio del comercio en la vía pública, utilizando el concepto de campo social, en el cual hay un capital específico en disputa y existen relaciones derivadas de la forma organizativa, relaciones familiares y del traslape con otros campos sociales como el político.

Cabe señalar cómo, más allá de una conceptualización binaria, la autora señala que “la fuerza de estos vínculos está determinada por el tiempo, la intensidad emocional, la intimidad dada por la confianza mutua y los servicios recíprocos”.

Así, con base en dichos vínculos, “El comercio en vía pública se distingue por un complejo entramado de agentes que vincula diferentes campos sociales, las redes se vuelven fundamentales no sólo para los propios comerciantes, sino para los líderes, si quieren mantener su posición y su capital político y económico”.

En “Coproducción de conocimiento digital en red”, las autoras analizan el éxito de comunidades de aprendizaje colaborativas en el logro de sus objetivos con base en los patrones de la interacción social que crean en el ámbito escolar universitario. “Esto en un contexto en que hay un cambio paradigmático para abordar las relaciones sociales en tránsito: de una sociedad donde el conocimiento legitimado estaba asociado a un sistema educativo con instituciones, grados, reglas, medios, tiempos y lugares muy específicos, a una sociedad donde la educación se puede analizar en cualquier momento, a través de varios lenguajes y medios muy diferentes de la forma escolar de educar”.

Mencionan que el concepto *comunidades de aprendizaje* representa una herramienta conceptual importante para la construcción de estrategias educativas. Lo que implica un desafío

doble: el integrar al sistema escolar las potencialidades de las tic, pero hacerlo con un sentido formativo, de pertenencia y coherencia.

Se habla del término *nueva corporalidad juvenil*, en la que se reconocen sus saberes técnicos, lo que pone de relieve el hecho de que los atributos de los individuos determinan la generación de lazos y las autoras acotan que el patrón predominante de generación de lazos fue horizontal, aunque más intensa dentro de los grupos. Hay un patrón jerárquico por roles ya establecidos y emergen nodos intermediarios en función de habilidades e iniciativa.

*Para citar este texto:*

Ruiz León, Alejandro Arnulfo. 2017. Reseña de Aplicaciones del enfoque de redes sociales al estudio de problemas de la realidad contemporánea en México, de Víctor Gerardo Cárdenas González (coord.). *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información* (Número Especial de Bibliometría): 297-300. <http://dx.doi.org/10.22201/ii-bi.24488321xe.2017.nesp1.57895>

N O R M A S  
E D I T O R I A L E S

# Normas editoriales para la recepción de editoriales, artículos y reseñas críticas

*Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e informaciones* una revista científica mexicana editada por el Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información de la Universidad Nacional Autónoma de México, de acceso abierto a texto completo y bilingüe; se publica con una frecuencia cuatrimestral, incluye artículos de investigación y de revisión, escritos en español, inglés y portugués, en formato impreso y electrónico. La revista tiene como propósito publicar resultados científicos originales e inéditos del quehacer investigativo en las Ciencias Bibliotecológica y de la Información, derivados de investigaciones originales realizadas en México y en otras partes del mundo. Los artículos publicados son arbitrados y dictaminados por prestigiados especialistas nacionales e internacionales por el procedimiento de "doble ciego", tratan problemas teóricos o empíricos con enfoques cuantitativos, cualitativos o mixtos de carácter multi, inter y transdisciplinario. La revista también publica un editorial y reseñas críticas sobre obras de la especialidad que previamente han sido arbitradas y dictaminadas.

## Evaluación por pares. Política de revisión

### De los dictámenes

El equipo editorial de la revista *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e informaciones* establece las pautas que forman parte de su política de revisión. Revisión editorial. Es el primer proceso de evaluación que se realiza a todas las contribuciones que recibe la revista. Los evaluadores son miembros del equipo editorial y ejecutan el proceso con la condición del "doble ciego".

Ambos procesos llevan a una de las tres decisiones siguientes:

**a) Aceptado:** no hay señalamientos hechos a la contribución y se somete a la revisión académica.

**b) Aprobado** con modificaciones: deben realizarse cambios en la contribución y aprobarse por los evaluadores. El autor cuenta con tres rondas para completar los cambios.

**c) Rechazado:** no cumple con los criterios que se valoran o se detecta duplicidad, fraude o plagio académico en la contribución.

- El artículo deberá acompañarse de una carta de exposición de motivos (cover letter), cuyo formato puede consultarse en:

<http://rev-ib.unam.mx/ib/letters/cartademotivos.docx>

- Los dictámenes negativos tanto de artículos como de reseñas serán inapelables.

### Declaración de privacidad

- Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en el portal de la revista *Investigación Bibliotecológica* se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

## Directrices para los autores

- El proceso de gestión editorial y de publicación de un nuevo artículo se realizará únicamente por la plataforma en línea del sitio de la revista, disponible en <http://rev-ib.unam.mx/ib>.
- El equipo editorial de la revista se reserva el derecho de devolver un artículo que haya sido rechazado.

## 1. Información general de la revista

### 1.1 Cobertura temática

La revista *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e informaciones* recibe, para su evaluación editorial y académica, contribuciones relacionadas directamente con los temas y disciplinas siguientes: organización y gestión de la información y el conocimiento, tecnologías de la información y del conocimiento, información, conocimiento y sociedad, metría de la información y del conocimiento científico, usuarios de la información, lectura, servicios y recursos de información, educación bibliotecológica, historia y fundamentos de la bibliotecología y los estudios de la información, además de temas multi, inter y transdisciplinarios relacionados con la archivología, la bibliotecología y la ciencia de la información y la documentación.

### 1.2 Público al que se dirige

La revista *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e informaciones* se orienta al público de profesionales, académicos, profesores e investigadores que contribuyen con resultados de investigación al desarrollo disciplinar de las Ciencias Bibliotecológica y de la Información.

### 1.3 Tipo de contribuciones que acepta

La revista acepta textos en idioma español, inglés y portugués en la tipología siguiente:

**Artículo de investigación.** Contiene resultados de investigaciones originales e inéditas. Debe cumplir con la estructura siguiente: título en idioma nativo e inglés, resumen en idioma nativo e inglés, palabras clave en idioma nativo e inglés, y el cuerpo del artículo. La extensión mínima será de 4 500 máxima de 5 000 palabras incluyendo las referencias, más un máximo de cuatro cuartillas para anexos, figuras y tablas. Este tipo de artículo es sometido a revisión editorial y académica.

**Artículo de revisión.** Es el resultado teórico-científico presentado a partir de un análisis crítico valorativo donde el experto domina de manera actualizada e integrada los diferentes enfoques del problema abordado en su manuscrito, ofreciendo posibles respuestas teóricas basadas en el argumento científico. Debe cumplir con la estructura siguiente: título en idioma nativo e inglés, resumen en idioma nativo e inglés, palabras clave en idioma nativo e inglés, y el cuerpo del artículo. La extensión mínima será de 7 500 y máxima de 8 000 palabras. Este tipo de artículo es sometido a revisión editorial y académica.

**Editorial.** Ofrece un análisis resumido sobre tópicos emergentes y de actualidad del área disciplinar, puede realizar una valoración más profunda sobre investigaciones publicadas o en curso; es sometida a evaluación editorial y será solicitada a expertos a petición del director o editor de la revista. Su extensión mínima será de 650 y máxima de 700 palabras.

**Reseñas.** Es un texto argumentativo, que tiene como objetivo caracterizar una obra para que el lector reconozca en ella su utilidad e importancia. En este caso puntual, las obras a reseñar son libros, base de datos bibliográficas, portales académicos, repositorios académicos y tecnologías de la información aplicadas al área del quehacer investigativo de las Ciencias Bibliotecológica y de la Información. Este tipo de contribución es sometida a evaluación editorial. Su extensión mínima será de 1 000 y máxima de 1 100 palabras.

## **2. Presentación y estructura de los artículos**

Los textos deberán ser elaborados en procesador de palabras Word, letra Times New Roman de 12 puntos, interlineado de 1.5, márgenes superior e inferior de 2.5 cm y derecho e izquierdo de 3 cm, con páginas numeradas.

### **2.2 Datos formales de presentación**

**Título.** Debe representar directamente al aporte de la contribución, evitando frases como “contribución sobre”, “estudio sobre”; “análisis de”. Los autores no deben redactar títulos en forma de metáforas, parábolas o cualquier frase en sentido figurado. La extensión del mismo será de 12 palabras máximo. En caso de su redacción en inglés a partir de una lengua nativa no inglesa, no usar traductores automatizados.

**Resumen (abstract).** Deben distinguirse en su estructura y redacción las siguientes secciones del artículo: objetivo, principales métodos empleados (metodología), principales resultados y conclusiones más importantes. Si el resumen está mal redactado ello puede significar un cambio en su artículo en la revisión editorial. La extensión del mismo será de 200 palabras máximo. En caso de su redacción en inglés a partir de una lengua nativa no inglesa, no usar traductores automatizados.

**Palabras clave o frases clave.** Son una de las etiquetas mediante la cual los motores de búsqueda recuperan el contenido, de ahí la importancia para su adecuada redacción. No se excederá de cuatro palabras o frases, evitando la sinonimia y las frases complejas. En caso de su redacción en inglés a partir de una lengua nativa no inglesa, no usar traductores automatizados.

**Nombre de los autores.** Anotar los nombres y apellidos completos sin grado, categoría académica o docente. Los apellidos estarán separados por guiones. Debe coincidir con su inscripción en el ORCID (<https://orcid.org/>). Deben enviarse, separados del cuerpo del artículo, los siguientes datos de cada uno de los autores:

- Nombre completo.
- Grado académico.
- Nombre de la organización en la que está vinculado profesionalmente y respectivo país.
- Correo electrónico para contacto académico.
- Número telefónico para contacto académico.
- Domicilio postal para contacto académico.
- Definir el autor para correspondencia.

### **Aparato crítico**

- Los trabajos deberán contar con el aparato crítico suficiente y el orden lógico necesario que sustente el contenido.
- El aparato crítico se elaborará de acuerdo con el modelo parentético mostrado en The Chicago Manual of Style, 16a. edición, capítulo 15 (<http://www.chicagomanualofstyle.org/16/contents.html>).
- Las notas a pie de página se numerarán de manera consecutiva y se emplearán exclusivamente para comentarios, explicaciones, aclaraciones o ampliaciones al texto.

### **Originalidad y carácter inédito**

- Investigación Bibliotecológica no aceptará artículos que simultáneamente se hayan sometido para su publicación a otras revistas, o bien que hayan aparecido en publicaciones impresas o en línea.
- Sin excepción, los artículos recibidos serán sometidos al proceso de revisión automatizado para verificar que no exista plagio ni publicación previa en cualquier medio.
- No obstante que el autor haya recibido la carta de aceptación de su artículo para publicación, el trabajo no podrá aparecer en ningún otro medio.
- En tanto no aparezca publicado el siguiente número de la revista, el autor tiene la restricción de no colocar en texto completo su artículo en cualquier otro medio. Por lo anterior, únicamente su artículo podrá ser referido al número de la revista que corresponde a fin de no afectar la métrica de la revista.
- El autor es responsable del carácter inédito de su artículo.

### **2.4 Tablas y figuras**

Las tablas no se aceptarán en forma de imágenes, deben provenir directamente de un programa como Excel o realizarse en el propio Word, incluidas en el texto. El título de la tabla debe ser conciso y en relación directa con su contenido.

Por su parte, las figuras (esquemas, gráficos, fotografías, dibujos, mapas, entre otros) deben ser enviadas de manera independiente, a color escala de grises según el caso a 300 dpi y en formato TIF o JPG. Las figuras que no cumplan con estas características serán devueltas al autor y el artículo no podrá ser sometido a evaluación. Las figuras de autoría distinta al autor del artículo deben indicar la fuente de donde provienen.