

TALLER SOBRE INDICADORES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA



FORO
CONSULTIVO
CIENTÍFICO Y
TECNOLÓGICO, AC



- 1. Matemáticas y ciencias de la tierra
- 2. Biología y química
- 3. Medicina y ciencias de la salud
- 4. Humanidades y ciencias sociales

Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC

Insurgentes Sur No. 670, Piso 9
Colonia Del Valle
Delegación Benito Juárez
Código Postal 03100
México, Distrito Federal
www.foroconsultivo.org.mx
foro@foroconsultivo.org.mx
Tel. (52 55) 5611-8536

Foro Consultivo Científico y Tecnológico:

Responsable de la edición:

Gabriela Dutrénit
Patricia Zúñiga-Bello

Coordinador de Edición:

Marco A. Barragán García

Corrección de Estilo:

Ma. Elvira Álvarez Mendoza

Diseño de portada e interiores:

Víctor Daniel Moreno Alanís
Francisco Ibraham Meza Blanco

Atlas de la Ciencia Mexicana:

Coordinador:

Miguel Ángel Pérez Angón, Cinvestav

Coordinadora ejecutiva:

Martha Alonso Maldonado

Asesoría:

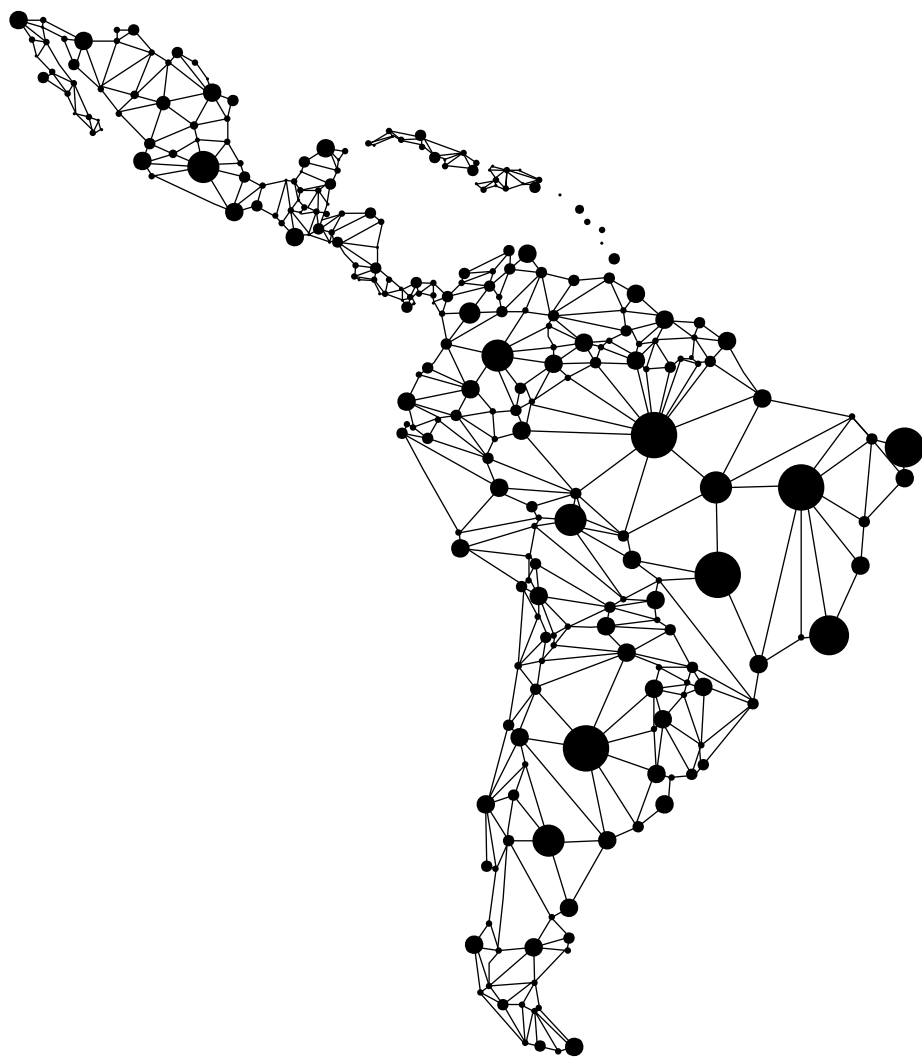
Francisco Collazo Reyes, Cinvestav
Antonio del Río, UNAM
Claudia N. González Brambila, ITAM
María Elena Luna Morales, Cinvestav
Eduardo Robles Belmont, Cinvestav
Jane M. Russell, UNAM
Gabino Torres Vega, Cinvestav

ISBN: 978-607-9217-46-4

DR Agosto 2014, FCCyT

Impreso en México

TALLER SOBRE INDICADORES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA



Directorio FCCyT

Dra. Gabriela Dutrénit

Coordinadora General

Fís. Patricia Zúñiga-Bello

Secretaria Técnica

Mesa Directiva

Dr. Jaime Urrutia Fucugauchi

Academia Mexicana de Ciencias

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro

Academia de Ingeniería

Dr. Enrique Ruelas Barajas

Academia Nacional de Medicina

Mtro. Francisco Antón Gabelich

Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación
Aplicada y Desarrollo Tecnológico

Dr. Enrique Fernández Fassnacht

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones
de Educación Superior

Sr. Francisco J. Funtanet Mange

Confederación de Cámaras Industriales de
los Estados Unidos Mexicanos

Sr. Benjamín Grayeb Ruiz

Consejo Nacional Agropecuario

Lic. Juan Pablo Castañón Castañón

Confederación Patronal de la República Mexicana

Ing. Rodrigo Alpízar Vallejo

Cámara Nacional de la Industria
de Transformación

Dr. Enrique Villegas Valladares

Red Nacional de Consejos y Organismos Estatales
de Ciencia y Tecnología

Dr. José Narro Robles

Universidad Nacional Autónoma de México

Dra. Yoloxóchitl Bustamante Díez

Instituto Politécnico Nacional

Dr. J. P. René Asomoza Palacio

Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del IPN

Dr. Jaime Labastida Ochoa

Academia Mexicana de la Lengua

Dr. Andrés Lira González

Academia Mexicana de Historia

Dr. Daniel Bernardo Lluch Cota

Sistema de Centros Públicos de Investigación

Dr. Óscar F. Contreras Montellano

Consejo Mexicano de Ciencias Sociales

Dra. Ana María López Colomé

Dr. Ambrosio F. J. Velasco Gómez

Dra. María Teresa Viana Castrillón

Investigadores electos del SNI

ÍNDICE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ¿Qué es el Foro Consultivo? | 7 |
| Prólogo | 9 |
| Presentación | 12 |
| | |
| 1. Sociología y organización de la ciencia | 15 |
| La investigación en las universidades públicas estatales [Hugo Navarro Contreras] | 17 |
| Estudio comparativo de las universidades mexicanas: una fuente de información comparativa para la producción científica mexicana [Imanol Ordorika y Francisco Javier Lozano Espinoza] | 29 |
| Uso de los indicadores compuestos para medir el desarrollo disciplinar en instituciones académicas [Salvador Gorbea-Portal] | 39 |
| Indicadores alternativos para el análisis cuantitativo de la actividad científica y tecnológica a partir de redalyc.org: el caso de México [Eduardo Aguado López, Arianna Becerril García y Luis Brito Cruz] | 55 |
| Bibliometría y estudios sociales de la ciencia: la publicación como indicador de la actividad científica [Mina Kleiche-Dray, Jane M. Russell y Yoscelina I. Hernández García] | 65 |
| | |
| 2. Historiografía y bases de datos en ciencia y tecnología | 75 |
| Indicadores histórico-bibliométricos del Atlas de la Ciencia Mexicana: 1800-1950 [Francisco Collazo Reyes, Xochitl Flores Vargas y Mitzi L. Muñoz García] | 77 |
| Patrones de publicación y comunicación científica en México en el área de geología: siglo XIX y primera mitad del XX [Ma. Elena Luna Morales y Francisco Collazo Reyes] | 89 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3. Indicadores en ciencia y tecnología y políticas públicas | 101 |
| Fuentes de información oficiales: investigar el dominio de la lengua inglesa, internacionalización de las grandes áreas y asimetrías de género en la producción científica de investigadores brasileños [Jacqueline Leta] | 103 |
| Midiendo el impacto de las políticas públicas a través de indicadores bibliométricos [Darío Gabriel Codner y Sandra Miguel] | 117 |
| 4. Productividad e innovación en ciencia y tecnología | 127 |
| BIBLAT: indicadores bibliométricos alternativos de la producción científica publicada en revistas de América Latina y el Caribe [Antonio Sánchez Pereyra, Karla Quintero León, Isela García Bravo y Arturo Rendón Cruz] | 129 |
| Impacto de los mecanismos de financiamiento en el crecimiento económico de las empresas en México [Gabriela Maqueda Rodríguez y Claudia González Brambila] | 139 |
| Capital social y productividad científica de los ingenieros en México [Jorge Rodríguez Miramontes y Claudia González Brambila] | 151 |
| 5. Indicadores en ciencia y tecnología y el SNI | 163 |
| La producción científica del Sistema Nacional de Investigadores de México: un análisis con la base de datos normalizada de SCOPUS [Gabriela Dutrénit, María Luisa Zaragoza, Patricia Zúñiga] | 165 |
| Análisis de la productividad científica en el Área IV del SNI [Eugenio Frixione, Ma. de Lourdes Ruiz Zamarripa, Miguel Sosa y Gerardo Hernández] | 181 |
| La diáspora científica mexicana: patrones de colaboración científica en las áreas de ciencias biológicas y físicas (2010-2013) [Rafael Marmolejo Leyva, Jane M. Russell y Miguel Ángel Pérez Angón] | 193 |
| 6. Redes de colaboración en ciencia y tecnología | 207 |
| Análisis automatizado y visualización de indicadores científico-tecnológicos: el estado de la situación en Cuba [Ma. Victoria Guzmán, Romel Calero, Yaidelyn Macías, Jesús Bouza, Ivet Álvarez, Humberto Carrillo y José Luis Jiménez] | 209 |
| Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010: propuesta para la medición de las capacidades regionales de la ciencia [Gabriel Vélez Cuartas y Carlos Andrés Aristizabal Botero] | 227 |
| Perfil de la ciencia en México: mapeo desde diversas visiones [Eduardo Robles Belmont, Alejandro Arnulfo Ruiz León y Pilar Galarza Barrios] | 239 |
| Los proyectos de financiamiento y su correlación con las citas y la co-autoría en las publicaciones del Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM [Ma. Teresa Vázquez Mejía] | 251 |



¿QUÉ ES EL FORO CONSULTIVO?

La Ley de Ciencia y Tecnología, publicada en junio de 2002, planteó modificaciones importantes a la legislación en esta materia, tales como: la creación del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, la identificación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) como cabeza del sector de ciencia y tecnología, y la creación del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT).

El FCCyT está integrado, a su vez, por una Mesa Directiva conformada por 20 representantes de la academia y el sector empresarial, 17 de los cuales son titulares de diversas organizaciones, mientras que los tres restantes son investigadores electos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

En este sentido, el FCCyT forma parte del Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico encargado de regular los apoyos que el Gobierno Federal está obligado a otorgar para impulsar, fortalecer y desarrollar la investigación científica y tecnológica en general en el país. El FCCyT lleva al Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico la expresión de las comunidades científica, académica, tecnológica y del sector productivo, para la formulación de propuestas en materia de políticas y programas de investigación científica y tecnológica.

De acuerdo con la Ley de Ciencia y Tecnología, el FCCyT tiene tres funciones sustantivas:

Su primera función es la de fungir como organismo asesor autónomo y permanente del Poder Ejecutivo –en relación directa con el CONACYT, varias secretarías de Estado y el Consejo General de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico–, pero también atiende al Poder Legislativo.

La segunda función sustantiva es la de ser un órgano de expresión y comunicación de los usuarios del sistema de ciencia, tecnología e innovación (CTI). Su objetivo es propiciar el diálogo entre los integrantes del Sistema Nacional de Investigación y los legisladores, las autoridades federales y estatales y los empresarios, con el propósito de estrechar lazos de colaboración entre los actores de la triple hélice: Academia-Gobierno-Empresa.



Es de resaltar el trabajo continuo y permanente con legisladores de los estados de la República, particularmente con los miembros de las comisiones que revisan los asuntos de educación y CTI en sus entidades federativas. Esta relativa cercanía posiciona al FCCyT como un actor pertinente para contribuir, junto con otros, al avance de la federalización y del financiamiento de la CTI. En este sentido, se puede contribuir al trabajo del propio CONACYT, de las secretarías de Economía y de los consejos estatales de Ciencia y Tecnología para conseguir la actualización de las leyes locales, en términos que aumenten su coherencia con la Ley Federal de Ciencia, Tecnología e Innovación.

El FCCyT también se ha dado a la búsqueda de mecanismos para la vinculación internacional a través de diversas agencias multilaterales. Todo ello orientado a una búsqueda permanente de consensos alrededor de acciones y planes que se proponen en el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI).

En cuanto a la tercera función sustantiva –comunicación y difusión de la CTI–, el Foro hace uso de distintos medios, desde la comunicación directa por medio de foros, talleres y otro tipo de reuniones de trabajo, hasta el uso de los medios de comunicación masiva y de Internet. Para mencionar sólo un ejemplo, nuestro nuevo portal electrónico ofrece ahora una mayor diversidad de servicios a los usuarios, incluyendo una gran variedad de mecanismos (concentrado de noticias de CTI, *Gaceta Innovación*, *Acertadístico*, cifras sobre la evolución en CTI, información sobre las cámaras legislativas y los estados de la República, blogs, entre otros), para posibilitar un análisis más preciso de nuestro desarrollo en el ramo. Una señal inequívoca del avance es el aumento en el número de visitas al portal electrónico del FCCyT en más de un orden de magnitud.

En resumen, el FCCyT es una instancia autónoma e imparcial que se encarga de examinar el desarrollo de la CTI en el país. Sin embargo, tenemos el reto de incrementar la conciencia social en esa materia, partiendo siempre de la premisa del compromiso social de la ciencia, ya que el conocimiento *per se* pierde una parte de su valor si no se logra su utilización y su aplicación para mejorar las condiciones y la sustentabilidad de la vida en el país.



PRÓLOGO

Hoy nadie puede dudar que la ciencia y la tecnología avanzan cada día con mayor rapidez. Tampoco acerca de los impactos profundos que sus avances tienen en la forma de vida de todos los seres humanos. La revolución científico-tecnológica es de tal magnitud que se asegura, por ejemplo, que el número de personas dedicadas hoy a la producción de conocimiento es el mayor de nuestra historia. A lo anterior, en años recientes se ha sumado un impulso internacional creciente a la innovación como un movimiento generalizado que pretende aprovechar intensivamente los resultados de la ciencia y la tecnología en la vida diaria.

Se asegura que esa corriente acelerará aún más la producción de conocimiento, de manera particular en ciertas áreas, y se plantea con frecuencia a la innovación como un recurso eficaz para detonar crecimiento económico sustentable en uno de los momentos más difíciles de nuestro tiempo, en el que a la profunda y pertinaz crisis económica se añaden otros problemas globales que amenazan nuestra supervivencia, como el del cambio climático, cuya complejidad no tiene precedente.

Las paradojas son enormes, pues —para mayor dificultad—, el contexto mundial en el que ese proceso se da es profundamente desigual. Es cierto que hay sociedades tecnificadas que ven llegar pronto los efectos de los avances científicos y tecnológicos y son capaces de asimilarlos rápidamente. Hay otras que, menos desarrolladas, pueden tardar muchos años en recibir los posibles beneficios de esos cambios. En consecuencia, las brechas aún se ensanchan y algunas de estas sociedades se encuentran en situación de dependencia prácticamente irreversible. En una gama amplia ubicada entre esos dos extremos se encuentra una gran parte de la población mundial, particularmente la de las sociedades latinoamericanas. Aún así, se espera —con una buena dosis de optimismo— que, a pesar de las diferencias, el ánimo renovador orientará los esfuerzos humanos hacia la sociedad global del conocimiento, y que convertida ésta en una aspiración general, nos irá involucrando de manera paulatina a todos.

Debido a esas circunstancias es natural que surja un interés creciente por estudiar las diversas formas en las que ciencia, tecnología e innovación se desarrollan, difunden e influyen en los cambios sociales. No se trata de mera curiosidad, es una necesidad imperiosa, pues esos procesos tienen efectos sociales diferentes dependiendo de las condiciones particulares en las que ocurren. El fenómeno es en sí mismo complejo, ya que al analizar cómo evolucionan ciencia, tecnología e innovación, se crea nuevo conocimiento que es utilizado para apoyar el proceso mundial de generación de más saber por medio de formas más eficaces de intervención, públicas y privadas, que dan paso a la producción de más conocimiento, lo que es, en lenguaje matemático, un proceso altamente no lineal.

Además, hay razones específicas para abordar un asunto tan complejo, éstas son muchas y variadas: van desde el diseño y la evaluación de políticas públicas, pasan por el controversial terreno de la medición del desempeño individual y colectivo, por las formas en las que las diferentes comunidades se organizan y trabajan, y llegan a abordar temas relacionados con la



epistemología, la historia, el derecho y la ética. En el fondo, todas esas razones tienen su fundamento en la idea de que es posible, como humanidad, contribuir a la construcción de nuestro futuro, es decir, el que queremos, en vez de simplemente esperar, y sufrir el que no queremos.

En ese gran contexto se encuentra la necesidad de determinar, navegando en un espacio multidimensional imaginario, el lugar donde estamos y el punto al que queremos arribar, controlando –lo más posible– que la trayectoria descrita por nuestro gran sistema evolucione dentro de ciertos márgenes deseables. Es esa la inmensa e indispensable tarea de quienes se proponen el diseño y aplicación de políticas públicas y su mejor adecuación mediante el uso de indicadores apropiados. Como en otros campos, las tareas asociadas a la formulación, cálculo y seguimiento de indicadores del desarrollo en ciencia y tecnología son de naturaleza colectiva, pues requieren de la conjunción del trabajo de múltiples actores. En primer lugar, están implícitas las tareas asociadas con el acopio sistemático de información, que en los países latinoamericanos son hechas de forma frecuente por medio de alianzas entre los organismos responsables del fomento a ciencia, tecnología e innovación y aquellas instituciones dedicadas a la formulación de estadísticas nacionales. Estos procesos, que son siempre arduos y costosos, requieren además de capacidades que los países sólo pueden ir construyendo a lo largo de décadas. Requieren también de tratamientos complejos de validación y armonización de información que, por su naturaleza, proviene de fuentes diversas.

Por otra parte, en este proceso de análisis creativo, es indispensable la participación de otros actores, éstos son generalmente miembros de las comunidades académicas, que entrenados como científicos, tienen la capacidad y el interés necesario para estudiar y dar coherencia a los datos disponibles. Son ellos los que mediante las conclusiones de sus trabajos de investigación pueden llegar a hallazgos científicos sobre el desarrollo de la propia ciencia, tecnología e innovación, sobre los diferentes “comportamientos” entre sus campos, sobre su nacimiento, apogeo, y hasta su declive y posible desaparición. Por supuesto están entre esos actores quienes pueden proponer los indicadores más adecuados y los sistemas de medición de las variables necesarias para conocer, entre otras cosas, los efectos sociales de las políticas públicas. La síntesis que ellos pueden proporcionar es indispensable para quienes toman las decisiones de política científica y tecnológica, y de apoyo a la innovación.

Es por ello que se vuelve indispensable, no sólo poner a disposición de las comunidades de científicos la información estadística fidedigna generada por las instituciones, sino además impulsar abiertamente en ellas su explotación y análisis para así acelerar el proceso social de creación de conocimiento mediante el desarrollo de las mejores políticas públicas posibles para cada uno de nuestros países poniendo atención en los asuntos locales.

Como es natural, las sociedades científicas y tecnológicamente más desarrolladas son también las que están en mejores condiciones de analizar sus avances y basar el diseño de sus políticas públicas en conclusiones tomadas de manera científica. Como en otros temas, la región latinoamericana tiene capacidades heterogéneas en cuanto al acopio de información debidamente armonizada y validada, y en cuanto a su análisis y seguimiento, particularmente cuando se trata de hacerlo de manera consistente durante periodos largos. En este punto es importante mencionar el meritorio esfuerzo realizado por la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), Iberoamericana e Interamericana, en la que participan instituciones y organismos nacionales de todos los países de América, España y Portugal.



El Taller sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología en Latinoamérica, origen de estas memorias, lleva la dirección mencionada antes. Al reunir a un nutrido grupo de especialistas latinoamericanos interesados en estudiar desde puntos de vista diversos las formas en las que ciencia, tecnología e innovación son desarrolladas por nuestras sociedades, instituciones, empresas e individuos, ha logrado avanzar una discusión multidisciplinar que es obligada en nuestra región. Esa discusión sólo puede ser exitosa si es abordada con la participación de actores tan variados como:

1. Investigadores del desarrollo y el impacto social de ciencia, tecnología e innovación en sus respectivos países y en los ámbitos latinoamericano y mundial;
2. Funcionarios de universidades y centros de investigación, responsables del diseño y conducción de las políticas institucionales;
3. Investigadores del ámbito de la cienciometría;
4. Responsables del diseño, aplicación y evaluación de políticas públicas asociadas al avance de ciencia, tecnología e innovación en los ámbitos locales, regionales y nacionales;
5. Representantes de organismos dedicados a la interlocución entre quienes diseñan y conducen las políticas públicas y las comunidades receptoras de las mismas, y
6. Los organismos encargados de recopilar y proveer en forma sistemática la información básica de los países sobre estos temas.

Las memorias contienen en forma detallada las presentaciones de sus autores durante el taller y reflejan fielmente su programa y objetivos. Estoy seguro que el taller y estas memorias son una contribución significativa para una discusión que deberá ampliarse mucho más en cada uno de nuestros respectivos países y en la región latinoamericana. Necesitamos con urgencia de ella para alcanzar el importante papel que le corresponde desempeñar a nuestra región en el ámbito global, avanzando con mayor rapidez hacia la transformación de nuestras sociedades de modo que basen más su desarrollo futuro en el conocimiento y la innovación para resolver sus desigualdades preservando su enorme riqueza cultural.

Luis Mier y Terán Casanueva
Director Adjunto de Planeación y
Relaciones Internacionales del CONACYT

PRESENTACIÓN

En los últimos diez años se ha generado en México cierto interés por contar con datos estadísticos veraces sobre nuestra actividad científica y tecnológica. En la actualidad existen tres grupos interesados en generar bases de datos sobre la planta de investigadores activos, así como su producción y repercusión en ciencia y tecnología registrada en los índices internacionales Web of Science (WoS) y SCOPUS: el grupo que genera el Atlas de la Ciencia Mexicana (ACM) integrado por investigadores del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav), el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en ésta se dan dos esfuerzos por parte del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas y de la recién creada Dirección General de Evaluación Institucional; finalmente, el grupo auspiciado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) cuya meta principal es estudiar la producción de los miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Estos tres grupos nos hemos propuesto compartir bases de datos y tratar de construir un registro completo sobre la producción y repercusión científica mexicana registrada en WoS y SCOPUS. El propósito de esta colaboración es contar con suficiente información estadística para desarrollar estudios de carácter académico y para sentar las bases cuantitativas que impulsen mejores políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación.

Por otra parte, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) ha impulsado la colaboración entre investigadores por medio de su programa de Redes Temáticas de Investigación. En particular, en el seno de la Red sobre Complejidad, Ciencia y Sociedad se han impulsado proyectos sobre prospectiva del desarrollo científico y tecnológico. En este contexto, el grupo del ACM recibió apoyo específico para impulsar la construcción de un nodo mexicano de lo que sería el Observatorio Latinoamericano en Ciencia y Tecnología (OLACyT).

Como primer paso de esta actividad, los tres grupos mexicanos en ciencia métrica ya mencionados convocamos a la celebración de un primer Taller sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología en Latinoamérica (TICyTLA) en la Unidad de Seminarios Ignacio Chávez de la UNAM. Este taller se llevó a cabo con mucho éxito el 28 y 29 de octubre de 2013. Tuvimos la participación de 71 investigadores, funcionarios y estudiantes interesados en el análisis de la actividad científica y tecnológica de la región latinoamericana; 59 de ellos tienen como base de adscripción una



institución mexicana y el resto provino de Argentina, Brasil, Colombia, Canadá, Cuba y la Gran Bretaña. Se presentaron 19 ponencias invitadas y una mesa redonda sobre “Políticas Públicas e Indicadores en Ciencia y Tecnología” con la participación de funcionarios de CONACYT, el FCCyT, la Secretaría de Ciencia Tecnología e Innovación (SECITI-DF) y colegas de Argentina y Brasil.

El material presentado en el TICyTLA se organizó en los siguientes temas generales:

- Sociología y organización de la ciencia
- Historiografía y bases de datos en ciencia y tecnología
- Indicadores en ciencia y tecnología y políticas públicas
- Productividad e innovación en ciencia y tecnología
- Indicadores en ciencia y tecnología y el SNI
- Redes de colaboración en ciencia y tecnología

Estas memorias incluyen las contribuciones en extenso presentadas en las 19 ponencias invitadas. Esperamos que la difusión de este material contribuya a darle continuidad a la celebración de reuniones académicas similares y que nos ayude, a su vez, a consolidar nuestros grupos de investigación en la región latinoamericana dedicados al estudio de la actividad científica y tecnológica.

Para la realización de este taller fue esencial el apoyo del CONACyT, el FCCyT, la SECITI-DF, el Cinvestav, la UNAM y la Academia Mexicana de Ciencias (AMC). A todas estas instituciones y amigos nuestro sincero agradecimiento.

Gabriela Dutrénit

Foro Consultivo Científico y Tecnológico

Miguel A. Pérez Angón

Centro de Investigación y
de Estudios Avanzados

Jane M. Russell

Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas
y de la Información, UNAM

Patricia Zúñiga-Bello

Foro Consultivo Científico y Tecnológico





1

SOCIOLOGÍA Y ORGANIZACIÓN DE LA CIENCIA





La investigación en las Universidades Públicas Estatales

Hugo R. Navarro Contreras

Resumen

En este estudio se presentan varios indicadores que reflejan la evolución de las actividades de investigación en el subsistema de Universidades Públicas Estatales (UPE), integrado por 34 UPE y que forma parte del global de Instituciones de Educación Superior (IES) públicas en el país (797 hasta agosto de 2013). Se analiza cómo la mayoría de las UPE sigue grados diversos de avance en el camino hacia constituirse como “Universidades de Investigación”, de acuerdo con la definición de este modelo en la clasificación de IES de la Carnegie Mellon University 2002 (<http://www.carnegiefoundation.org/classifications>). Además, se incluyen indicadores de Profesores de Tiempo Completo (PTC) en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en forma comparativa y se observa cómo las 34 UPE pasaron de incorporar a 21.1% del total nacional de miembros del SNI en 2001 a 31.8% en 2012. De seguir esta tendencia, las UPE sobrepasarán, en 2015, en número de investigadores nacionales al subsistema conjunto de las cuatro Universidades Públicas Federales (UPF) más el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav); superando ya desde 2005 a la UNAM y en 2011 a las UPF. Este incremento en el número total de investigadores ha sido acompañado por una aportación creciente de artículos publicados en revistas indizadas en los quinquenios 2005-2009 y 2008-2012 (SCImago Institutions *Rankings* de IES en Iberoamérica), superando agrupadas a la UNAM en el último quinquenio por casi 4 mil artículos. Se presentan algunos de los instrumentos públicos que han incidido en forma específica en la participación creciente de las comunidades de investigadores de las UPE en el quehacer científico nacional. Se analizan también algunas de las debilidades que existen en las UPE que pueden obstaculizar este avance de la investigación en las mismas.



Introducción

Al final de la introducción del estudio efectuado por el Foro Consultivo Científico y Tecnológico sobre el estado y el impacto de la producción científica mexicana, Juan Pedro Laclette concluye: "Sirva este trabajo como un instrumento de análisis para facilitar la toma de decisiones al respecto de la actividad científica, y para ampliar el universo de instituciones protagonistas en la ciencia mexicana" (Laclette, 2011). El presente trabajo retoma esta afirmación en su última parte aportando información pertinente que nos permita reconocer el papel que el conjunto de 34 universidades públicas estatales (UPE) del país ha tenido en forma creciente y preponderante en las tareas de investigación que efectúa la comunidad de científicos mexicanos.

Esperamos ampliar, así, el conocimiento sobre el papel que tienen en el presente como protagonistas esenciales e imprescindibles en la ciencia mexicana; con ello esperamos que se reconozca la necesidad de incluirlas como interlocutores en cualquier discusión que sobre el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación se emprenda en los diversos foros académicos y científicos de nuestra nación.

Por lo demás, es urgente que la comunidad científica del país conozca cuál es la magnitud y cuáles son los protagonistas más destacados de ese universo que ha desplazado el centro de gravedad de la ciencia mexicana, fuera de la Ciudad de México, ubicándolo en un eje que apunta del centro al norte del país.

Universidades de investigación

El modelo de Universidad de Investigación fue establecido en 1810 por Wilhem von Humboldt, ministro de Educación de Prusia, al fundar la Universidad de Berlín. La estructura de esta universidad alemana, enfocada a la enseñanza y la investigación, sirvió de modelo durante el siglo XIX a instituciones como la Universidad Johns Hopkins (primera IES dedicada a la investigación en Estados Unidos) y otras muchas prestigiosas como la de Harvard.

En el presente, el modelo de Universidad de Investigación ha sido objeto de diversos análisis para definir las características que permitan identificarlo, por lo tanto, en este trabajo se hará referencia a las clasificaciones adoptadas por la Universidad Carnegie Mellon, la cual establece los parámetros que definen una Universidad de Investigación (Altbach, 2011):

1. Los profesores son contratados en función de su competitividad para gestionar proyectos externos que aportan una proporción importante del presupuesto universitario >30% (requisito que prácticamente no se aplica en México).
2. Universidad de Investigación-Extensiva: La universidad gradúa al menos 50 estudiantes de doctorado por año en al menos 15 disciplinas (meta que superan en forma holgada instituciones tales como UNAM, Cinvestav, UAM e IPN).
3. Universidad de Investigación-Intensiva: La universidad gradúa al menos 20 estudiantes de doctorado por año en al menos tres disciplinas (meta que ya se alcanzó o está a punto de serlo por alrededor de 10 a 12 UPE mexicanas).

Las UPE mexicanas como universidades de investigación

Este trabajo aporta elementos que reflejan cómo la casi totalidad de las UPE estatales han adoptado en su desarrollo la esencia de su quehacer: a) convertirse en universidades com-



prometidas en grados diversos, pero crecientes, a efectuar investigación de primera calidad y de frontera; b) comprometerse con valores de la enseñanza de alta calidad que coexiste y se retroalimenta de un entorno de investigación que es competitiva en los ámbitos nacional e internacional, y que c) incorpora en forma cotidiana a alumnos para participar en los trabajos de investigación que realizan sus profesores, lo que les da una formación académica que difícilmente pueden lograr de otra manera (Carnegie Mellon U., 2002). El consenso al respecto no es unánime, pero los números, como se presentan después, apuntan a que son un hecho estos compromisos en casi la totalidad de las UPE.

La mayoría de estas universidades han establecido en su interior sistemas abiertos, pero debe manifestarse que en grados diversos de realización, que caracterizarán su consecución plena, por:

- Contar con profesorado altamente habilitado (doctorado) educado en diferentes dependencias, o instituciones nacionales o extranjeras;
- Una proporción significativa de sus mejores académicos se agrupan en Cuerpos Académicos, establecen colaboraciones con pares en los ámbitos local, nacional e internacional y movilizan a sus alumnos hacia laboratorios o grupos de trabajo que trascienden sus instituciones.
- Someten a evaluación externa sus programas y propuestas, y certifican o acreditan en lo posible a los mismos, así como a sus laboratorios de servicio-vinculación.
- Establecen modalidades o unidades para la operación de sus proyectos de investigación o desarrollo con infraestructura compartida o centralizada.
- Adoptan sistemas de información compatibles intra o inter-institucionales.

Universo de las instituciones de educación superior que efectúan investigación en México

En la tabla 1 se presenta el conjunto de instituciones de educación superior públicas (IESP), de acuerdo con las páginas electrónicas de la Subsecretaría de Educación Superior de la Secretaría de Educación Pública (SEP), y de las secretarías de Energía (SENER), Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA), Salud (SS), Defensa Nacional (SEDENA) y Marina (SEMAR). Eran 797 hasta septiembre de 2013, segunda columna. De éstas, se identifica en este trabajo a 321 IESP que efectúan investigación, tercera columna, asumiendo para ello que tengan al menos un miembro de su institución con reconocimiento en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), en 2012, o que se registre al menos una publicación científica indizada utilizando su dirección en el *Ranking* Iberoamericano (SCIMAGO, 2013). Es factible que esta cuenta no sea la total, ya que al menos la reciente creada universidad intercultural de San Luis Potosí (SLP) no se encuentra enlistada en los registros de la SEP.

Tabla 1. Sistema de IES Públicas en México, 2013

| | Total | IES que efectúan Investigación 2013 |
|------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------|
| SNIT (Tecnológicos) (130 Est, 132 Fed) | 262 | 137 |
| Univ. Públicas Estatales UPE | 34 | 34 |
| Univ. Púb. Estatales con Financiamiento Solidario (UPESol) | 23 | 17 |
| Escuelas Normales Superiores (ENS) | 273 | 5 |
| Universidades Interculturales (UI) | 11 | 4 |



Tabla 1. Sistema de IES Públicas en México, 2013

| | Total | IES que efectúan Investigación 2013 |
|------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Universidades Politécnicas (UPOL) | 42 | 29 |
| Centros Públicos de Investigación + Cinvestav y COLMEX | 29 | 28 |
| Universidades Federales (UNAM, UAM UPN, E IPN) | 6 | 6 |
| Universidades Tecnológicas | 60 | 30 |
| SAGARPA, Incluyendo a la U. Narro | 11 | 6 |
| SENER | 3 | 3 |
| SEDENA | 21 | 4 |
| SEMAR (S. MARINA) | 3 | 1 |
| SEC SALUD | 16 | 16 |
| SEMARNAT | 1 | 1 |
| Otras Públicas (UACM, ENAH, INAH, E.N. Bibliotec. Archiv.) | 4 | 4 |
| Totales | 797 | 321 |

En este trabajo nos vamos a enfocar en el subconjunto de las 34 UPE. En todas ellas existe evidencia de actividades de investigación según el criterio anteriormente mencionado.

La aportación a la ciencia mexicana de las UPE como universidades de investigación

En la figura 1, se presenta el crecimiento de 2001 a 2013 del número de académicos con reconocimiento en el SNI en las principales IES públicas del país. Se presenta en forma agrupada el total de miembros de las UPE para compararlo con el de las UPF y el de otros subsistemas o IES destacadas.

En esta figura se observa que desde 2011 el subsistema de UPE superó al de las UPF, en su conjunto, y en 2013 supera en poco más de 600 y 2,400 investigadores nacionales a las UPF y a la UNAM, respectivamente; esta última es la institución líder nacional en investigación científica. De la misma forma, la razón de crecimiento en el subsistema agrupado es también más acelerado que el de las instituciones federales. El cruce en el tamaño de esta membresía entre UPE y la UNAM se dio en algún momento entre 2004 y 2005. Es predecible que en algún momento en 2014-2015 el número de miembros del SNI en las UPE supere al número combinado correspondiente en las UPF más el Cinvestav.

En la figura 2 se presenta la distribución por niveles de la membresía en el SNI, en las UPE en comparación con la existente en la UNAM. La figura ilustra que, como es de esperarse por el liderazgo histórico que esta institución ha tenido, su población de investigadores nacionales tiene un porcentaje importante con las distinciones II y sobre todo III, superior al existente en el conjunto de las UPE. Sin embargo, es de notar que la diferencia en el número de investigadores nivel II entre UNAM-UPE ha disminuido sistemáticamente de 381 a 245 de 2010 a 2013, respectivamente. En contraste, la diferencia en el número de investigadores nivel III ha ido creciendo de la misma manera de 472 a 535 en favor de la UNAM, y es el mismo caso para subsistema de UPF.



Figura 1. Crecimiento de miembros del SNI en las principales IES

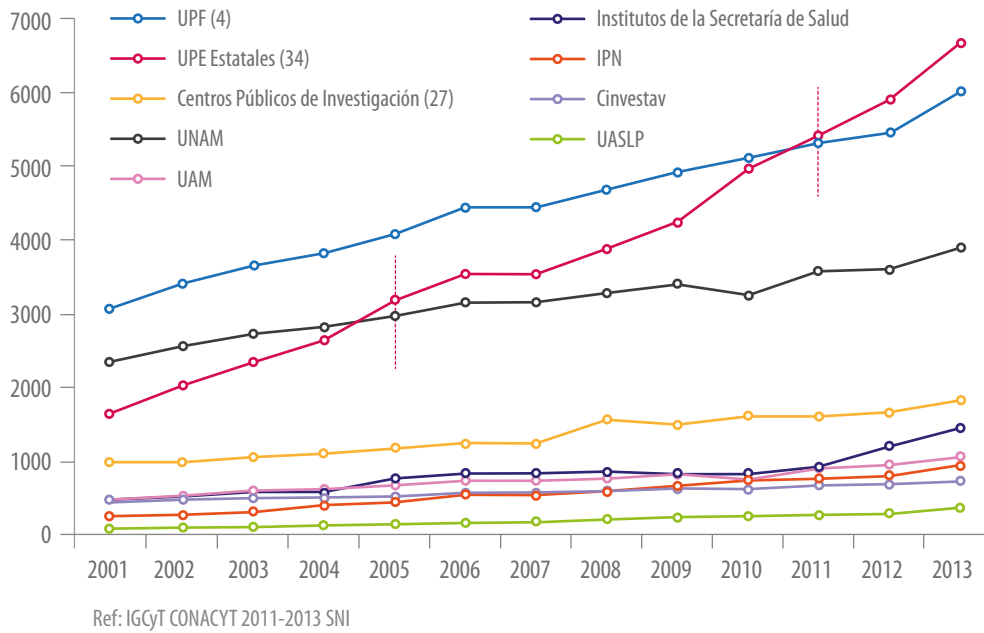
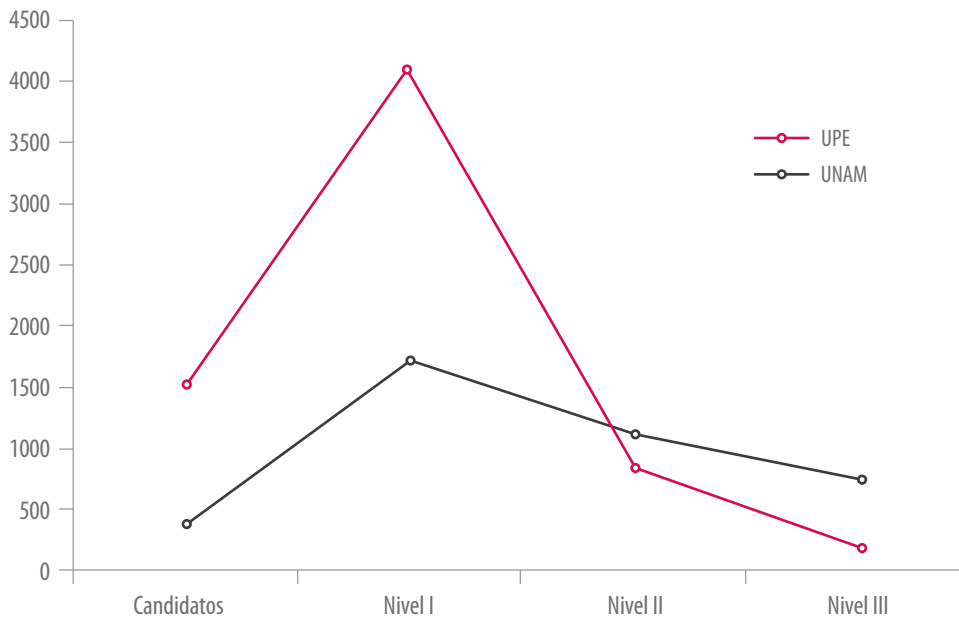


Figura 2. Comparación de la membresía en el SNI 2013



También es necesario resaltar el hecho de que el importante número de investigadores, en las categorías de Candidato y Nivel I en las UPE, refleja cierta juventud de la carrera académica de investigadores en estas IES, en relación con la población de miembros del SNI acumulada a lo largo de los años en la UNAM o las UPF. Cabe concluir que esto indica el impacto del alcance de un estadio de mayor madurez de la ciencia en la UNAM y en las IES Federales. Será una tarea pendiente para el subsistema de UPE nacionales el homologarse con el tiempo con el perfil de niveles SNI que muestra la UNAM en la actualidad.



Una vez que se percibe que existe un número mayor de investigadores nacionales en el subsistema de UPE, en relación al de UPF a partir de 2011, es inmediato plantearse si esta superación en el número bruto de investigadores nacionales en las UPE en relación con las UPF ha ido acompañada en un crecimiento proporcional de la aportación de las IES mexicanas a la investigación científica publicada en el ámbito internacional. La tabla 2 presenta esta comparación entre sistemas, consignando además el detalle de las tres grandes IES federales, UNAM, IPN y UAM, más el caso del Cinvestav, en periodos que van de 1992 a 2012. La fuente bibliográfica de origen¹ (CONACYT, 2003) es la base de datos que registra las publicaciones en revistas científicas indizadas del *Science Citation Index*, que es la misma fuente que usa para sus estudios el Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) (Laclette, 2011) o el que usó CONACYT para sus Informes Generales del Estado de la Ciencia y la Tecnología, hasta épocas recientes, específicamente en el periodo 1992-2002 (CONACYT, 2003). Los datos del Servicio de Identidad (SIR) son por quinquenios, por lo que se incluyen los SIR 2009 y 2013, para tener cobertura completa en tiempo de 1992 a 2012, pero se incluye también el quinquenio 2005-2009, para observar desde el inicio el momento en que el conjunto de UPE superó en miembros SNI a la UNAM.

Tabla 2. Número de Publicaciones ISI de IES de México

| | IGCyT 1992-2002 México (a) Núm. Art. ISI | SIR 2003-2007 México (b) Núm. Art. ISI | SIR 2005-2009 México (c) Núm. Art. ISI | SIR 2008-2012 México (d) Núm. Art. ISI |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Universidades Públicas Federales | 28,275 | 22,566 | 26,318 | 28,885 |
| Universidades Públicas Estatales | >7,075 * | 13,536 | 18,182 | 23,144 |
| IES Privadas | N.D. | 2,798 | 3,501 | 4,104 |
| Sistema de Institutos Tecnológicos | N.D. | 1,956 | 2,831 | 3,375 |
| SAGARPA | N.D. | 1,540 | 1,406 | 1,930 |
| Universidades Politécnicas | N.A. | 59 | 247 | 329 |
| Sistema de Universidades Tecnológicas | N.D. | 124 | 188 | 285 |
| UPE con Financiamiento Solidario | N.A. | 68 | 164 | 247 |
| SEDENA | N.D. | 59 | 74 | 90 |
| Universidades Interculturales | N.A. | 3 | 5 | 10 |
| Otras | N.D./N.A. | 262 | 320 | 579 |
| Detalle de las IES Federales | | | | |
| UNAM | 22,228 | 15,828 | 17,622 | 19,349 |
| Cinvestav | 5,194 | 5,476 | 6,164 | 7,072 |
| IPN | 2,580 | 3,660 | 4,484 | 5,581 |
| UAM | 3,467 | 3,073 | 3,448 | 3,934 |
| N.D.: Datos no disponibles. N.A.: No aplica. Las IES son posteriores. | (a) IGCyT 2003 CONACYT | (b) Ranking Iberoamericano SIR 2009 | (c) Ranking Iberoamericano SIR 2011 | (d) Ranking Iberoamericano SIR 2013 |

*Es importante señalar que en los *Institutions Rankings*, publicados en Internet, solo se consignan y compara IES, por lo que no presentan la información de los 27 Centros Públicos de Investigación o la efectuada y reportada con la dirección de los Hospitales o Institutos asociados a la Secretaría de Salud.

1 Este índice sólo consigna la producción de las 10 UPE con mayor producción de 1992-2002, mostradas en la tabla 3.



En la tabla 2, se ve que durante el decenio 1992-2002 la relación de artículos publicados por la UNAM superó en un factor de 2 a 3 veces la producción del conjunto de las UPE que se consiguan para ese periodo (el conjunto de las 4 UPF las superó de 3 a 4 veces), según se argumenta en la nota en la referencia (CONACYT, 2003).

La UNAM supera en el acumulado también a las UPE hasta el quinquenio 2003-2007, como se resalta en rojo. Pero ya en el quinquenio 2005-2009, justo cuando el número de SNI en las UPE ha rebasado a la UNAM, la producción de artículos ISI en las UPE supera al de ésta y se acerca paulatinamente, pero sin rebasar al conjunto de artículos publicados por el total de las 4 UPF; como se ve en las columnas SIR 2005-2009 y 2008-2013. Éstas las superan en 45%, en el primer periodo, cantidad que se reduce a sólo 25% en el último. Pero es clara la tendencia al avance en la producción científica mexicana en las UPE que se acerca ya al del global producido por las UPF y en este momento es el subsistema de IES con segunda mayor aportación al conocimiento universal generado desde nuestro país.

En la tabla 3 se identifican a las 12 UPE con mayores aportaciones de artículos científicos reportados por ISI, en los 21 años examinados. La Universidad de Guadalajara, la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) tienen un claro liderazgo en este conjunto de instituciones, con una presencia permanente e igual de creciente de las universidades de Guanajuato, Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Autónoma del Estado de Morelos (UAEMor) y la Autónoma de Baja California (UABC). Con un papel destacado también de las universidades Autónoma del Estado de México (UAEMex), Veracruzana (UV), Autónoma De Yucatán (UADY) y la de Sonora (UNISON).

Tabla 3. Universidades públicas estatales con número de artículos ISI publicados de 1992-2012

| | SIR 1992-2002 MEXICO (a) Núm. Art. ISI | SIR 2003-2007 MEXICO (b) Núm. Art. ISI | SIR 2008-2012 MEXICO (c) Núm. Art. ISI |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Universidad de Guadalajara | 980 | 1,289 | 2,099 |
| Universidad Autónoma de Nuevo León | 1,024 | 1,114 | 1,884 |
| Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | 1,513 | 1,333 | 1,876 |
| Universidad de Guanajuato | 665 | 955 | 1,579 |
| U. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo | 441 | 904 | 1,488 |
| Universidad Autónoma de San Luis Potosí | 803 | 985 | 1,482 |
| Universidad Autónoma del Estado de Morelos | 512 | 997 | 1,302 |
| Universidad Autónoma de Baja California | 521 | 655 | 1,198 |
| Universidad Autónoma del Estado de México | N.D. | 454 | 1,075 |
| Universidad Veracruzana | N.D. | 420 | 880 |
| Universidad Autónoma de Yucatán | N.D. | 467 | 821 |
| UNISON | 616 | 524 | 801 |
| ITESM | 488 | 1,233 | 1,649 |
| | (a) IGCyT 2003 CONACYT | (b) Ranking Iberoamericano SIR 2009 | (c) Ranking Iberoamericano SIR 2013 |



También se presenta el caso del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), porque —aunque es una institución privada—, tiene una participación comparable a las mejores UPE, y representa un caso ejemplar para el sistema de educación superior privado. Un papel relevante y casi la misma constancia en aportación a la investigación mexicana se observa para las universidades Iberoamericana, de las Américas y para el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). Las universidades La Salle, Panamericana, Anáhuac y la Popular Autónoma de Puebla (UPAEP) son otras instituciones privadas que tienen una aportación menor pero constante a la ciencia producida en México, éstas aportan 5.9% de esta producción nacional. Un papel semejante lo tiene el sistema de tecnológicos superiores del país, un conjunto de IES Públicas, que producen 4.8% de los resultados científicos publicados de México hasta 2012.

Factores que han apoyado a la investigación en las UPE

Por los datos ya mencionados, es innegable que las UPE han crecido en su aportación en la ciencia mexicana a un ritmo mayor que el de las UPF. Si se recuerda que comparamos las 4 IES (UPF) que atienden a poco más de 20% de la matrícula de educación superior del país, contra las 34 IES que constituyen a las UPE, que cuentan con más de 50% de la misma matrícula², y que se sitúan en las entidades donde se concentra 92% de la población, es innegable que lo que observamos es un ejercicio en la dirección correcta que empieza a corregir el gigantesco centralismo que ha padecido históricamente el país, al menos en lo que a educación superior se refiere.

El único escenario final aceptable es un país donde en las 32 entidades federativas existan IES de excelencia con actividades de investigación proporcionales a su peso poblacional, con alguna especialización o aspecto destacado en la ciencia, acorde con las vocaciones regionales que puedan tener algunas de ellas. Por estas razones es importante ubicar algunas de las políticas públicas que han incidido en este estado *alentador* de la creciente aportación a la ciencia de las UPE, y el avance por varias de ellas para acercarse al modelo de universidades de investigación, al menos en su categoría Universidad de Investigación Intensiva mencionada antes.

Los instrumentos o programas que han incidido en el perfil del profesorado y sobre la infraestructura de las UPE (34) más 17 de las UPESol (en 2011) lo representa el programa de apoyos extraordinarios o Programa de Fortalecimiento de la Calidad en Instituciones Educativas (PIFI) y el programa PNPC-CONACYT. El PIFI consiste en dos instrumentos de política pública que por su relativa estabilidad o continuidad constituyen la realización para todo fin práctico de una política de Estado sobre la educación pública superior, y que se ha extendido desde 2005 para atender al total de sistemas tecnológico, Universidades Politécnicas, Tecnológicas e Interculturales, más la UAM. Estos instrumentos son:

1. El PROMEP o Programa de Mejoramiento del Profesorado. Inició en 1997, otorga plazas PTC que cumplen perfiles de calidad, becas para habilitación de PTC, impulso a Cuerpos de Académicos.
2. El Fondo de Modernización para la Educación Superior (FOMES) que es el insumo principal del PIFI desde 2001. A partir de 2005 el PROMEP se incorpora al PIFI.

² Datos de 2011. INEGI e información existente en el Anuario Estadístico de la Educación Superior. <http://www.anui.es.mx/content.php?varSectionID=166>



3. El Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) en sus categorías de reconocimiento a la calidad y de fomento al desarrollo, que tuvo como antecedente importante al PIFOP (2002-2006) y al Padrón de Posgrados de Excelencia de CONACYT.

Dada la relevancia del PIFI para el sistema de UPE y las UPESol es importante ubicar la metodología que emplea y que ha redundado positivamente en este sistema de IES públicas. En el PIFI se incluyen y se evalúan:

1. La Planeación Institucional Participativa, corroborable.
2. Planeación por Dependencia de Educación Superior (DES), proyectos PRODES.
3. Por los cuerpos académicos (CA) reconocidos constitutivos de las DES.
4. Evaluación y Certificación de Programas Educativos de Licenciatura. PNPC certifica a los de Posgrado.
5. Aplicación de evaluaciones CENEVAL: del examen general de egresados de licenciatura, EGEL, y los EXANI.
6. Concurso de los proyectos PIFI-PRODES para recibir financiamiento.
7. Evaluación por pares distinguidos.
8. Procedimiento instituido de Apelación para Resolver Inconformidades con Evaluaciones o Resultados Financieros Derivados.

Tabla 4. Evolución del perfil de Habilitación de PTC, en las 34 UPE y 17 UPESol

| | 2002 | | 2011 | |
|-------------------------|---------------|--------|---------------|--------|
| Licenciatura y otros | 8,154 | 35.50% | 3,920 | 12.40% |
| Maestría y Especialidad | 10,730 | 46.60% | 15,678 | 49.70% |
| Doctorado | 3421 | 14.90% | 11850 | 37.60% |
| Grado no reportado | 682 | 3.00% | 94 | 0.30% |
| Total | 22,987 | | 31,542 | |

Obstáculos y tareas pendientes para mayor impulso de la investigación en las UPE

Factores externos a las IEP:

1. Recursos gubernamentales insuficientes, que restringen la operación de las UPE.
2. Recursos federales ordinarios para las UPE históricamente etiquetados sólo para la docencia en licenciatura. Grandes ausentes: el posgrado hasta el PIFI 2007 y la investigación.
3. Plazas de PTC con tabulador inferior en las UPE con el modelo SEP, al de los Centros Públicos de Investigación-Cinvestav.
4. Estímulos diferentes aplicables a las UPE, y limitados con respecto a los que se aplican en las IES federales: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN), Universidad Pedagógica Nacional (UPN).
5. No otorgamiento por la SEP de plazas de técnicos académicos desde 1993. Existe además un rezago en plazas administrativas, ya que su concesión a las UPE se reasumió apenas en 2010.



Factores Internos:

1. Planes de jubilación aún no autosostenibles en un porcentaje alto de las IEP.
2. Reglamento de ingresos extraordinarios inexistentes o inoperantes, lo que dificulta en grado diverso las tareas de vinculación con agentes externos privados, públicos o sociales, que permitan además financiar proyectos de investigación o de aplicación novedosa de la ciencia y la tecnología.
3. Insuficiencia de presupuestos etiquetados para investigación o posgrado en distribución interna de gasto ordinario de las UPE.
4. Recursos limitados para mantenimiento y consumibles.
5. Reglamento de Personal Académico inexistentes o seriamente desactualizados. Se requiere revisar los requisitos de recategorización y de permanencia.
6. Posgrados normalmente adscritos a una sola dependencia, lo cual es tremendamente limitante. Alternativa: Modelo UNAM donde todos son multi-dependencias, lo que ha multiplicado enormemente el número de doctorados que concede, y el de investigadores que ahora pueden incidir y ofertar sus temas en los programas doctorales sin restricciones de pertenencia a una dependencia dada.

En un escenario donde se mantenga la razón de crecimiento de miembros del SNI en el subsistema de las UPE es inminente que éste está en posibilidad de superar al conjunto UPF más Cinvestav, en el quinquenio 2013-2017 que ahora transcurre, tanto en el número de miembros de ese sistema, como en la aportación global de resultados publicados e impacto de aplicación innovadora de la ciencia al entorno social y productivo del país. Sin embargo, la realización del modelo de universidades de investigación en su primer etapa, la intensiva, ya se cumple en las UPE en forma detectable por sus parámetros centrales, por lo menos en las IES líderes enlistadas en la tabla 3. Para la plena realización de este modelo es importante que estas IES deban resolver al menos los factores internos arriba enlistados que obstaculizan su avance pleno, en el contexto de las condiciones externas existentes, que han permitido la consolidación de espacios productivos como el Cinvestav, y algunos CPI y tres de las 4 UPF.

Conclusiones

1. El subsistema de 34 UPE ha superado en membresía del SNI a la UNAM desde 2005, y al global de UPF desde 2011.
2. El número de aportaciones a la ciencia internacional del subsistema de UPE medida en artículos indizados en el ISI alcanzó ya 80.1% del total publicado por las 4 UPF en el quinquenio 2008-2012.
3. De mantenerse los ritmos de crecimiento en membresía SNI el conjunto de UPE rebasará al conjunto de UPF más Cinvestav en 2014-2015.
4. Si se mantienen los ritmos de crecimiento de publicaciones ISI por el conjunto de UPE, existe el potencial de rebasar en esta producción a las UPF al final de esta década.



Bibliografía

1. Altbach, P. G. (2011). *The Road to Academic Excellence, The Making of World Class Research Universities*. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.
2. Carnegie Mellon U. (2002). The Carnegie Classification of Institutions of Higher Education.
3. CONACYT. (2003). IGCYT: Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología. México: CONACYT.
4. Laclette, J. P. (2011). Presentación. En *Ranking de Producción Científica Mexicana 2011* (pág. 37). México.
5. SCIMAGO. (2013). SIR Iber y 2013. SCOPUS.





Estudio comparativo de las universidades mexicanas: una fuente de información comparativa para la producción científica mexicana

Francisco Javier Lozano Espinosa
Imanol Ordorika Sacristán

Introducción

El Estudio Comparativo de Universidades Mexicanas (ECUM) y su explorador en línea (ExECUM: www.execum.unam.mx) es un proyecto de investigación realizado por la Dirección General de Evaluación Institucional de la UNAM, que sistematiza, mide y compara el desempeño de universidades y otras instituciones mexicanas de educación superior. Se basa en la recopilación, ordenamiento y análisis de información obtenida en fuentes oficiales y bases de datos reconocidas. Contiene datos de más de 3,600 instituciones de educación superior (públicas y privadas); centros de investigación; instituciones de salud; dependencias gubernamentales, y de diversos organismos sociales o privados desde el 2007 al 2012.

Incluye 14 rubros de información (con un total de 706 datos y porcentajes de datos) para evaluar el desempeño de las universidades: personal docente, matrícula, programas académicos, financiamiento, investigadores en el Sistema Nacional de Investigadores, Cuerpos Académicos en PROMEP, Publicaciones Indizadas en ISI, SCOPUS, patentes de invención, revistas del sector de investigación (catálogo Latindex, índice CONACYT), programas académicos de licenciatura evaluados y acreditados (CIEES, COPAES) y Posgrados de Calidad.

Este proyecto significa un logro metodológico inédito ya que sistematiza y estandariza fuentes de información apoyado en diversas metodologías de clasificación, como el caso de un análisis bibliométrico para estandarizar la totalidad de universidades e instituciones mexicanas que participan en los indexadores ISI, SCOPUS, y la estandarización y conversión a base de datos de fuentes oficiales que sólo pueden ser consultadas en formatos html (caso de patentes). Ofrece la posibilidad de establecer el tipo y nivel de comparación que se considere relevante y de construir indicadores a partir de las propias necesidades.



1. Conceptualización del ECUM

El ECUM surge como una propuesta opcional a los *rankings* con el propósito de contar con información comparable sobre la producción científica y académica con la cual sea posible realizar evaluaciones mediante diversos aspectos relacionados con el desempeño de las universidades y centros de investigación mexicanos.

Sin pretender ser exhaustivos, en la tabla 1 se incluye una comparación entre los fines que impulsan a los *rankings* en contraste con los objetivos planteados para el ECUM y su explorador de datos:

Tabla 1. Comparación entre los *rankings* internacionales y la propuesta del ECUM

| Característica del <i>ranking</i> | La propuesta del ECUM |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ofrece un listado de universidades jerarquizado por medio de un indicador que pondera de manera arbitraria diferentes datos asociados fundamentalmente a la investigación e internacionalización de las instituciones y en el que el lugar ocupado se relaciona con al mayor o menor prestigio de las mismas. | Ofrece datos sobre diferentes áreas asociadas con el desempeño científico y académico de las instituciones de educación superior sin pretender jerarquizarlas y mucho menos mediante un indicador ponderado. |
| El lugar ocupado en el <i>ranking</i> por una institución se asocia a 'ser mejor' o 'peor' que el resto de las instituciones por lo que las posiciones terminan significando más bien un ejercicio comercial en los que se busca mejorar el lugar ocupado para ser más atractiva sobre todo a los estudiantes internacionales. | No jerarquiza sino que ofrece datos que pueden ser usados para dar seguimiento al desempeño en las diferentes áreas y realizar comparaciones con otras instituciones con las que se considere conveniente y con ello aporta elementos para realizar ejercicios de evaluación institucional. |
| La jerarquización se construye a partir de una supuesta metodología rigurosa que se publica junto con los resultados del <i>ranking</i> ; sin embargo, no ofrece la información suficiente que permita replicar la aplicación del procedimiento metodológico dado que prácticamente ninguno ofrece los datos utilizados en el cálculo. | La información que se ofrece es transparente y puede ser verificada en las fuentes citadas y, gracias a que ofrece datos, cualquiera que lo consulte puede construir indicadores relativos. |
| Venden la idea de que una realidad compleja como lo es una institución universitaria puede ser simplificada a un sólo valor o posición en el <i>ranking</i> con el argumento de contar con una metodología sólida y universal pretendiendo que unos cuantos criterios resulten suficiente para permitir comprender la complejidad asociada al desempeño de las instituciones de educación superior | No propone un indicador único para medir el desempeño de las instituciones. Por el contrario se rige por el principio de incorporar el mayor número de datos siempre y cuando éstos provengan de fuentes sólidas y que permitan su comparabilidad. |

El hecho de que el ExECUM incluya datos provenientes de diversas fuentes de información implica, de manera necesaria, desarrollar una metodología robusta enfocada sobre todo a normalizar la información y desarrollar una plataforma que sea capaz de incluir a cualquier institución que aporte al menos un dato.

2. Procedimiento general para la incorporación de datos en el ExECUM

Para cada una de las áreas que conforman el estudio comparativo se diseñó una estrategia de recopilación y procesamiento de información específica a partir de la consulta de fuentes directas de información.

El proceso de codificación de las instituciones para cada área de información, consistió en la identificación de cadenas de texto múltiples asociadas a las entidades mexicanas, permitiendo con ello clasificar a las universidades, instituciones y conjuntos institucionales relevantes. Se asignó un código único que fue utilizado en la elaboración de las bases de datos, lo que permite la comparación entre instituciones.



Un segundo reto metodológico fue lograr que por medio del ExECUM pudieran realizarse comparaciones con conjuntos institucionales que resultaran relevantes para las diferentes universidades o centros de investigación. Así, por ejemplo, para una universidad pública de algún estado, resultará de interés no sólo compararse con universidades similares sino con el subconjunto al que pertenece es decir al de las universidades públicas de los estados. Lo mismo sucede con las universidades tecnológicas, interculturales, institutos tecnológicos, etcétera, y más aún para muchos investigadores resulta relevante el poder comparar las participaciones de sectores completos como los son las universidades públicas frente a las privadas o el subconjunto del sector salud, entre otros (tabla 2).

Tabla 2. Rubros incluidos en el ExECUM 2013 (información con corte 2012).

| Descripción del rubro | Fuente de información |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| I. Datos Institucionales | |
| <p>A. Personal Docente Este rubro presenta información del total de personal docente que atiende la modalidad escolar, según nivel de estudios y tiempo de dedicación. La fuente primaria de datos es el Formato 911 de la Secretaría de Educación Pública (SEP).</p> | Base 911 SEP |
| <p>B. Matrícula Rubro con información procedente del Formato 911 de la SEP, que corresponde al número de alumnos que tienen las facultades, escuelas, centros, divisiones o departamentos de las instituciones en las que se ofrecen programas de educación superior, desagregada según nivel de estudios.</p> | Base 911 SEP |
| <p>C. Programas Académicos Rubro con información procedente del Formato 911 de la SEP, que corresponde al número de carreras y (o) programas de la modalidad escolar que imparte la institución, desagregada según nivel de estudios.</p> | Base 911 SEP |
| <p>D. Financiamiento En este rubro se incluye información sobre el monto y fuente de subsidio que reciben las universidades públicas de México (federales, estatales, interculturales, politécnicas y con apoyo solidario). Fue sistematizada mediante la definición de las siguientes variables: Subsidio ordinario federal, Subsidio ordinario estatal, Subsidio extraordinario federal, Subsidio extraordinario estatal.</p> | Subsecretaría de Educación Superior de la SEP |
| II. Investigación | |
| <p>A. Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Este apartado presenta información sobre el número de académicos que participan en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI), así como el nivel que les ha sido otorgado.</p> | Página del CONACYT |
| <p>B. Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) El rubro que presenta la información sobre cuerpos académicos en el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP), contiene datos referentes al número de cuerpos académicos consolidados y el total de cuerpos académicos de cada institución que tiene una participación relevante a nivel nacional durante los años de referencia.</p> | Página Web del PROMEP de la Secretaría de Educación Pública |
| <p>C. Documentos, artículos y citas registradas en el índice bibliográfico ISI-Thomson La información sobre el rubro ISI-Thomson contenida en el presente estudio, fue elaborada a partir de consultas en profundidad sobre la base de datos normalizada ISI-Thomson Web of Science (WoK) (http://apps.isiknowledge.com), de la que se extraen los documentos en los que participa al menos un autor adscrito a una institución mexicana y es sistematizada mediante la definición de las siguientes variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El número de documentos y artículos en los que participan las instituciones • Documentos y artículos en colaboración tanto nacional como internacional • El número de referencias a estas publicaciones • Participación autoral institucional total y como primeros autores | ISI Web of Science |



| Descripción del rubro | Fuente de información |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <p>D. Documentos, artículos y citas registradas en el índice bibliográfico SCOPUS La información sobre el rubro SCOPUS contenida en el presente estudio fue elaborada a partir de consultas en profundidad sobre la base de datos normalizada del indexador SCOPUS (http://www.scopus.com) y sistematizada mediante la definición de tres variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El número de documentos y artículos en los que participan las instituciones • Documentos y artículos en colaboración tanto nacional como internacional • El número de referencias a estas publicaciones • Participación autoral institucional total y como primeros autores | <p>Base de datos SCOPUS Elsevier</p> |
| <p style="text-align: center;">III. Patentes Nacionales</p> <p>La información contenida en este rubro tiene como objetivo proporcionar datos relacionados con la dinámica de las actividades de invención en México a través del seguimiento del registro de las patentes solicitadas y otorgadas ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) por parte del sector de investigación (universidades, institutos y centros de investigación nacionales), y mediante su sistematización a partir de la definición de dos variables:</p> <p>Patentes de invención solicitadas de 1991 a 2012 registradas en el Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA). Patentes de invención otorgadas de 1991 a 2012 y registradas en el SIGA.</p> | <p>Gaceta de Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial</p> |
| <p style="text-align: center;">IV. Revistas Académicas</p> <p>A. Latindex Este rubro presenta información sobre el número de revistas con que cuentan las universidades y centros de investigación en México (sector investigación) y que se encuentran registradas en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex). La sistematización de este rubro se realizó mediante la definición de dos variables a partir del directorio Latindex: Número de revistas incluidas en el directorio Número de revistas del directorio en el catálogo de calidad</p> | <p>Base de datos enviada por Latindex actualizada anualmente.</p> |
| <p>B. Índice CONACYT Este rubro presenta información sobre el número de revistas que se encuentran registradas en el Índice de Revistas de Investigación Científica y Tecnológica del CONACYT, organismo que las incluye como reconocimiento a su calidad y excelencia editorial. La información que se muestra en el ExECUM se actualiza anualmente y es obtenida en el mes de agosto del año de referencia y se obtiene de la siguiente dirección electrónica: http://www.conacyt.gob.mx/Indice/Paginas/ListadoCompleto.aspx</p> | <p>Página Web del CONACYT</p> |
| <p style="text-align: center;">V. Docencia</p> <p>A. Programas de educación superior evaluados por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) Este rubro concentra información relativa a los programas de educación superior evaluados por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES). La información de este rubro incluye el número total de programas (TSU, Licenciatura, Especialidad, Maestría y Doctorado) que han sido evaluados en cada institución por los CIEES y el número de aquellos que han sido clasificados en el nivel 1. La fuente de información de los datos corresponde a los reportes elaborados por los CIEES y que se encuentran disponibles en su página electrónica (http://www.ciees.edu.mx/). Cabe aclarar que la información del rubro se refiere al número acumulado de programas que a través del tiempo han sido evaluados por los CIEES en cada institución, por lo que éstos pueden estar sujetos a evaluación en más de una ocasión y presentarse casos en los que el número de programas evaluados es superior a la totalidad de los que tiene la institución.</p> | <p>Página Web de los CIEES</p> |



| Descripción del rubro | Fuente de información |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <p>B. Programas de educación superior acreditados por agencias reconocidas por el COPAES En este rubro se incluye información sobre el número total de programas (TSU y Licenciatura) existentes en las instituciones, así como el número de ellos que han sido acreditados por las agencias reconocidas por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES).</p> <p>La información contenida en este rubro proviene de los reportes publicados por el organismo en su página electrónica (http://www.copaes.org.mx/).</p> | <p>Página Web del COPAES</p> |
| <p>C. Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) Este rubro presenta datos sobre el número de posgrados consolidados (nacionales o internacionales) y el total de posgrados de las universidades e instituciones que por su relevancia se identificaron en el estudio, pertenecientes al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) SEP-CONACYT.</p> <p>Para obtener esta información se consultó la página Web del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y dentro del apartado dedicado al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), se obtuvieron los listados de los programas vigentes del PNPC 2007-2012.</p> | <p>Página Web del CONACYT</p> |

3. Principales retos metodológicos que enfrenta la elaboración del ExECUM

A) Recolección

Para incluir en el ExECUM un área de información ésta debe cumplir con diversos requisitos que aseguren la comparabilidad y la equidad. El primer criterio indispensable es que los datos deben provenir de fuentes independientes y ajenas a las propias entidades académicas, es decir, en general se excluye el autorreporte.

Un segundo criterio que debe cumplir cualquier rubro de datos es que sea replicable y verificable, por lo que se acude a fuentes públicas que pueden ser consultadas ya sea de manera directa o a través de la instancias de transparencia del gobierno federal. De forma adicional se prioriza el trabajo con microdatos para mostrar el origen de los resultados estadísticos, lo que los fortalece y permite informar de manera detallada a cada institución cómo se obtiene la información que arroja el ExECUM. Finalmente el dato debe ser pertinente y estar estrechamente relacionado con alguna de las funciones sustantivas de las instituciones de educación superior, es decir, la docencia, la investigación y la difusión de la cultura.

Una vez identificada una fuente de información que cumpla con los criterios definidos, el reto principal es transformarla en una fuente de base de datos, lo que significa implementar procesos de conversión que en muchos casos resultan de alta complejidad.

De manera general podemos hacer referencia a tres tipos de estrategias que son implementadas:

- a. Cuando la fuente presenta información que proviene de bases de datos pero que limita la obtención del microdato como lo son los casos del ISI Web of Science o SCOPUS sobre los que deben aplicarse estrategias de segmentación para obtener el universo completo de referencias. Específicamente en el caso del ISI deben bajarse en grupos de 500 referencias de la consulta base México en que es solicitada la cadena de texto 'mex*' y con una cadena de búsqueda similar en el SCOPUS se deben realizar consultas por áreas de conocimiento hasta completar la totalidad de la base México, dado que esta fuente limita la obtención de microdatos a sólo dos mil registros.



- b. Cuando la fuente sólo permite consultas específicas por temas que no están asociadas directamente a las instituciones –porque sólo se pueden realizar por tema, área o por la identificador individual de la propia fuente– como es el caso específico de las patentes que se publicaron con anterioridad a 2009, con las que se tuvieron que realizar consultas específicas en el SIGA por referencias indirectas lo que significó un trabajo detallado de depuración posterior.
- c. Una tercera estrategia implementada se asocia con las fuentes de información que presentan sus datos en formato PDF, sobre el cual se aplican rutinas de conversión específicas para obtener texto plano que posteriormente pueda ser convertido en bases de datos. En este caso el reto es encontrar la secuencia específica del texto obtenido previa depuración de textos ajenos a dicha secuencia como títulos, pies de página, etcétera.
- d. La cuarta estrategia implementada se asocia con fuentes de las que se obtiene la información en un formato que puede ser incorporado de manera directa a bases de datos, sin necesidad de realizar ningún tipo de trabajo previo dado que simplemente se aplican rutinas de importación que facilitan los propios manejadores de bases de datos, por lo que el esfuerzo significativo sólo se aplica en la normalización de la información.

B) Normalización

La normalización consiste en asignar cada dato (que puede ser artículo, patente, programa académico, entre otros) a la o las instituciones que lo ‘producen’. Este procedimiento ocupa un punto nodal en la estrategia elaboración del ExECUM ya que es lo que permite realizar comparaciones entre las instituciones o realizar el seguimiento específico del desempeño de cada una de ellas. Adicionalmente esta parte del proceso permite dar certeza de que la información es inclusiva a todas las instituciones nacionales dado que se aplica un procedimiento de saturación que no se finaliza hasta que cada dato haya sido asignado a alguna de ellas.

El proceso de normalización se asocia directamente con la forma como se han tenido que construir las bases de datos de acuerdo con su contenido: a) en aquellas en el que el registro hace referencia a un dato sobre el que se requiere identificar la participación de las instituciones (patentes, artículos, revistas, etcétera), y b) aquellos arreglos en el que la información se obtiene por institución, es decir que los diferentes registros son ocupados por cada una de ellas (matrícula, programas académicos y su acreditación, personal docente, presupuesto, etcétera).

Como es de suponerse, el mayor reto está asociado con las bases de datos del primer tipo, es decir, las que incluyen en sus registros información sobre la que se debe identificar la participación de las instituciones.

El caso más problemático es sin duda el que involucra algún tipo citación en el que los autores hacen referencia a sus instituciones de diversas formas como lo son la producción de artículos registrada en ISI o SCOPUS y las propias patentes.

En estos casos específicos ha sido necesario recurrir a la identificación de cadenas de texto asociadas de manera exclusiva a alguna institución. Por ejemplo en el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México, se han encontrado más de mil formas de citación que incluyen desde el nombre de la institución en diferentes formas y abreviaciones, alguno de sus institutos o facultades de referencia, códigos postales de los diferentes campi y hasta autores que han sido identificados por su nombre y área temática en la que trabajan.



Ahora bien, no debemos olvidar que el ExECUM es un sistema que abarca información nacional, por lo que este procedimiento de identificación personalizado ha tenido que replicarse con la totalidad de artículos, documentos o patentes en cuya producción participan las instituciones nacionales; de ahí que nuestro código de identificación de las instituciones haya alcanzado a la fecha un total de 3,139 registros entre instituciones, organismos y conjuntos institucionales.

C) Comparabilidad

Aunque está relacionado con la normalización dado que ésta se requiere como un requisito indispensable, lograr estándares de comparabilidad no es posible con el simple hecho de identificar de manera individual a cada institución. Por el contrario, es necesario establecer parámetros de referencia que involucren procesos de evaluación en el ámbito nacional, por los sectores en los que se divide la educación superior y la investigación del país.

Para lograr tal objetivo fue necesario en primer lugar construir un código de identificación institucional que no fuera arbitrario sino que, por el contrario, tuviera una relación estrecha con la realidad nacional. Así, por ejemplo, sabemos que las instituciones de educación superior están clasificadas de acuerdo con su competencia y alcance; están por un lado las universidades que se distinguen de otros centros de educación superior como los institutos nacionales, los institutos tecnológicos y también pueden ser clasificados de acuerdo con la forma en que obtienen su financiamiento (público o privado), etcétera.

El código que se construyó para clasificar y ordenar a las instituciones dentro del ExECUM considera las siguientes áreas de clasificación generales, que han servido como base para establecer zonas de referencia mediante las cuales un usuario puede establecer comparaciones específicas:

A. Por Tipo

A.1. Instituciones de Educación Superior Públicas

A.1.1. Universidades Públicas

A.1.1.1. Federales

A.1.1.2. Estatales (UPE)

A.1.1.3. Universidades Tecnológicas

A.1.1.4. Universidades Politécnicas

A.1.1.5. Universidades Interculturales

A.1.1.6. Otras Universidades Públicas

A.1.2. Institutos Tecnológicos

A.1.2.1. Federales

A.1.2.2. Estatales

A.2. Instituciones de Educación Superior Privadas

A.3. Otras Instituciones de Educación

A.4. Instituciones Públicas y Dependencias Gubernamentales que Realizan Investigación

A.5. Gobierno

A.5.1. Secretarías de Estado

A.5.2. Dependencias Federales

A.5.3. Gobiernos Estatales

A.6. Asociaciones, Organizaciones Sociales y Agencias Internacionales

A.7. Iniciativa Privada (excepto educación)



B. Conjuntos Institucionales

- B.1. Universidades Seleccionadas
- B.2. Centros SEP-CONACYT
- B.3. Institutos Nacionales de Salud
- B.4. Colaboraciones Extranjeras

C. Por Sector

- C.1. Sector Educativo
- C.2. Sector Privado
- C.3. Sector Público
- C.4. Sector Salud
- C.5. Sector Social

Es a partir de este código que el usuario puede establecer formas de visualización a diferentes niveles de agregación, combinarlo con el de visualización individual y realizar comparaciones en cualquiera de las combinaciones posibles. Por ejemplo, una universidad pública de alguna entidad puede comparar sus datos con otras universidades de su tipo y además con el subconjunto de las UPES; un investigador puede realizar comparaciones con la información agregada de las universidades públicas y privadas, etcétera.

En el tema de la comparabilidad es importante resaltar que el ExECUM también ofrece otras formas de visualización que resultan de gran utilidad para realizar análisis nacional como lo es el módulo de agregados estatales con visualización gráfica (mapas y gráficas de barras). Estas herramientas permiten determinar la participación de cada entidad de la República en la mayor parte de las áreas incluidas en el sistema.

Cabe resaltar que para lograr esta forma de visualización fue necesario establecer sistemas de minería de texto similares al aplicado para la identificación de instituciones, tarea que resulta mucho más compleja en aquellas instituciones con presencia nacional como lo son, por ejemplo la UNAM, el Instituto Politécnico Nacional o instituciones que realizan investigación en más de un estado de la República como el Cinvestav o el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Otro reto metodológico que fue necesario superar en el tema de la comparabilidad está relacionado con el seguimiento institucional en el transcurso del tiempo, ya que es necesario para establecer sistemas de evaluación transversales.

Para ofrecer esta opción de análisis el ExECUM incluye dos formas de visualización que permiten este ejercicio: el análisis multianual que puede ser solicitado como un arreglo de la información de cualquier reporte elaborado dentro del sistema y la segunda que puede ser obtenida a través del módulo de fichas institucionales en el que cada una de las 60 principales instituciones de educación superior pueden consultar información sobre las diferentes áreas incluidas en el sistema y su comportamiento histórico en el transcurso de los años, lo que permite realizar ejercicios de seguimiento institucional.

Dado que entre los alcances del ExECUM se incluye establecer a esta herramienta como base para realizar análisis de mayor profundidad, el sistema debía ofrecer al usuario opciones para recuperar los datos en formatos que permitieran su manejo en herramientas de análisis, lo que



se convirtió en otro reto metodológico a ser superado. Por tal motivo se integraron opciones de exportación de las tablas de resultados a formato Excel y PDF, lo que ha permitido alcanzar este objetivo.

4. Comentarios finales

A) Aportaciones del ExECUM

El ECUM no es un *ranking*, por el contrario es una herramienta de consulta y como tal deberá ser evaluada y utilizada.

Quien ingresa al Explorador no debe esperar encontrar repuestas sobre cuál es la mejor o peor universidad del país. Por el contrario hallará información útil para entender algunos de los procesos más relevantes que están relacionados con el desempeño docente y de investigación de las instituciones y podrá también encontrar datos que le permitirá calcular los indicadores para realizar las comparaciones que le parezcan pertinentes.

Se perfila como una herramienta sólida, confiable que permite al usuario verificar la veracidad de los datos dado que las fuentes de información, las fechas de corte y las formas de cálculo son presentados de manera transparente ya sea en la sección dedicada a explicar la metodología o en el propio libro de ayuda que se genera de manera simultánea con los resultados de las consultas solicitadas por medio de la interface.

B) Sobre la experiencia metodológica

Metodológicamente puede asegurarse que el ExECUM es una aportación inédita en el país porque concentra y estandariza información dispersa que puede ser comparada gracias a la normalización de los datos y que resulta de gran utilidad por la diversidad de formas en que ofrece sus resultados: por institución, agregados institucionales, por entidad federativa e incluso presenta un resumen que concentra los principales indicadores para las 60 instituciones más importantes del país.

Por la forma como fue el concebido ExECUM y por el tratamiento aplicado a los datos se garantiza que su contenido es totalmente comparable y relacionable. Se estandarizan fechas de corte, se normaliza la información de las instituciones y las entidades federativas y, por el principio de saturación aplicado en el tratamiento de los datos, se garantiza que las instituciones con alguna participación en cualquiera de las áreas de información son consideradas en el sistema.

Otra fortaleza que debe ser resaltada del ExECUM es el origen de las fuentes de información dado que son fuentes duras que provienen de organismos independientes, privilegiando datos que no son autorreportados y en los que el microdato que le da origen siempre puede ser presentado por el staff a cargo del sistema a quien lo solicite para su verificación y comprobación.

C) La experiencia del usuario

A pesar del enorme esfuerzo metodológico asociado a la construcción del sistema, esto no significa que se aspire a proporcionar datos exactos que concuerden con los que cada institución genera como parte del seguimiento de su propio desempeño. La experiencia nos indica que existe una tendencia de evaluar al ExECUM de manera positiva siempre y cuando coincidan los registros propios con los del sistema, situación que es poco probable suceda debido a que, en buena parte de las áreas, el dato presentado es una fotografía instantánea que puede tener variación si la consulta se realiza por diferencia de unas cuantas horas.



Por el contrario el ExECUM debe verse como una herramienta comparativa y tener claridad que su comparabilidad se limita al tiempo en el que fue realizada la consulta, situación que de ninguna manera demerita sus alcances porque todas las instituciones que han sido consideradas en ella tienen la misma probabilidad de ser incluidas.



Uso de indicadores compuestos para medir el desarrollo disciplinar en instituciones académicas

Salvador Gorbea-Portal

Resumen

Se fundamenta la utilidad y el uso de los indicadores compuestos en la medición del desarrollo disciplinar en instituciones académicas, mediante la correlación de un conjunto de indicadores de potencialidades en investigación y docencia o de entrada (*input*) y bibliométricos o de salida (*output*), como una forma de aportar elementos teóricos y metodológicos que orienten su uso en la medición de las aportaciones que realizan este tipo de instituciones a las disciplinas que orientan sus resultados; mediante la aproximación a una definición del marco teórico en el que se sustenta la medición de este fenómeno y la metodología que se sigue para la aplicación de dichos indicadores en el caso concreto de un conjunto de instituciones académicas en Ciencias Bibliotecológicas y de la Información en países de Iberoamérica. Finalmente se agregan algunos resultados parciales obtenidos en la aplicación de un indicador compuesto, diseñado y aplicado con estos fines en cinco instituciones académicas seleccionadas que investigan e imparten docencia en estas disciplinas y región.

1. Introducción

Los aspectos teóricos, metodológicos y resultados parciales que aquí se presentan se enmarcan en el diseño y desarrollo de dos proyectos de investigación coordinados por el autor de esta comunicación. El primero: Potencialidades de investigación y docencia iberoamericanas en Ciencias Bibliotecológica y de la Información (Concluido en 2010); el segundo: Comportamiento métrico del desarrollo disciplinar iberoamericano en Ciencias Bibliotecológica y de la Información (en curso).



En la primera investigación, se delineó un perfil en el cual se identificaron los principales rasgos que caracterizan la investigación y la docencia acerca de estas disciplinas en 29 universidades y dependencias de 10 países iberoamericanos, con el propósito de presentar un diagnóstico sobre el estado que guarda el desarrollo institucional, los recursos humanos y la ejecución de proyectos de investigación en las instituciones y países de esta región. Mientras que en el segundo proyecto, hoy, se avanza en la actualización de los indicadores del proyecto anterior y en la identificación de un sistema de indicadores bibliométricos, con el propósito de correlacionar ambos sistemas de indicadores y con ello diseñar un índice compuesto, que permita medir el desarrollo disciplinar alcanzado en estas instituciones y países.

Esta comunicación tiene como propósito mostrar los avances obtenidos en el diseño, uso y factibilidad de los *indicadores compuestos* orientados a estos fines, mediante la identificación de los principales aspectos teóricos y metodológicos en los que se sustentan, además de presentar algunos de los resultados que se obtienen con este tipo de indicador.

2. Aproximación a un marco teórico-disciplinar para el estudio de la ciencia y de las instituciones científicas

El abordaje de una perspectiva teórica sobre el uso de indicadores científicos, orientados a la medición del desarrollo disciplinar en las instituciones académicas, centra sus bases en el propio estudio de la ciencia como actividad investigadora, orientada a la adquisición de nuevos conocimientos sobre la naturaleza, la sociedad y el pensamiento, por medio de la cual se determina el propio desarrollo de las disciplinas, las instituciones y los sistemas científicos que en ella se involucran.

La delimitación de un marco teórico que sustente el estudio de la ciencia y en particular este tipo de aplicaciones métricas es una tarea compleja que no puede ser tratada a profundidad en un trabajo de este corte, debido a la infinidad de enfoques, disciplinas y escuelas que en ello participan y el carácter transdisciplinario de los objetos y tema de estudio que abarcan. Sin embargo, aquí se presentan algunos aspectos generales que, de manera sintética, permiten dar una idea de las bases teóricas y disciplinares que sustentan la aplicación de los indicadores científicos en los procesos de evaluación y medición de este tipo de fenómeno.

2.1 La filosofía y la historia de la ciencia

El estudio de la ciencia, desde sus inicios, ha estado asociado a la interpretación filosófica e histórica de su comportamiento, la filosofía ha estado orientada a la indagación del conocimiento y de la práctica científica, así como a las normas de evaluación y el cambio de las teorías científicas, aunque algunos filósofos de la ciencia también reclaman para su disciplina (además de las normas de evaluación) un papel prescriptivo para la filosofía de la ciencia (Losee, 1987, p.13). La filosofía (o teoría) de la ciencia *como una disciplina especial de la filosofía contemporánea; se ocupa con las cuestiones que conciernen a los aspectos lógico, semántico, metodológico y epistemológico de las ciencias empíricas... el origen de la teoría contemporánea de la ciencia puede situarse en el Círculo de Viena, oficialmente fundado en 1929* (Rivadulla Rodríguez, 1986, p. 19, 25).

Mientras que la historia de la ciencia estudia el desarrollo temporal de los conocimientos científicos y tecnológicos de la sociedad y el impacto que ambos han tenido sobre la cultura, la



economía y la política (Comellas García-Llera, 2007). Además permite comprender cuáles son las principales teorías actuales y cuáles han sido los obstáculos que trabaron su aparición y el desarrollo de una ciencia (Gagliardi, 1988).

Las definiciones anteriores pudieran evidenciar el carácter excluyente entre una y otra disciplina, en las que según Losee, la interpretación de que *la historia de la ciencia describe el comportamiento de los científicos, mientras que la filosofía de la ciencia evalúa sus producciones y prescribe el comportamiento más adecuado para el desarrollo del conocimiento*, ha quedado superada desde hace un cuarto de siglo, este autor parte de esta cuestión para examinar de qué manera podrían articularse ambas disciplinas (Losee, 1987). La conjunción de ambas en el estudio de la ciencia ha quedado evidenciado también en el diseño de líneas de investigación y propuestas de programas de posgrado, como es el caso del doctorado que imparte la Universidad de Guanajuato, México, el cual en su página de presentación define que *la llamada Historia y Filosofía de la Ciencia comprende el estudio filosófico del desarrollo histórico del conocimiento científico. Se centra en la clarificación de problemas tales como el cambio teórico, el progreso científico, los factores del cambio de paradigmas en el discurso científico, los criterios de racionalidad científica, la evidencia, los estándares de prueba empírica*, entre otros aspectos (Universidad de Guanajuato. Programa de Doctorado en Historia y Filosofía de la Ciencia, 2014).

2.2 La sociología de la ciencia y del conocimiento científico

Otro aspecto a considerar en el estudio de la ciencia y de sus indicadores científicos resulta del marcado acento social de esta esfera de conocimiento, en el que la sociología ha aportado un considerable caudal de conocimiento para su estudio, el cual se orienta al robusto carácter social de la ciencia y del conocimiento científico; es decir, la sociología de la ciencia considera las influencias y componentes sociales en la ciencia, pone en relevancia el componente social en la producción del conocimiento científico. Según Merton es considerada como una subdivisión de la Sociología del Conocimiento (Lamo de Espinosa, González García y Torres Albergo, 2002). Mientras que la sociología del conocimiento científico, en sentido general, investiga los orígenes sociales de las ideas y del efecto que tienen sobre las sociedades y de la construcción social del conocimiento.

El enfoque sociológico de la ciencia y la tecnología quizá sea uno de los campos más debatidos y que más interpretaciones ha tenido. En este sentido, algunos autores coinciden en señalar que en su estudio existen diferentes posturas que, aun coincidiendo en resaltar sus aspectos sociales éstas, presentan algunas diferencias en lo que respecta a su alejamiento de la visión más tradicional de ellas (López-Cerezo, 1999, p.3).

Es por ello que se habla de una "Postura Débil" y de un "Programa Fuerte" en la Sociología de la Ciencia. Cabe destacar que la paternidad de la sociología de la ciencia *corresponde al estadounidense Robert K. Merton y sus colaboradores de la Universidad de Columbia, postura denominada como "débil" mientras que el "Programa Fuerte de la sociología de la ciencia" representa un conjunto de planteamientos acerca de la actividad científica formulado por un grupo de autores principalmente ingleses de la Universidad de Edimburgo* (Otero, 1998, p. 89). El propósito de este grupo de investigadores de la Unidad de Estudios de la Ciencia de esa universidad en los años setenta, según Fuller, no era realizar una crítica radical de la ciencia, sino más bien hacer una *Ciencia de la Ciencia*, es decir, hacer del conocimiento científico un objeto de estudio de las ciencias sociales (Fuller, 1995, citado por López-Cerezo, 1999, p.3), postura en la cual se distingue entre sus seguidores la figura de Derek J. de Solla Price, quien aportó un vasto cúmulo de



conceptos, definiciones y teorías sobre el estudio de la ciencia, alertó y demostró los atributos mensurables y cuantificables de todos sus aspectos esenciales, relacionados con las instituciones, los recursos humanos, materiales y los de información, logrando con ello enunciar su conocida "Ley del crecimiento exponencial de la ciencia" (Price, 1973).

2.3 La organización de la ciencia y de los sistemas científicos. Las instituciones académicas y su contribución al desarrollo disciplinar

El panorama disciplinar anterior, sintetizado en los apartados precedentes, que interviene en el estudio de la ciencia puede ser completado con los aspectos relacionados con la Organización, disciplina que aporta las bases teóricas de la Administración de instituciones y sistemas científicos, susceptibles de ser evaluados y analizados de forma análoga a los modelos económicos de costo-beneficio o inversión-resultado (Sancho, 1990). De ahí que, la tendencia de éstos hacia el desarrollo o el de las disciplinas a la que orientan sus esfuerzos, puede ser medido de forma cuantitativa como resultado de la eficiencia que se obtenga a partir de la correlación de las dos dimensiones anteriores, es decir entre los indicadores de entrada (*input*), en los que se incluyen los conocidos como de potencialidades, y los indicadores de salidas (*output*), entre los que se encuentran los bibliométricos.

Desde este enfoque resulta factible la propuesta de un indicador que permita establecer las relaciones existentes entre las potencialidades o entradas con las que cuentan estas instituciones y sistemas (recursos laborales, materiales y de información) y los resultados o salidas que de ellos se obtienen (bienes de consumo, recursos humanos altamente calificados, información-conocimientos).

En este sentido, cabe destacar que en los últimos tiempos han tomado relevancia los sistemas de evaluación y medición sobre la eficiencia y calidad de las instituciones, recursos humanos y productos científicos en la construcción de los *rankings* académicos y en la orientación de recursos y de estímulos a los académicos y sus proyectos de investigación, aunque también es cierto que, no obstante la importancia que tiene este enfoque en los estudios cuantitativos de la ciencia y de sus productos, el componente organizacional ha quedado rezagado en este tipo de estudio, si se toma en cuenta la producción de literatura científica publicada sobre los enfoques provenientes de la filosofía, la historia, y la sociología. Sin embargo, el componente teórico y metodológico empleado en el enfoque cuantitativo de la ciencia ha sido aportado por otro campo, denominado como los Estudios Métricos de la Información (Gorbea-Portal, 2005), que ha emergido con fuerza desde los años setenta del siglo pasado en el que participan de forma determinante un conjunto de especialidades métricas que ofrecen un sin número de métodos, modelos e indicadores cuantitativos orientados para estos fines.

2.4. La metría de la información y del conocimiento científico como área de investigación: sus especialidades métricas e indicadores

De manera paralela al desarrollo que ha alcanzado el estudio de la ciencia desde las perspectivas anteriores: la filosófica, la histórica, la sociológica y la organizacional, en las últimas décadas se ha consolidado un área de investigación orientada a la identificación de las regularidades sobre la producción y comunicación científica, así como al análisis del comportamiento y desarrollo de las instituciones y sistemas científicos, cuyos resultados inciden de manera determinante en la toma de decisiones en materia de política científica y de información. Esta área de investigación complementa el estudio de la ciencia desde otra perspectiva, es decir, la que indaga sobre las potencialidades y recursos con los que cuentan las instituciones y sis-



temas científicos para su funcionamiento, así como el comportamiento sobre el crecimiento, productividad, concentración-dispersión, obsolescencia, uso, impacto y visibilidad, de los resultados o productos que generan las instituciones y los recursos humanos de que disponen. Esta área de investigación, denominada *Metría de la Información y del Conocimiento Científico* (Gorbea-Portal y Russell-Barnard, 2013) comprende un conjunto de especialidades métricas conocidas como la *Bibliometría* (descriptiva, histórica y evaluativa), la *Informetría*, la *Bibliotecometría*, la *Archivometría*, la *Cienciometría* y la *Webmetría* cada una de ellas miden, a partir de sus métodos y modelos matemáticos o indicadores científicos, el avance de la ciencia, mediante el desarrollo alcanzado por sus recursos humanos, instituciones y disciplinas.

De las especialidades métricas anteriores, se identifican con mayor afinidad disciplinar en el estudio de la ciencia, y en particular en lo referido al uso de los indicadores científicos, las tres especialidades métricas que se definen a continuación:

La *bibliometría histórica*, definida como *el estudio de los libros y las revistas enmarcados en tiempo y espacio* (Herubel, 1999), por medio de la cual se identifican patrones de comportamiento cuantitativo sobre la historia de la ciencia y de los principales hechos que caracterizan el desarrollo científico de una época, mediante el uso de las fuentes antiguas y de los indicadores bibliométricos que identifican sus principales regularidades. Su asociación más significativa se encuentra identificada con la filosofía y la historia de la ciencia.

La *bibliometría evaluativa*, conocida por *el empleo de las técnicas bibliométricas, especialmente el análisis de las publicaciones y las citas, en la evaluación de la actividad científica* (Narin, 1976) estudia la generación y uso de indicadores bibliométricos orientados a la evaluación de la comunicación y la colaboración entre grupos, comunidades e instituciones científicas. Los resultados obtenidos en esta especialidad aportan conocimiento, de forma complementaria, a la interpretación sobre el comportamiento sociológico de las actividades científicas.

La *cienciometría* definida como *la aplicación de métodos cuantitativos a la investigación sobre el desarrollo de la ciencia como un proceso informativo* (Nalimov y Mulchencko, 1969). Ha sido considerada también por el propio Nalimov como *el análisis continuo del progreso científico por medio de métodos estadísticos* (Nalimov, 1979). Su principal interés recae en el diseño y uso de indicadores de entrada (potencialidades) y salida (bibliométricos, entre otros) en las disciplinas, instituciones y sistemas de investigación y desarrollo, con el propósito de medir sus avances, eficacia y eficiencia económicos y ofrecer información útil para la toma de decisiones en materia de política científica. Motivo por el cual sus principales resultados se orientan a los aspectos referidos a la organización, planificación y administración de los grupos, instituciones y sistemas de investigación.

En cada una de estas especialidades métricas se definen indicadores como expresiones matemáticas que cuantifican regularidades sobre la ciencia, sus insumos o productos que reflejan comportamientos de tipo histórico, sociológico u organizacional, mediante la definición de variables que miden los cambios que ocurren en el progreso científico. Estos indicadores son usados para realizar diagnósticos sobre potencialidades científicas, para analizar la evolución y las tendencias en la producción, el impacto y la visibilidad de la información que se genera en las organizaciones y disciplinas científicas por lo que constituyen una valiosa herramienta, para la toma de decisiones en materia de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.



Los indicadores utilizados en la metría de la información y del conocimiento científico, como en casi todas las esferas del conocimiento en la que se generan este tipo de instrumentos, pueden ser expresados en: números absolutos, proporciones, razones, tasas e índices, estos últimos se clasifican en simples o compuestos, de acuerdo con la dimensión de las variables que lo conforman se denominan unidimensionales o multidimensionales y en relación con la posición que ocupan en el sistema científico pueden ser de entrada o de salida, como ya quedó indicado con anterioridad.

En los proyectos de investigación referidos en la introducción de esta comunicación y en los que se enmarcan los resultados parciales que aquí se presentan, han sido empleados como indicadores de entrada los de potencialidades, definidos como aquellos que expresan el estado que guardan las instituciones y los sistemas científicos sobre, los recursos humanos y materiales, la docencia y los proyectos de investigación. Mientras que, como indicadores de salida, se emplearon los bibliométricos, como *medidas obtenidas a partir del análisis estadístico de los rasgos cuantificables de la literatura científica* (Maltrás-Barbas, 2003) que se genera con los recursos y potencialidades de que disponen las instituciones objeto de estudio. A partir de estos dos sistemas de indicadores se diseñó un indicador compuesto con el propósito de medir el desarrollo disciplinar en un conjunto de instituciones académicas iberoamericanas en ciencias bibliotecológica y de la información.

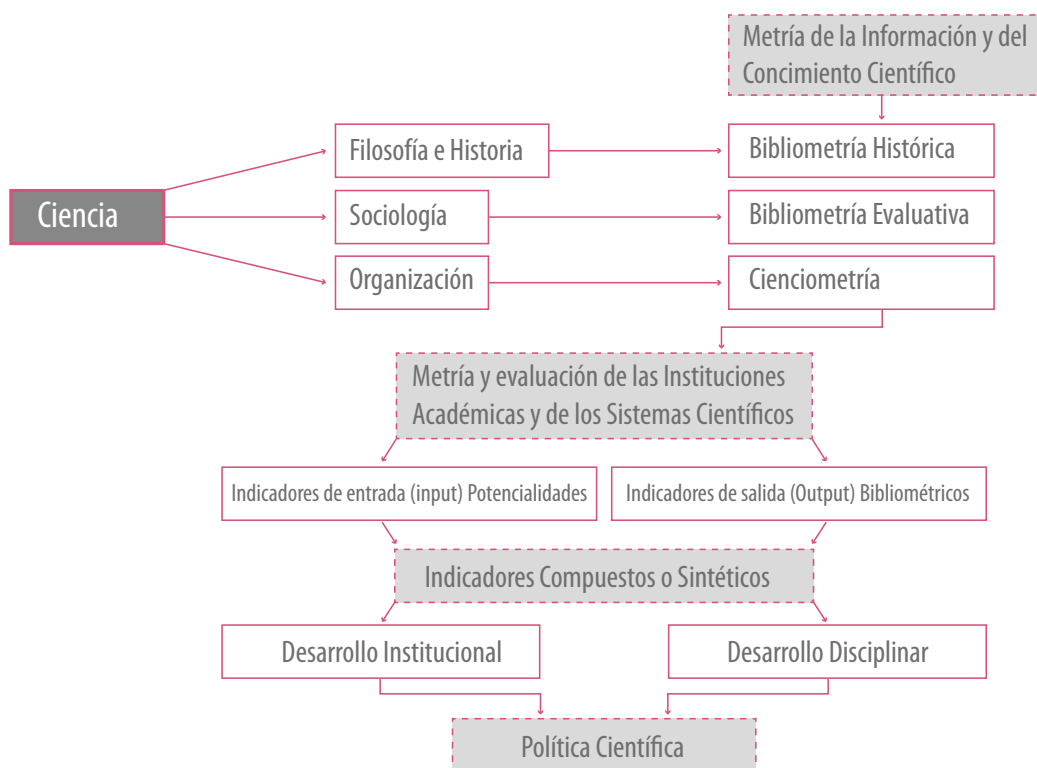
De acuerdo con lo definido por Schuschny y Soto *los Indicadores Compuestos o Sintéticos constituyen una representación simplificada que busca resumir un concepto multidimensional en un índice simple (unidimensional) sobre la base de un modelo conceptual subyacente*. Estos autores los definen como: *una función de una o más variables que conjuntamente "miden" una característica o atributo de las unidades de análisis en estudio*. Entre las condiciones básicas que deben cumplir se encuentran: la definición clara del atributo que se desea medir y la existencia de información confiable para poder hacer la medición. La satisfacción de la primera condición le da al indicador compuesto un sustento conceptual, mientras que la segunda le otorga validez (Schuschny y Soto, 2009).

Las bases teórico-conceptuales y disciplinares hasta aquí definidas, así como la validez de la información primaria utilizada a través de los sistemas de cuestionarios diseñados para estos fines, junto a las herramientas metodológicas empleadas, resultan de gran utilidad y efectividad en el uso de indicadores compuestos en el estudio de la ciencia en general y en particular en el desarrollo disciplinar de instituciones académicas. En la figura 1 se muestra el modelo teórico con las relaciones disciplinares en las que se sustentan las investigaciones realizadas en los proyectos antes mencionados.

En el modelo se observan, de manera general, las relaciones que guardan las disciplinas y enfoques que intervienen en el estudio de la ciencia y su vinculación con las especialidades métricas que aportan las herramientas y los métodos en la identificación de sus regularidades, así como la forma en la que se integran y resumen las dos dimensiones, es decir la de potencialidades y la bibliométrica, por medio de los indicadores simples y compuestos. Con el diseño de estos últimos se obtiene una "imagen de contexto" sobre el desarrollo institucional y disciplinar, orientada a la toma de decisiones en materia de política científica.



Figura 1: Modelo teórico-disciplinar para el estudio de la ciencia y los indicadores científicos.



3. Material y Método

3.1 Fuente

La fuente principal utilizada en la aplicación de los indicadores simples y compuestos se centra en un sistema de cuestionarios diseñado para el proyecto anterior, ya concluido, y rediseñados para el actual, a partir de los cuales se recaba la información requerida en tres tipos de cuestionario: el institucional, el de recursos humanos y el de proyectos de investigación, aplicados a 29 universidades y dependencias (Unidades de Toma de Decisión, UTD) de 10 países iberoamericanos en los que se imparte docencia en los niveles de pre y posgrado o se realizan proyectos de investigación formal en Ciencias Bibliotecológicas y de la Información.

3.2. Variables e indicadores

A partir de la información recabada en este sistema de cuestionario se identificó un voluminoso conjunto de variables, de las cuales se seleccionaron las específicas que respondían a los propósitos que se perseguían con el uso del indicador compuesto diseñado para estos fines. Las variables seleccionadas se clasifican en dos grupos, las de potencialidades y las bibliométricas

Cada grupo de variable permitió el diseño de más de 40 indicadores simples de entrada (potencialidades) y de salida (bibliométricos), cantidad suficiente para realizar los diagnósticos institucionales y nacionales sobre las potencialidades en estas disciplinas y región. Sin embargo, esta cantidad de variables resultan demasiado para ser incluidas en un índice compuesto,



motivo por el cual se utilizaron las recomendaciones indicadas por Pino-Mejías y colaboradores en el uso del Análisis Envolvente de Datos conocido como DEA (por su sigla en inglés *Data Envelopment Analysis*), técnica que a partir de datos sobre recursos empleados y resultados obtenidos para un conjunto de UTD, hace posible la evaluación de la eficiencia relativa de cada una de ellas (Pino-Mejías, et al., 2010, p.161) y para lo cual estos autores aplican el análisis factorial como técnica de reducción de la dimensionalidad a los conjuntos de variables de entrada y salida, además de la regresión lineal y la correlación canónica para identificar las relaciones entre variables de entrada y de salida (Barrea, 2009, citada por Pino-Mejías, et al., 2010, p.162), empleando el paquete de análisis estadístico XIStat. Las variables resultantes del proceso de selección se presentan en la tabla 1.

Tabla 1: Distribución de variables seleccionadas que intervienen en el diseño del indicador compuesto.

| Variables de Potencialidades (entradas) | Variables Bibliométricas (salidas) |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|
| Recursos Humanos | Producción Científica |
| Cargo que ocupa | Tipología Documental |
| Grado académico | Lugar de Publicación |
| Proyectos de Investigación | Fuente de Indización |
| Estado del Proyecto | Idioma de la Publicación |
| Programas Docentes | Origen de publicación de las Revistas Fuente |
| Nivel que se imparte | Año de Publicación |
| Matrícula de Alumnos | |
| Cantidad por año | |

En el artículo antes referido de Pino-Mejías y colaboradores se determina la adecuación entre el número de variables (n) y de unidades (UTD), mediante la aplicación de tres reglas propuestas por autores como Golany y Roll, (1989); Charnes, Cooper y Rhodes (1994) y Murias-Fernández (2004). En este sentido, sus datos cumplen con las tres reglas propuestas (Pino-Mejías, et al., 2010, p.162) Los datos utilizados en esta investigación cumplen con la regla establecida por Golany y Roll, tal y como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Golany y Roll: } n &\geq 2 \times (p + q) = 22 & \text{donde: } p &= \text{número de variables de entrada (5)} \\ &29 \geq 22 & q &= \text{número de variables de salida (6)} \\ & & \text{UTD} &= 29 \end{aligned}$$

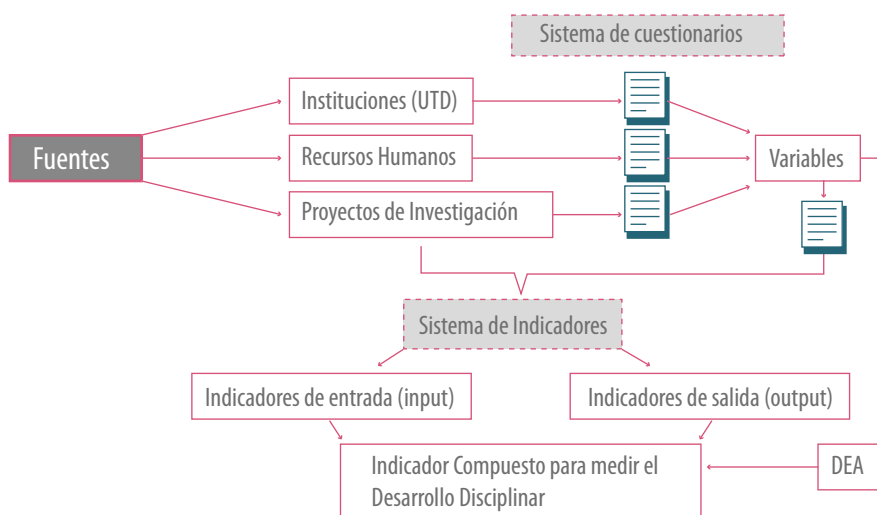
Estos resultados demuestran que el número de variables de entrada y salida cumplen con al menos una de las reglas necesarias para medir las relaciones de eficiencia técnica mediante la metodología del DEA, es decir las variables utilizadas para medir la eficiencia de las UTD respecto al uso que hacen de sus potencialidades en la generación de sus salidas o productos son válidas en su utilización para el cálculo del modelo de análisis utilizado en esta investigación. El considerable volumen de variables, obtenidas inicialmente, permite el diseño de 45 pares de indicadores simples, los cuales se reducen a 20 como resultado de la combinación de las 11 variables identificadas en la tabla 1, con estos pares se construyen dos matrices de contingencia (una con los indicadores de potencialidades y otra con los bibliométricos) estos permiten el análisis de correspondencia entre los indicadores de entrada y salida por institución, el cálculo de las tendencias y del índice compuesto, resultados que pueden ser consultados en un artículo-



lo ya publicado con antelación (Gorbea-Portal y Piña-Pozas, 2013). En el apartado que sigue a continuación se parte del cálculo del indicador compuesto y se ofrecen otros análisis, aunque de manera parcial, sobre los niveles de correspondencia entre cinco de las 29 instituciones estudiadas y las variable de entrada y salidas, respectivamente.

Los elementos metodológicos hasta aquí descritos, aunque de manera muy general, pueden ser representados y relacionados en el modelo que se presenta en la figura 2, algunos de estos elementos han sido retomados del proyecto anterior y otros han sido adoptados e incorporados al proyecto actual, como es el caso de la técnica del DEA y del uso de indicadores multidimensionales.

Figura 2. Modelo metodológico para el estudio y aplicación de los indicadores compuesto en la medición del comportamiento métrico del desarrollo disciplinar en instituciones académicas.



De cualquier forma esta representación, al igual que la mostrada en el modelo teórico, debe ser entendida como esquema general de toda la teoría y la metodología que interviene en este tipo de estudio, además de seguir siendo revisada a lo largo del proyecto que aún se continúa.

4. Análisis de los resultados

Con la terminación del proyecto anterior, indicado en la introducción de estas páginas, se avanzó en la propuesta de un Número Índice Compuesto orientado a la medición de la tendencia de desarrollo disciplinar alcanzado por las UTD objeto de estudio. La metodología empleada, el procesamiento de los datos y la aplicación del Número Índice a una muestra de cinco instituciones o UTD pueden ser consultados en el artículo antes referido (Gorbea-Portal y Piña-Pozas, 2013). En el proyecto actual se depura y perfecciona la metodología con la incorporación de nuevas variables en los cuestionarios, se incluyen las técnicas del DEA y se utilizan indicadores multidimensionales para medir los niveles de eficiencias de las UTD a partir de la forma en que éstas aprovechan sus potencialidades para generar los resultados o productos de científicos.



Entre los resultados parciales que ya se obtienen de este proyecto, además de continuar perfeccionando la base teórica y metodológica, se relaciona con la identificación de los niveles de correspondencia que se dan entre las UTD y las variables con las que obtuvieron los valores de eficiencia identificados en el proyecto anterior –para de esta manera y con la ayuda de las técnicas del DEA– perfeccionar la selección de las variables que intervendrán en la investigación en curso y con ello fortalecer teórica y metodológicamente el uso de los indicadores compuestos en la medición del desarrollo disciplinar en las instituciones que participan en el proyecto. Los valores obtenidos en los resultados anteriores sobre el cálculo del Índice de Desarrollo Disciplinar (Idd) y el particular para cada institución (Idi) con las cinco instituciones seleccionadas que se muestran en la tabla 2, indican el desigual desarrollo alcanzado por estas instituciones, de acuerdo con la regla de decisión que se asume para su interpretación en la cual se estipula lo siguiente:

El resultado del *Idd* es un valor que se estima entre 0 y 1, de ahí que:

Si el resultado máximo calculado del *Idd* es $<$ que el valor 0.5, entonces las potencialidades resultaron superiores a la obtención de resultados, es decir, la tendencia a la baja significa que hay mayores recursos que los resultados que se obtienen.

Si el resultado máximo calculado del *Idd* es $>$ que el valor 0.5, entonces las potencialidades tienen un aceptado nivel de utilización, es decir, la tendencia a la alta significa que hay mayor eficiencia en el uso de las potencialidades para la obtención de los resultados de investigación, lo cual coadyuva a un mejor nivel de desarrollo disciplinar de determinada institución, país o región.

Tabla 2: Distribución de instituciones, según valor calculado por el índice compuesto.

| | |
|---------------|------|
| Institución 1 | 0.54 |
| Institución 2 | 0.31 |
| Institución 3 | 0.16 |
| Institución 4 | 0.15 |
| Institución 5 | 0.11 |

Fuente: Gorbea-Portal y Piña-Poza, 2013, p.169

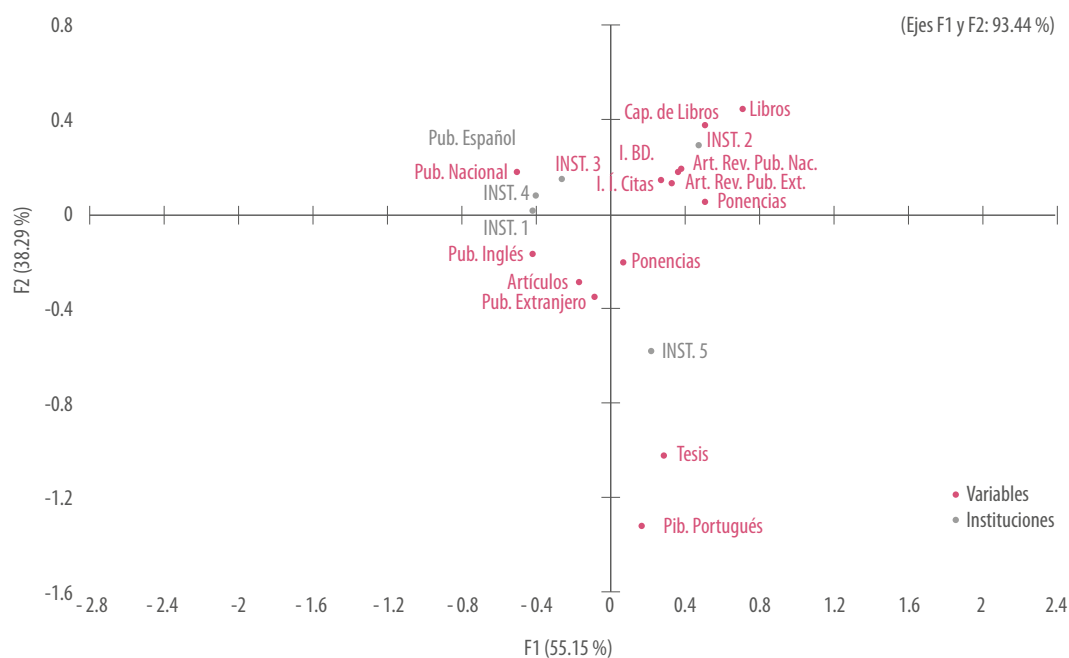
De acuerdo con lo anterior, la única institución que ligeramente supera la barrera del 0.5 en su desarrollo disciplinar es la uno, lo cual indica que produce resultados en baja proporción por encima de las potencialidades con las que cuenta, es decir alcanza el mayor nivel de eficiencia entre los indicadores de entrada y de salida, en lo que pudiera estar influyendo el hecho de que se trata de una institución dedicada principalmente a las actividades de investigación y desarrollo, mientras que en el caso de la institución que aparece en segundo lugar por ser una institución dedicada a la docencia, pero con un programa de doctorado en el que los tutores y alumnos publican con alguna frecuencia se observa un pequeño incremento en el resultado del indicador, contrario a lo que le sucede a las tres últimas instituciones que aparecen con baja proporción debido a que se trata de escuelas con programa de licenciatura en las que la docencia directa ocupa la mayor carga laboral entre sus profesores en detrimento de la generación de productos científicos derivados de la investigación.



Otra manera de comprobar la confiabilidad del uso de este tipo de indicador en la medición de la eficiencia entre los indicadores de entrada y de salida resulta del análisis de correspondencia entre las instituciones y el tipo de variables a las que se encuentran asociadas con mayor grado de afinidad, tal y como se observa en los mapas de correspondencia que se presentan a continuación.

El primero de los mapas (figura 3) muestra la correspondencia existente entre las instituciones y las variables bibliométricas en el cual se puede apreciar, de forma general, que el mejor nivel de explicación de esta relación entre estas variables se alcanza en el eje de las X ($F1 = 55.15\%$) y que en su conjunto, el nivel de representación alcanzado entre estas variables en los dos ejes $F1$ y $F2$ alcanza el 93.44% , lo cual demuestra el alto nivel de representatividad entre las filas y las columnas de la matriz y por consiguiente entre los niveles de correspondencia entre las variables.

Figura 3: Mapa de correspondencia entre las variables bibliométricas y las instituciones.



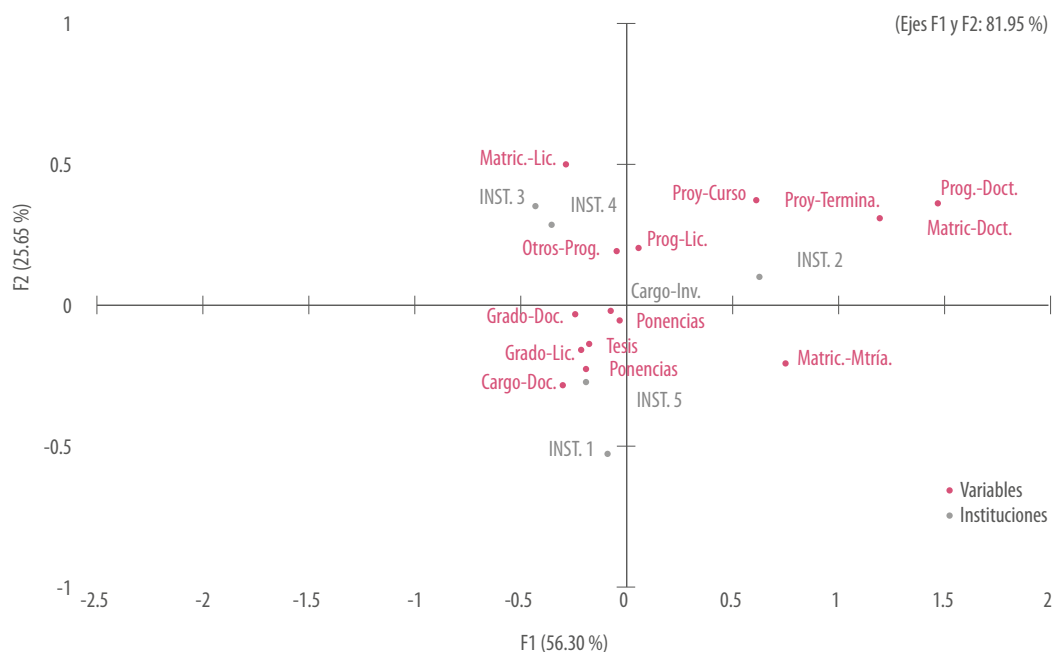
En este mapa se corrobora por qué la institución 1 aparece con el mayor valor alcanzado en el cálculo del índice compuesto, debido a su cercanía del centro de coordenadas presenta una mayor diversidad con las variables de mayor peso bibliométrico, como por ejemplo, publicaciones en inglés, artículos científicos, publicaciones en el extranjero indizadas en índices de citas. Mientras que la institución 5 aparece más retirada del centro indicando una relación más especializada y particular con la elaboración de tesis y de ponencias publicadas en portugués, actividades propias de una institución con mayor énfasis en la docencia. De igual forma se observa que las instituciones 3 y 4 presentan una mayor asociación con publicaciones en español publicadas en el ámbito nacional y la institución 2 que presenta el segundo nivel, según el valor obtenido con el índice compuesto presenta mayor nivel de correspondencia con la publicación de libros, capítulos de libros, artículos en revistas nacionales. Los resultados obte-



nidos con el análisis de correspondencia comprueban los obtenidos con el índice compuesto, lo cual resulta indicativo de la fiabilidad del indicador para medir el nivel de eficiencia entre el conjunto de variables analizadas.

En la figura 4 se muestra la correspondencia existente entre las instituciones y las variables de potencialidades, en sentido general se observa también, aunque en menor grado que el anterior, un buen nivel de representación de las variables entre los dos ejes F1 y F2 = 81.95% y que al igual que en el análisis anterior el mejor nivel de explicación de esta relación entre variables también se alcanza en el eje de las X (F1 = 56.30 %).

Figura 4: Mapa de correspondencia entre las variables de potencialidades y las instituciones.



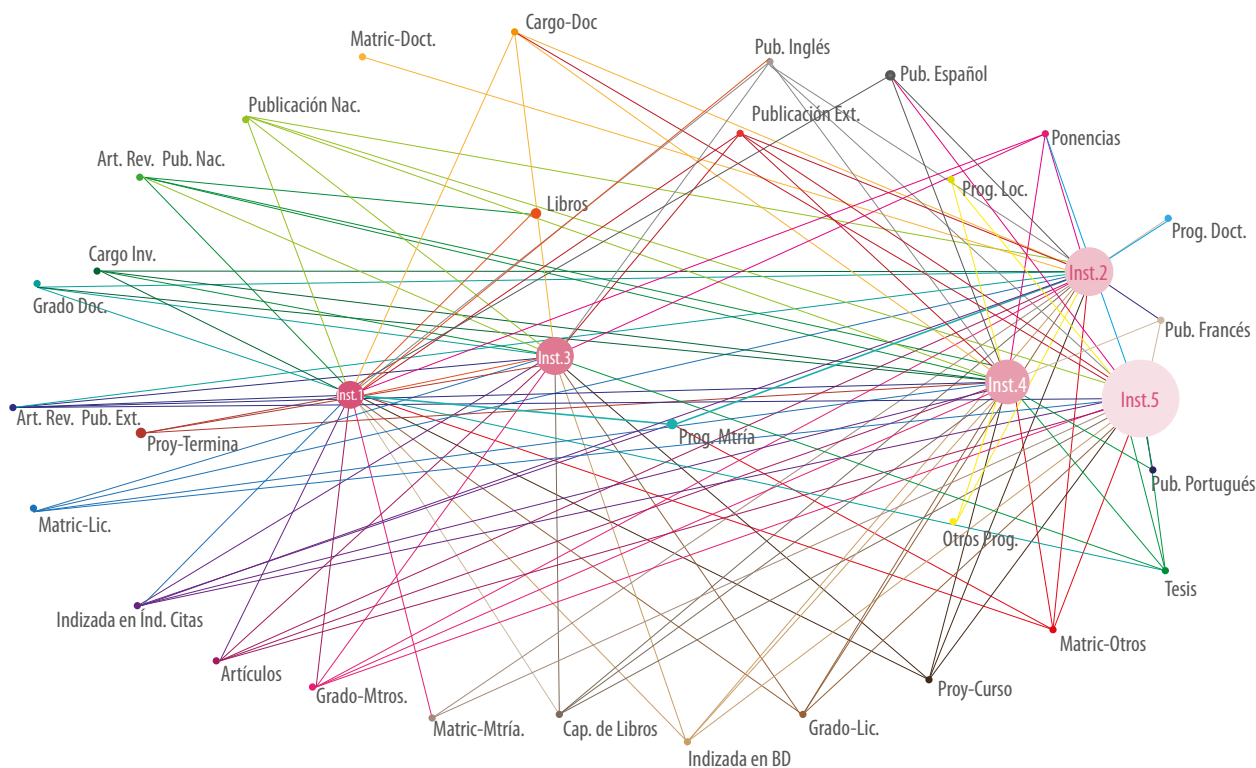
Las relaciones de correspondencias que se observan en este mapa son afines con las identificadas en el anterior, debido a que la institución 1 que en las relaciones anteriores se asociaba más con los indicadores de mayor peso bibliométrico, en éste no presenta una relación marcada de forma especializada con alguna de las variables de potencialidades y a diferencia del anterior se encuentra en la periferia del centro de coordenadas. Mientras que la institución 5 aparece más cercana al centro de coordenadas, mostrando una mayor diversidad de relaciones con gran parte de las variables. También son significativas las relaciones identificadas con las instituciones 3 y 4 con la variable matrícula de licenciatura, lo que corrobora su carácter docente en este nivel y con menos posibilidades de generar productos de investigación, así como la relación de la institución 2 que aparece más cercana con los programas de licenciatura y doctorado y con los proyecto de investigación en curso y terminados, relación que coincide con el segundo lugar de eficiencia obtenido con el indicador.

Otra forma de visualizar y comprobar las relaciones anteriores parte de relacionar las instituciones con todas las variables de entrada y salida, la cual se presenta en la red de asociaciones que se muestra en la figura 5, realizada con el programa Pajek. En esta red las instituciones se



identifican con los nodos y el tamaño del mismo indica la cantidad de recursos humanos con los que cuenta cada institución, mientras que el grosor de las líneas indica la intensidad con la que se dan las relaciones entre las instituciones y las variables.

Figura 5: Red de asociaciones entre instituciones y variables de potencialidades y bibliométricas.



Las relaciones más intensas se dan entre la institución 2 con las variables publicaciones en español, publicaciones nacionales, matrícula de licenciatura, ponencias, lo cual la perfila como una institución docente con algunos resultados o productos de investigación publicados en el ámbito nacional, similar a lo identificado con el indicador compuesto y en los análisis de correspondencia.

Otras relaciones evidentes se dan en las instituciones 4 y 5, la primera con una fuerte relación con la variable matrícula de licenciatura y la segunda con una diversidad de conexiones con la mayoría de las variables relacionadas con las potencialidades, como la de programa de licenciatura, por ejemplo, quizás debido a la cantidad de recursos humanos que la integra. Por último, la institución 1 que aparece como la de más multiplicidad de relaciones y con menos recursos humanos, presenta también multiplicidad de nexos con variables bibliométricas, como: artículos en revistas publicadas en el exterior y revistas indizadas en índices de citas. En las variables de potencialidades esta institución aparece relacionada con, grado de doctor, cargo de investigador y proyectos terminados, variables que unido a los pocos recursos humanos con los que cuenta la convierten en la más eficiente de las cinco representada con el valor más alto obtenido con el índice compuesto y con los niveles de correspondencia obtenidos con las variables bibliométricas de mayor importancia en la composición de este indicador.



5. Consideraciones finales

El modelo metodológico, aunque perfectible, sobre todo en el uso de la técnica del DEA y en la determinación de la adecuación entre el número total de variables (n) y de unidades (UTD) objeto de estudio, permite la obtención de resultados confiables en la medición del desarrollo disciplinar en instituciones académicas, como una medida de la eficiencia que logran estas instituciones en el uso que hacen de sus potencialidades para la obtención de sus resultados de investigación.

Los resultados obtenidos en el análisis de correspondencia con este pequeño grupo de instituciones y las variables de entrada y salida se corresponden con los valores identificados con el índice compuesto, lo que pudiera ser tomado como indicativo de la confiabilidad del indicador diseñado para ser usado como medida válida en el análisis de eficiencia que presentan las instituciones académicas en el uso de las potencialidades que disponen y su relación con los resultados que con éstos obtienen.

Los resultados obtenidos de tipo teórico, metodológico (instrumento de recolección de datos, técnicas de análisis estadístico multidimensional, indicador compuesto para sintetizar y simplificar el uso de modelos cuantitativos en el cálculo de la eficiencia) permiten extender la medición hacia el resto de las instituciones objeto de estudio de la investigación en curso. Además de constituir un referente metodológico para su aplicación en instituciones de otro campo de conocimiento.

El autor agradece a la maestra María de Jesús Madera Jaramillo por el apoyo informático ofrecido al desarrollo de los proyectos de investigación relacionados con estos resultados, así como al maestro Bardo Xavier García Martínez por la realización de los esquemas presentados en este trabajo.

Bibliografía

1. Barrea-Barrera, Rosario (2009). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Trabajo de investigación dirigido por José Luis Pino-Mejías. Universidad de Sevilla, junio. (Citado por Pino-Mejías et. al., 2010)
2. Comellas García-Llera, José Luís (2007) *Historia sencilla de la ciencia*, Ediciones Rialp. 318 p.
3. Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decision making units". *European journal of operational research*, 2(6), 429-444. (Citado por Pino-Mejías et. al., 2010)
4. Fuller, S. (1995). "On the Motives for the New Sociology of Science", *History of the Human Sciences* 8/2: pp.117-124. (Citado por López-Cerezo, 1999)
5. Gagliardi, R. (1988) ¿Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.
6. Golany, Boaz y Roll, Yaakov. "An application procedure for DEA". *Omega*, v17, n.3, pp 237-250 (Citado por Pino-Mejías et. al., 2010).
7. Gorbea-Portal, Salvador. *Modelo teórico para el estudio métrico de la información documental*. Gijón, España: TREA, 2005. 171 p.
8. -----; Ma. Maricela Piña Pozas (2013) Propuesta de un indicador para medir el comportamiento del desarrollo disciplinar de las Ciencias Bibliotecológica y de la Información en instituciones académicas. *Investigación Bibliotecológica* 27(60): 153-180.



10. -----; Russell Barnard, J.M. (2013). "La Métrica de la Información y del Conocimiento Científico: elementos constitutivos para el diseño de una Agenda de Investigación" pp. 209-240, En: *Agendas de investigación en bibliotecología e información: tendencias nacionales e internacionales / coordinadores Jaime Ríos Ortega, César Augusto Ramírez Velázquez*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información. 314 p.
11. Hérubel, J. P. V.M. (1999). Historical Bibliometrics: Its Purpose and Significance to the History of Disciplines. *Libraries and Culture* 34(4): 380-388, fall
12. Lamo de Espinosa, Emilio; José María González García y Cristóbal Torres (2002) *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Alianza Editorial, Madrid, 1994, 632 pp. (Reimpreso en 2002)
13. López-Cerezo, J. A. (1999). "Los estudios de la ciencia, tecnología y sociedad". *Revista Iberoamericana de Educación*, (20), 217-225.
14. Losee, J. (1978). *Filosofía de la ciencia e investigación histórica*. Madrid: Alianza Editorial 188 p.
15. Maltrás Barba B. (2003). *Los indicadores bibliométricos: fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia*. Asturias, España: TREA. 272 p.
16. Muria-Fernández, P. (2004). *Metodología de aplicación del análisis envolvente de datos: evaluación de la eficiencia técnica en la Universidad de Santiago de Compostela*, Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela. (Citado por Pino-Mejías et al., 2010)
17. Nalimov, V.V. (1979). V.V. Nalimov's foreword to the Hungarian edition. *Scientometrics* 52(2), 2001 (Prólogo de su libro reproducido en el editorial de este número conmemorativo)
18. -----; E.M. Mulcsenko (1969) *Naukometrija. Izucente rezvitja nauki kak informacionnogo processa*. Moscú: Nauka. 198 p.
19. Narin, F. (1976) *Evaluative Bibliometrics: The use of publication and citation analysis in the evaluation of scientific activity*, Cherry Hill, New Jersey: Computer Horizons, Inc. 459 p.
20. Otero, E. (1998). El "Programa Fuerte" en sociología de la ciencia y sus críticos. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, (2), 89-94.
21. Pino-Mejías, J. et al. (2010) "Evaluación de la eficiencia de grupos de investigación mediante el análisis envolvente de datos (DEA)" *El profesional de la Información*, v. 19, n.2, pp 160-167
22. Price, Derek J. de Solla. *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Editorial Ariel; 1973. 186 p.
23. Rivadulla-Rodríguez, Andrés (1986). *Filosofía actual de la ciencia*. Madrid: Tecnos. 328 p. (Filosofía y Ensayo)
24. Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13:3-4:842-865.
25. Schuschny, Andrés y Humberto Soto (2009) *Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) 109 pp. (Documento de proyecto).
26. Universidad de Guanajuato. Programa de doctorado, Historia y Filosofía de la Ciencia (2014) En: <http://www.posgrados.ugto.mx/Posgrado/Investigacion.aspx?p=260111> (Consultado: 23 de enero de 2014).





Indicadores alternativos para el análisis cientímetro de la actividad científica y tecnológica a partir de redalyc.org: el caso de México

Eduardo Aguado López
Arianna Becerril García
Luis Brito Cruz

Resumen

Se exponen algunos avances cientímetro en cuanto al uso de indicadores alternativos en el caso de redalyc.org, al tiempo que se presentan las principales características que tiene dicha base de datos en acceso abierto. Además, se esbozan los primeros resultados tangibles del estudio longitudinal aplicado a los artículos publicados por México, según un modelo de análisis centrado en entidades de producción y comunicación de la ciencia.

Introducción

Desde que se instauró la generación de indicadores bibliométricos con la construcción del Factor de Impacto (FI) por E. Garfield, la cantidad de artículos y páginas escritas que han aportado una visión crítica a la construcción de este indicador son innumerables, lo cual ha planteado la importancia de generar métricas opcionales que atiendan la necesidad de aportar una visión complementaria acerca de los resultados y el rendimiento de la ciencia escrita.

Sin embargo, durante más de 50 años, el Institute for Scientific Information (ISI), actualmente Thomson Reuters, ha constituido al Science Citation Index (SCI) como “el indicador” para la evaluación e impacto del conocimiento científico por excelencia, sin que ello pudiera ser discutido debido a la ausencia de una base de datos que aportara una mirada alternativa a la que figuraba en la Web of Science (WoS). Así, a pesar de la aparición de una base como SciVerse-SCOPUS algunos años después, ésta sólo ratificó al FI como un indicador adecuado, con el único cambio de ponderarlo a partir del peso de la revista, dando lugar al SJR (*SCImago Journal Rank*).



De acuerdo con lo anterior, desde hace décadas en América Latina y en México se ha planteado la necesidad de generar nuevas formas de evaluación científica, ya que los indicadores derivados de la “ciencia de corriente principal” resultan incompletos para las características de nuestra actividad académica, debido no sólo a la distinta composición y representatividad de las áreas y sus disciplinas; sino también a la débil inclusión de las revistas latinoamericanas y mexicanas, particularmente en ciencias sociales y humanidades.

Entre el conjunto de propuestas latinoamericanas destacan la Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología –iberoamericanos e interamericanos– (RICYT) y el Atlas de la Ciencia Mexicana (ACM), los cuales, si bien han enriquecido la información proporcionada por ISI-Thomson Reuters con diversas variables de contexto que han hecho más comprensivos los datos, aún siguen descansando en la información proporcionada por esta base, dejando, con ello, fuera del análisis a una parte importante de la producción latinoamericana y mexicana, además de preservando el uso de indicadores derivados de la referencia bibliográfica de los artículos (Pérez-Angón, 2006).

En ese contexto, y con la finalidad de dar visibilidad a la producción científica regional, en 1997 surge SciELO (Brasil), el cual acoge el FI como un indicador de medición adecuado; mientras que en 2013 el programa Redalyc (México), comienza a interpretar y difundir un indicadores alternativos al FI, con el objetivo de impulsar un proceso distinto que permita reconstruir la cartografía sobre la forma de hacer ciencia en la región latinoamericana. Desde su aparición en 2003, dicho programa interinstitucional asentado en la Universidad Autónoma del Estado de México (UAMEX), ha tratado de constituirse en una ventana al conocimiento del “sur global”, cuyo énfasis se encuentra en las Ciencias Sociales y las Humanidades de América Latina y el Caribe.

Así, la falta de indicadores opcionales obedecía principalmente a la ausencia de una base de datos pertinente y significativa en el contexto iberoamericano, de ahí que redalyc.org haya desarrollado un sistema que permite conocer las características de la producción, comunicación y colaboración científica nacional, institución, área y disciplina, según un conjunto de indicadores que son una fuente importante para análisis cuantitativo. Los primeros resultados ya están en línea y se actualizarán anualmente, de tal forma que hacia fines de 2013 se tendrá un análisis longitudinal 2005-2012, a partir de una base representativa de 850 revistas iberoamericanas que publican contenidos en acceso abierto.

Metodología

Durante el segundo semestre de 2012 se aplicaron indicadores a una base de datos integrada por 800 revistas que, durante siete años (2005-2011), registraron una *Producción* de 145,515 artículos científicos que conforman el núcleo de análisis del acervo redalyc.org. De ellos, 65.5% se realizaron en *Colaboración*, situación por la que los artículos ascienden a 156,734 trabajos contabilizados en el ámbito nacional y a 206,335 títulos de institución (los artículos “crecen” debido al método de conteo y agregación, ya que un artículo firmado en coautoría se registra según el número de países o instituciones firmantes en cada trabajo (Becerril-García, *et al.*, 2012 y Aguado-López, *et al.*, 2013).

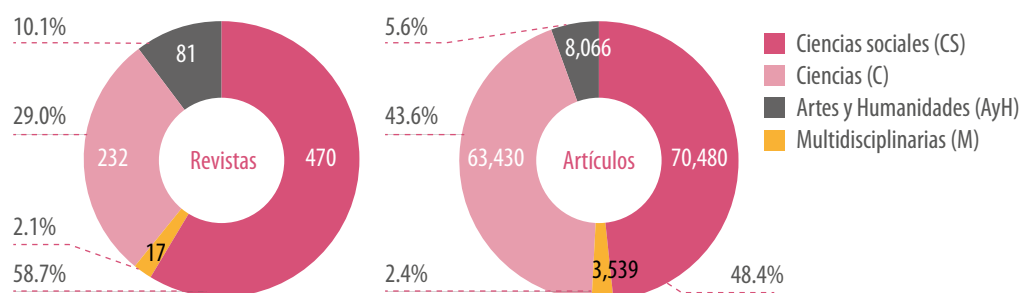
Debe mencionarse que la información que acompaña a esta presentación proviene del *Informe sobre la producción científica de México en revistas iberoamericanas de acceso abierto en redalyc.org, 2005-2011* (López-Castañares, *et al.*, 2013), disponible para su consulta y descarga en línea en: <http://redalycfractal.org>.



| Universo fuente | Total | |
|---------------------------------------------|-----------|-------------|
| Revistas analizadas | 800 | - |
| Países que registran producción científica | 146 | - |
| Núcleo de artículos (producción científica) | 145,515 | - |
| En colaboración | 95,263 | (65.5%) |
| Sin colaboración | 50,252 | (34.5%) |
| Instituciones con producción científica | 13,414 | - |
| Con contribución en ciencias sociales | 7,181 | - |
| Con contribución en artes y humanidades | 1,311 | - |
| Con contribución en ciencias | 8,413 | - |
| Con contribución multidisciplinaria | 1,066 | - |
| Producción científica por continente | 153,318 | - |
| Producción científica por país | 156,734 | - |
| Producción científica por institución | 206,335 | - |
| Tipo de contribuciones | Absolutos | Porcentajes |
| Artículos y ensayos | 145,515 | 90.1 |
| Editorial y presentación | 3,491 | 2.2 |
| Reseñas | 8,171 | 5.0 |
| Otros documentos | 4,263 | 2.7 |
| Total | 161,440 | 100.0 |

Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>

La composición del acervo por área de conocimiento y disciplina es una de las principales características de la base de datos, ya que si bien la distribución de las revistas por área de conocimiento tiene su acento en las ciencias sociales (58.7%), la composición según los artículos resulta más neutra entre el área de ciencias sociales (48.4%) y de ciencias (43.6%); constitución que hace de redalyc.org una base de datos equilibrada y representativa en cuanto a la información que presenta para cada campo del conocimiento científico.



Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>



De la base de datos redalyc.org se obtuvieron indicadores de *Producción* (comunicación de los artículos), *Colaboración* (coautoría de los artículos) y *Uso* (descarga de los artículos), con dos componentes centrales que permiten definir el tipo de perfil: 1) Producción Extranjera (artículos publicados en revistas de un país diferente al del autor) y 2) Producción Nacional (artículos publicados en revistas del país del autor).

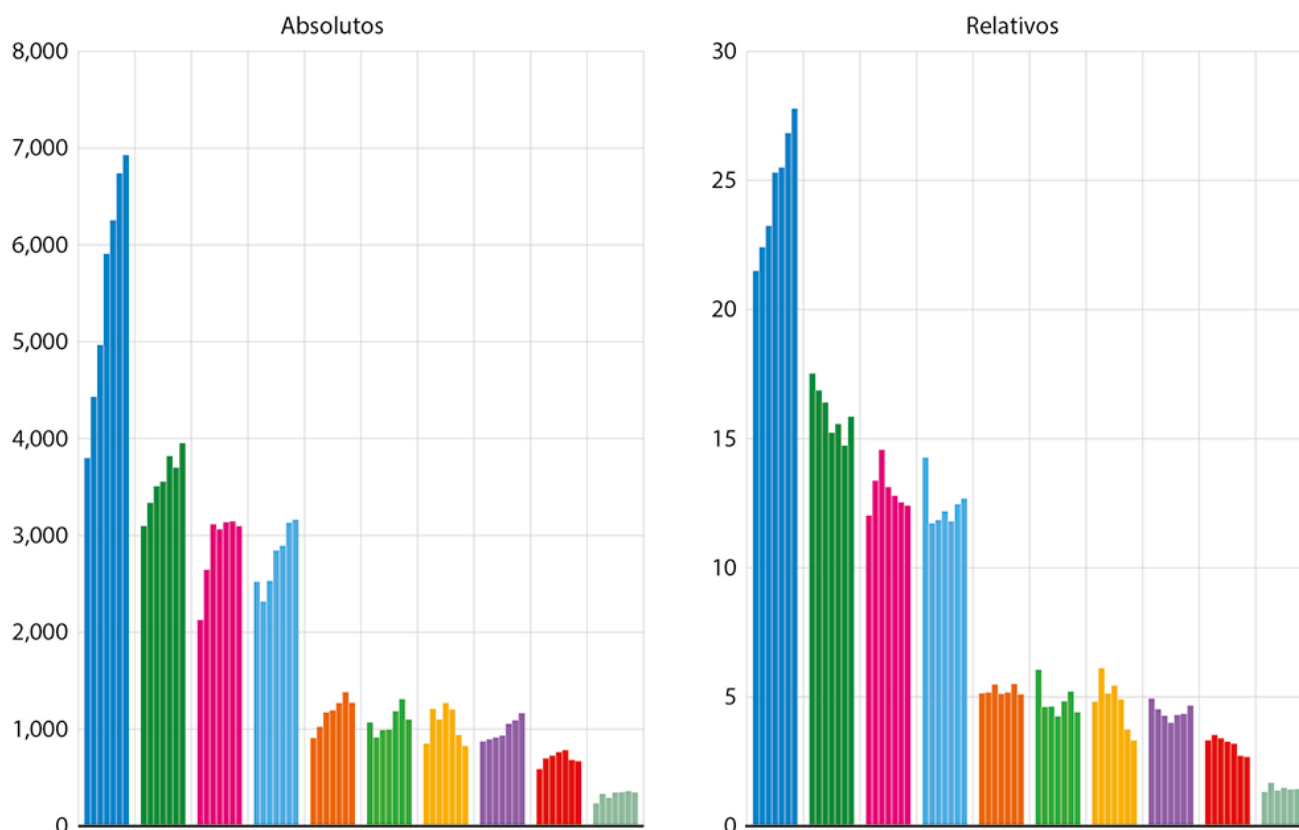
A su vez, esta última se divide en dos: a) *Institucional* (publicaciones en revistas editadas por la institución de adscripción del autor y colaboraciones con investigadores afiliados a la misma del coautor) y b) *No Institucional* (publicaciones en revistas editadas por otra institución a la de adscripción del autor, y colaboraciones con investigadores afiliados a otras diferentes a la de adscripción del coautor).

| P | Producción extranjera | Producción extranjera | | C | Colaboración extranjera | Colaboración nacional | |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|
| | | Institucional | No institucional | | | Institucional | No institucional |
| Producción extranjera (verde) | Refiere a los artículos publicados en revistas editadas en un país diferente al de la institución de afiliación del autor | | | Colaboración extranjera (verde) | Describe los artículos publicados en Colaboración con autores adscritos a una o varias instituciones del país analizado, con autores adscritos a instituciones de países diferentes al analizado | | |
| Producción nacional (amarillo) | Vincula los artículos publicados en revistas editadas por instituciones del mismo país de afiliación del autor. Ésta se subdivide, a su vez, en Producción Institucional y No Institucional | | | Colaboración nacional (amarillo) | Refiere a las contribuciones escritas en Colaboración exclusivamente por autores del mismo país. La Colaboración nacional se subdivide a su vez en: nacional institucional y nacional no institucional | | |
| Producción nacional institucional (rojo) | Relaciona los artículos publicados en revistas editadas por la misma institución de afiliación del autor | | | Colaboración nacional institucional (rojo) | Vincula los artículos escritos en Colaboración exclusivamente entre autores adscritos a una misma institución | | |
| Producción nacional no institucional (naranja) | Describe los artículos publicados en revistas editadas por una institución del mismo país, pero diferente a la adscripción del autor | | | Colaboración nacional no institucional (naranja) | Relaciona los artículos escritos por autores adscritos a diferentes instituciones de un mismo país | | |

Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>

Resultados

En el contexto internacional, a pesar de que el acervo tiene una amplia representación de revistas mexicanas (166) con respecto a otros países iberoamericanos (Colombia 150, Brasil 139 y España 109 revistas), la aportación de los investigadores mexicanos a los trabajos publicados en las revistas del acervo resulta significativamente menor a la que alcanza Brasil, pues el ritmo de crecimiento anual en la producción de artículos científicos mantiene una diferencia de alrededor de 2 a 1 en favor del país sudamericanos; situación que año con año amplía la brecha existente entre México y Brasil.



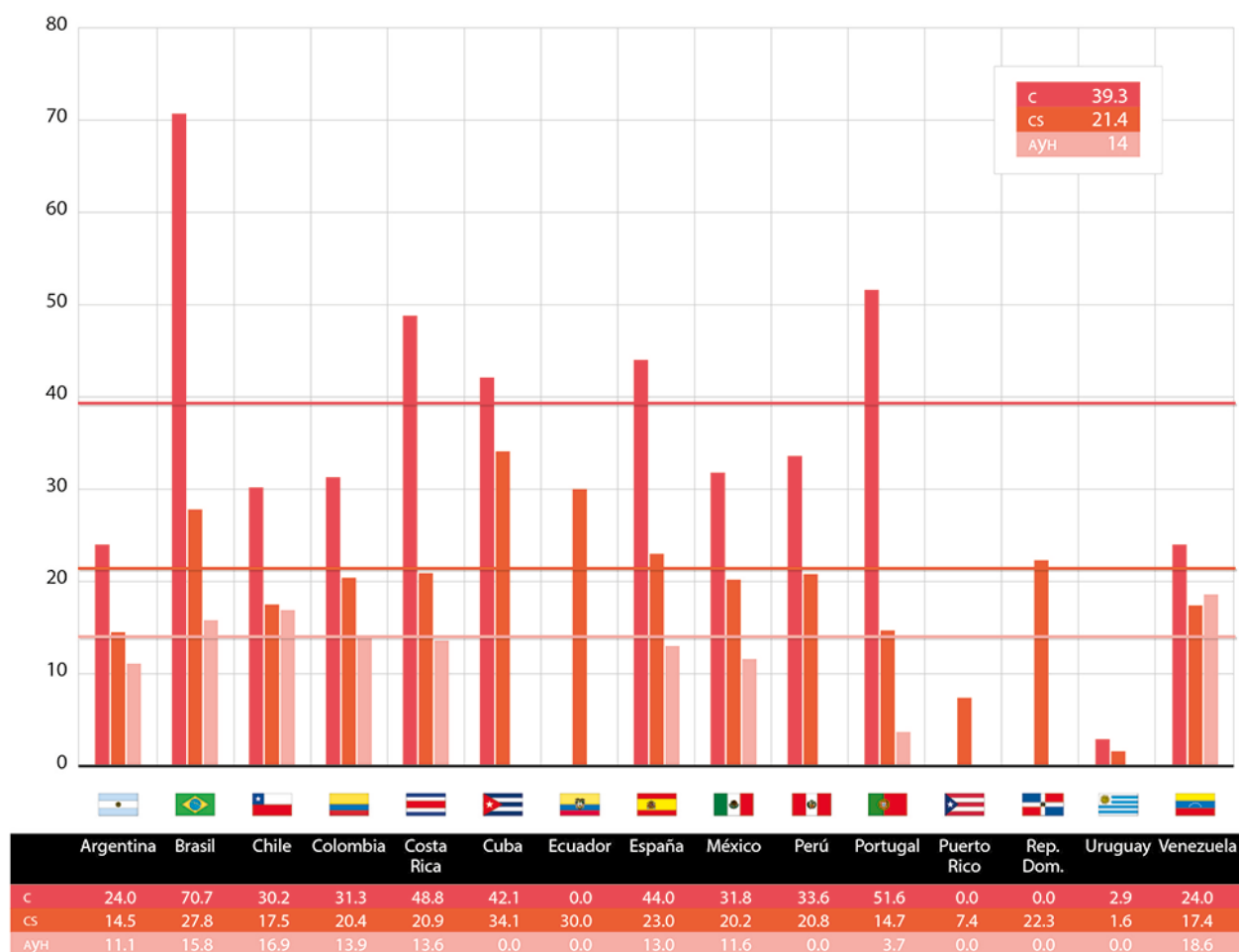
| 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | Países | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3,799 | 4,431 | 4,967 | 5,907 | 6,254 | 6,738 | 6,926 | Brasil | 21.5 | 22.4 | 23.2 | 25.3 | 25.5 | 26.8 | 27.8 |
| 3,097 | 3,336 | 3,506 | 3,555 | 3,819 | 3,700 | 3,952 | México | 17.5 | 16.9 | 16.4 | 15.2 | 15.6 | 14.7 | 15.8 |
| 2,126 | 2,646 | 3,115 | 3,065 | 3,136 | 3,146 | 3,095 | Colombia | 12.0 | 13.4 | 14.6 | 13.1 | 12.8 | 12.5 | 12.4 |
| 2,522 | 2,317 | 2,532 | 2,845 | 2,894 | 3,130 | 3,162 | España | 14.3 | 11.7 | 11.8 | 12.2 | 11.8 | 12.5 | 12.7 |
| 908 | 1,023 | 1,172 | 1,195 | 1,269 | 1,381 | 1,271 | Argentina | 5.1 | 5.2 | 5.5 | 5.1 | 5.2 | 5.5 | 5.1 |
| 1,070 | 912 | 989 | 993 | 1,185 | 1,309 | 1,099 | Cuba | 6.0 | 4.6 | 4.6 | 4.2 | 4.8 | 5.2 | 4.4 |
| 852 | 1,208 | 1,099 | 1,269 | 1,203 | 938 | 825 | Venezuela | 4.8 | 6.1 | 5.1 | 5.4 | 4.9 | 3.7 | 3.3 |
| 871 | 894 | 913 | 933 | 1,054 | 1,091 | 1,163 | Chile | 4.9 | 4.5 | 4.3 | 4.0 | 4.3 | 4.3 | 4.7 |
| 586 | 697 | 727 | 763 | 783 | 682 | 668 | Estados Unidos | 3.3 | 3.5 | 3.4 | 3.3 | 3.2 | 2.7 | 2.7 |
| 233 | 331 | 292 | 345 | 349 | 360 | 348 | Perú | 1.3 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |

Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012.

Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011.

Disponible en: <http://redalycfractal.org>

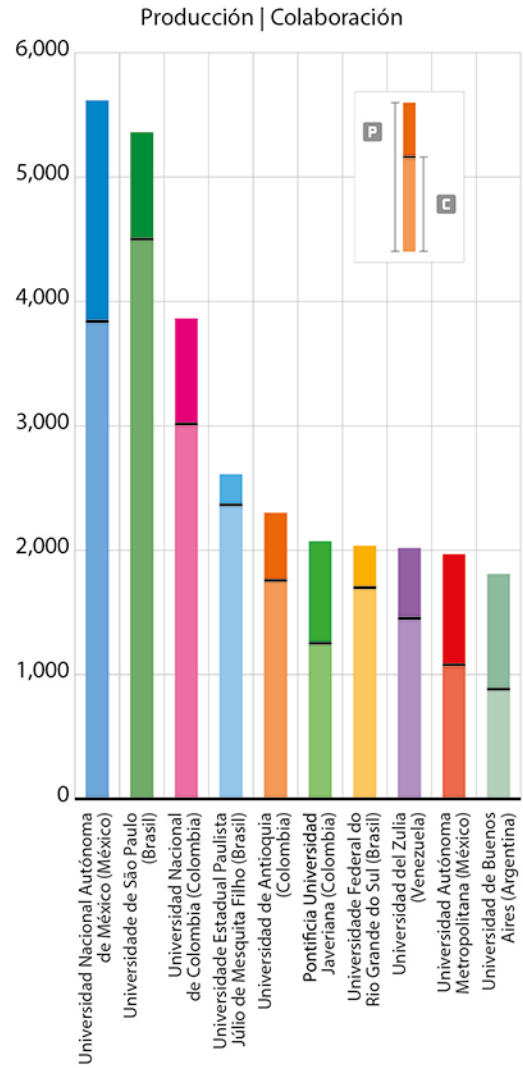
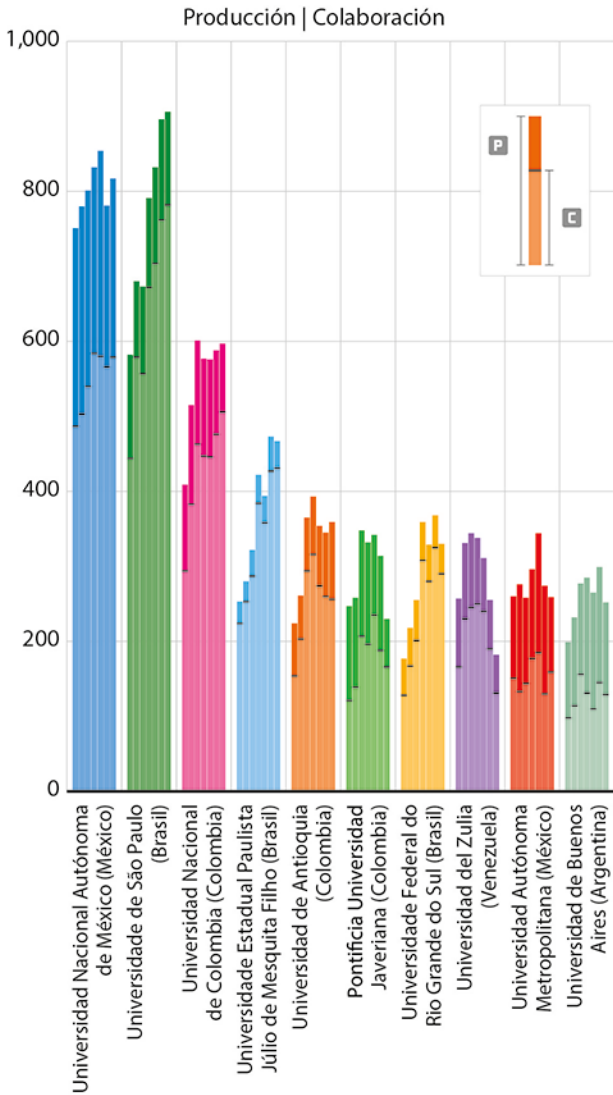
Asimismo, las revistas mexicanas presentan una masa crítica (promedio de artículos por año) que se expresa siempre por debajo del promedio de cada una de las áreas de conocimiento, donde una vez más Brasil sobresale a estos promedios, mientras que España, Cuba y Costa Rica se encuentran por arriba o cercanos a éstos. La masa crítica, vista como las publicaciones presentadas a la discusión de la ciencia global, puede ser considerada como un indicador que aporta el grado de consolidación editorial y científica de una revista y un país determinados.



Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>

Por su parte, en el análisis por institución figuran dos universidades mexicanas (Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Metropolitana) y tres brasileñas (São Paulo, Paulista, Rio Grande do Sul) en las 10 entidades con mayor aportación de artículos a las revistas indizadas en redalyc.org. Entre los elementos más importantes que deben destacarse están la inestabilidad y el comportamiento atomizado de las universidades de México, toda vez que las instituciones de Brasil muestran un comportamiento más ordenado, cuya tendencia ascendente exhibe ritmos acelerados de crecimiento. Ello permite inferir que dicho comportamiento obedece no sólo a la lógica particular de cada una de las instituciones, sino también a las particularidades en la planeación de la política científica nacional.

En el ámbito nacional, el análisis del Perfil de Producción Científica de México recae en 24,965 artículos científicos comunicados en alguna de las 800 revistas del acervo redalyc.org, de los cuales 80% se publicó en revistas nacionales y 20% en revistas editadas por instituciones extranjeras (iberoamericanas). Cuando se identifica la trayectoria de cada uno de los componentes del indicador *Producción*, es posible observar que mientras la publicación en revistas



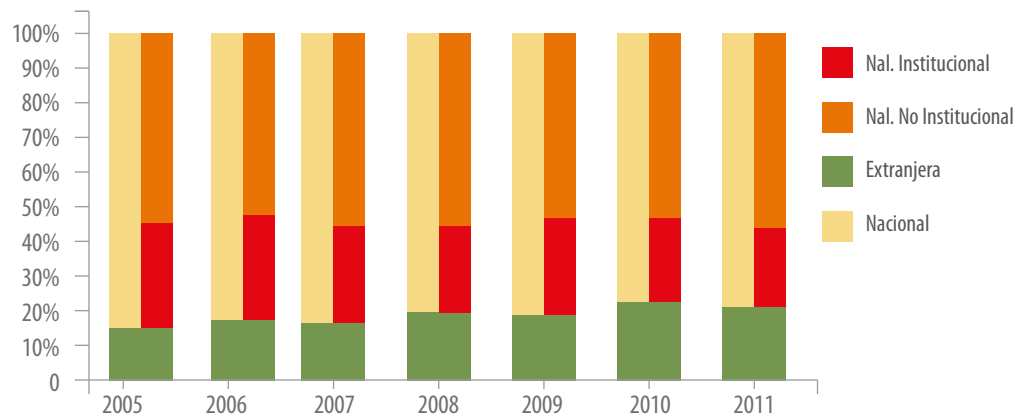
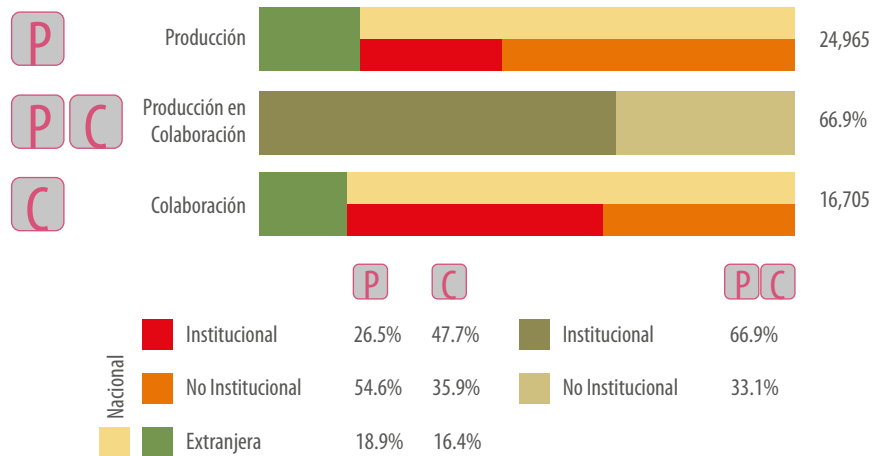
| 2005 | | 2006 | | 2007 | | 2008 | | 2009 | | 2010 | | 2011 | |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C | P | C |
| 751 | 487 | 780 | 503 | 801 | 540 | 832 | 584 | 854 | 580 | 781 | 566 | 817 | 579 |
| 582 | 444 | 680 | 579 | 673 | 557 | 791 | 672 | 832 | 704 | 896 | 762 | 906 | 782 |
| 409 | 294 | 515 | 383 | 601 | 463 | 577 | 447 | 576 | 446 | 588 | 476 | 597 | 506 |
| 253 | 224 | 280 | 253 | 322 | 287 | 422 | 384 | 394 | 358 | 473 | 427 | 467 | 431 |
| 224 | 154 | 261 | 203 | 365 | 294 | 393 | 316 | 354 | 274 | 345 | 260 | 359 | 256 |
| 247 | 121 | 258 | 139 | 348 | 207 | 332 | 196 | 342 | 235 | 314 | 188 | 230 | 166 |
| 177 | 128 | 218 | 167 | 255 | 201 | 359 | 308 | 329 | 280 | 368 | 325 | 330 | 290 |
| 257 | 166 | 331 | 230 | 344 | 245 | 338 | 250 | 311 | 240 | 255 | 190 | 182 | 131 |
| 260 | 151 | 276 | 133 | 258 | 144 | 296 | 177 | 344 | 185 | 274 | 130 | 259 | 159 |
| 199 | 98 | 232 | 114 | 277 | 156 | 285 | 131 | 265 | 110 | 299 | 145 | 252 | 129 |

| P | C |
|-------|-------|
| 5,616 | 3,839 |
| 5,360 | 4,500 |
| 3,863 | 3,015 |
| 2,611 | 2,364 |
| 2,301 | 1,757 |
| 2,071 | 1,252 |
| 2,036 | 1,699 |
| 2,018 | 1,452 |
| 1,967 | 1,079 |
| 1,809 | 883 |

Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>



nacionales presentó un significativo descenso –relacionado con la disminución de artículos en publicaciones institucionales–; la comunicación en revistas del extranjero obtuvo un sensible incremento, pues al final del periodo uno de cada cinco artículos se publicó en estos medios, destacando las revistas editadas en instituciones colombianas, seguidas de aquellas impresas en España, Venezuela y Chile.



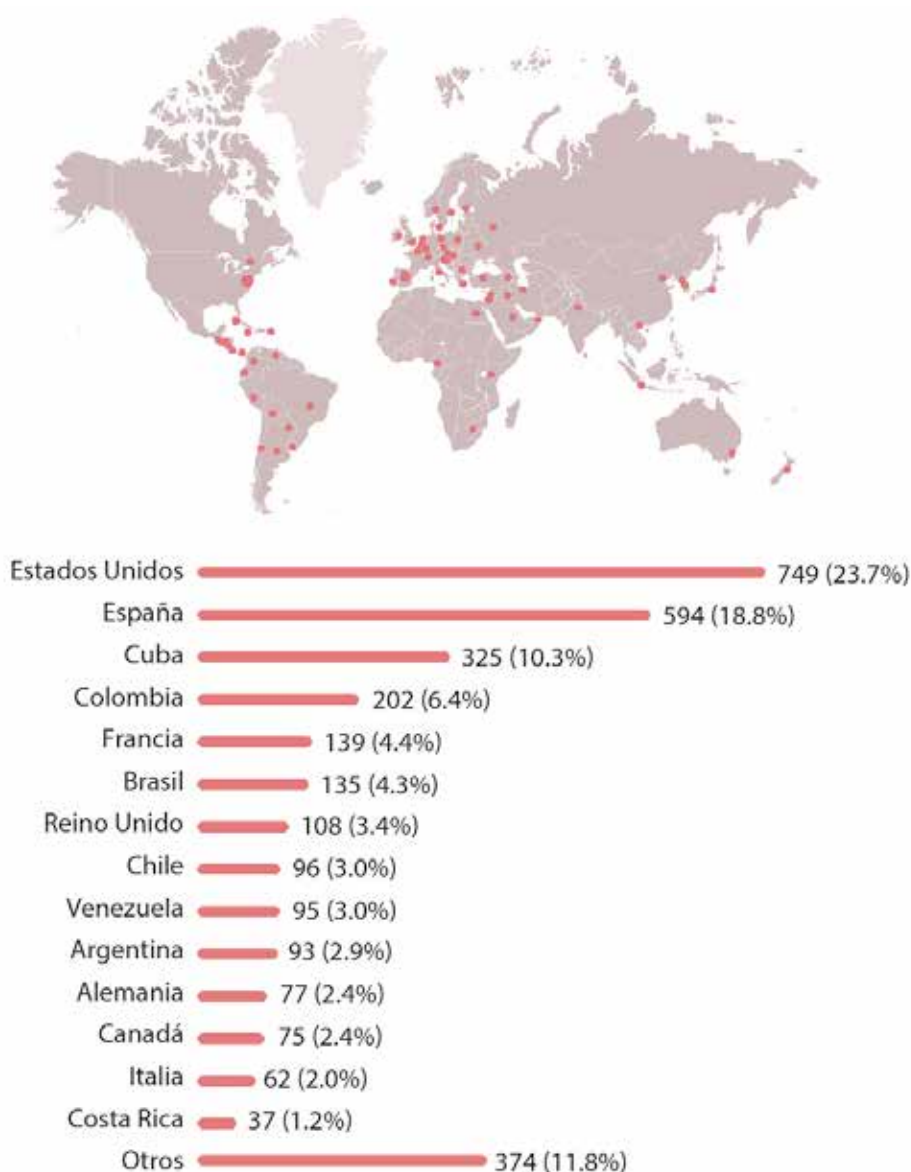
| Producción (%) | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Nacional | 84.6 | 82.8 | 83.3 | 80.7 | 80.9 | 77.4 | 78.9 |
| N. Institucional | 30.3 | 30.1 | 27.9 | 25.3 | 27.3 | 23.5 | 22.3 |
| N. No Institucional | 54.4 | 52.7 | 55.4 | 55.4 | 53.6 | 53.8 | 56.7 |
| Extranjera | 15.4 | 17.2 | 16.7 | 19.3 | 19.1 | 22.6 | 21.1 |

Fuente: Elaboración propia Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal (LabCr*). Datos: redalyc.org a partir de 145,515 artículos del acervo 2005-2011 de 800 revistas. Metodología: <http://www.redalycfractal.org/met>. Generación: diciembre 2012. Tomado del Informe sobre la Producción Científica de México en Revistas Iberoamericanas en redalyc.org 2005-2011. Disponible en: <http://redalycfractal.org>

Respecto a la *Colaboración*, 84% se realizó con colegas del mismo país, donde la que se dio entre investigadores de la misma institución obtuvo mayor importancia (47.7%). A su vez, en relación con los países con los que académicos mexicanos más colaboraron se tienen: Estados Unidos (casi una de cada cuatro colaboraciones son con académicos de ese país), seguido de España, Cuba, Colombia y Francia.



El incremento de este tipo de colaboraciones tiene importantes implicaciones para los países en desarrollo, pues además de representar una transición hacia las comunidades académicas que dan vida a la ciencia global, éstas pueden entenderse como un medio de transferencia de metodologías, postulados y conocimientos (Lucio-Arias, 2013).



Finalmente, la concentración regional e institucional en la producción científica de México se vincula con la zona centro del país, particularmente en la Universidad Nacional Autónoma de México (uno de cada cinco trabajos fue publicado por la máxima casa de estudios); situación que debe analizarse a profundidad, sobre todo si México quiere avanzar hacia una política equitativa de fomento e impulso a la investigación en el interior del país, particularmente en un contexto donde la diversidad en las características regionales y en las peculiaridades institucionales, puede aportar significativamente tanto a la investigación como al desarrollo de la ciencia nacional.



Bibliografía

1. Aguado-López, E.; Becerril-García, A.; Rogel-Salazar, R.; Garduño-Oropeza, G.; Zúñiga-Roca MF.; Babini, D.; López-López, W.; Melero, R. (2013). "HYPERLINK "http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/242%22%20%5Ct%20%22_blank" Una métrica alternativa y comprensiva para el análisis de la actividad científica: la metodología redalyc-fractal". Cápsula de Investigación, Núm. 2, Laboratorio de Cienciometría redalyc-fractal, Universidad Autónoma del Estado de México, México.
2. Becerril-García, A.; Aguado-López, E.; Rogel-Salazar R.; Garduño-Oropeza G., Zúñiga-Roca, MF (2012). "HYPERLINK "<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3920933>" De un modelo centrado en la revista a un modelo centrado en entidades: la publicación y producción científica en la nueva plataforma redalyc.org". Aula Abierta, Oviedo, vol. 40, núm. 2, pp. 53-64, ISSN: 0210-2773.
3. López-Castañares, R.; Dutrénit-Bielous, G.; Tinoco-García I.; Aguado-López E. (2013). "HYPERLINK "<http://ri.uaemex.mx/handle/123456789/240>" Informe sobre la producción científica de México en revistas iberoamericanas de acceso abierto en redalyc.org, 2005-2011". México, ANUIES, Foro Consultivo y Tecnológico: International Network for the Availability of Scientific Publications, Universidad Autónoma del Estado de México, isbn: 978-07-451-067-6.
4. Lucio-Arias, D. (en proceso de edición). "Colaboraciones en Colombia, un análisis de las coautorías en el Web of Science 2001-2010".
5. Pérez-Angón, MA. (2006). "Usos y Abusos de la Cienciometría". *Cinvestav*, vol. 25, núm. 1, pp.25-33. México.
6. *Atlas de la Ciencia Mexicana*. HYPERLINK "<http://www.amc.unam.mx/atlas.htm>" www.amc.unam.mx/atlas.htm



Bibliometría y estudios sociales de la ciencia: la publicación como indicador de la actividad científica

Mina Kleiche Dray
Jane M. Russell
Yoscelina Hernández García

Resumen

Se presenta un estudio de la actividad de los científicos mexicanos especialistas en Ciencias Químicas como parte de un programa de investigación internacional Francia-México. En una primera etapa se identifican características de la investigación química a partir de cuatro bases de datos diferentes durante el periodo 2000-2004; donde la base de datos especializada Chemical Abstracts (CAS) y la multidisciplinaria Web of Science dominan las tendencias. Posteriormente se amplía el periodo a 2009, y usando ahora solo el Web of Science (WoS) enfocándonos en los procesos de colaboración científica internacional de la Química, asociada a alguna institución mexicana, representando esta interacción con instituciones de 148 diferentes países.

Introducción

En este trabajo presentamos la metodología, y algunos de los resultados más importantes, de análisis bibliométrico construido como parte del programa internacional de investigación (Institut de Recherche pour le Développement, IRD, Francia y Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, México) en torno de la evolución de la Química en México en el siglo XX (Kleiche-Dray, 2008; Kleiche-Dray y Casas Guerrero, 2008) donde se persigue un objetivo triple: a) Construir un tema de investigación *per se*, que proporciona un panorama en conjunto del campo de estudio, en este caso, la Química, permitiéndonos conocer la composición institucional de este terreno de investigación, así como su volumen, el modo y la estructuración de su producción científica; b) Apoyar la metodología histórica del programa en curso, al proporcionar un panorama de la producción de la comunidad mexicana de químicos, y permitirá



situarla en relación con los temas científicos y en el contexto económico, político y social del México de hoy; c) Dar mayor pertinencia al trabajo sociológico de campo: sus resultados, cruzados con los resultados de los censos de sitios y de actores, permitirán seleccionar una muestra razonada de laboratorios y de actores por encuestar (Hernández *et al.*, 2012).

Las ciencias químicas, al igual que otras disciplinas, ha sido objeto de estudio de la bibliometría; en un conteo que data de 1997, se listan alrededor de cien títulos de artículos bibliométricos que tienen a la Química como su objeto de estudio (Schummer, 1997).

Karki y sus colaboradores publican dos trabajos (1999, 2000) donde comparan dos décadas de producción en Química Orgánica de instituciones de la India y utilizan dos bases de datos WoS y CAS; por medio de la base de datos especializada (CAS) identificaron a los autores más productivos y emplearon la base de datos multidisciplinaria (WoS) para recuperar la producción científica de los mismos. Cuando se compara el trabajo realizado por químicos indios en las décadas de los años setenta y ochenta (1999), se encuentra poca conectividad con la ciencia de corriente principal a pesar de la mejora al final del último periodo.

Desde otra perspectiva la colaboración científica en las Ciencias Químicas ha sido objeto de estudio a partir de los agradecimientos y la coautoría en artículos publicados en el *Journal of the American Chemical Society* (JACS), uno de los vehículos de comunicación más importantes entre los químicos en el ámbito mundial (Cronin *et al.*, 2004). Del total de trabajos que se estudian aquí, 88% fueron coautorados. Otro trabajo que aborda la coautoría en la Química, muestra que en las publicaciones hindúes hubo un decremento en las autorías individuales, de 8.79% en 2000 a 7.03% en 2005, periodo que abarca el estudio (Sangam y Meera, 2008).

En el contexto nacional, Rojas Sola y San Antonio Gómez (2010) se encargan de una de las áreas más productivas en la Química en México, la Ingeniería Química, utilizando las revistas de corriente principal en el periodo de 1997 a 2008; se identificó que entre la producción para América Latina las instituciones mexicanas, en segundo lugar de productividad después de Brasil, con cinco instituciones que participan en 89% de los trabajos.

En estudios que se inclinan hacia casos particulares, Rosas Poblano (2011) estudia la producción del Instituto del Química de la Universidad Nacional Autónoma de México en el periodo de 2000 a 2009; la fuente de información usada en este trabajo fueron informes del mismo instituto y dependencias afines. Del total de trabajos recuperados, el *Journal of Organometallic Chemistry* y el *Journal of the Mexican Chemical Society* concentran la mayor parte de los trabajos.

Para abordar nuestro interés en las Ciencias Químicas, en primer lugar quisimos obtener un contexto y después aterrizar el estudio en dinámicas más particulares.

En el primer acercamiento, y durante el periodo 2000-2005, se hizo una comparación de cuatro fuentes de información: *Web of Science* (WoS) para una perspectiva multidisciplinaria, *Chemical Abstracts* (CAS) para la visión especializada en Química, *Periódica* para una visión del desarrollo regional de la disciplina, y *CAB Abstracts* para situar en parte; la relación de la Química con su entorno económico y social. Con estas diferentes perspectivas acerca de la investigación química de instituciones mexicanas, obtuvimos: 1) una metodología con una vocación cíclica, que permite retomar cualquier etapa del proceso y ampliar/complementar la información y 2) la posibilidad de enrutar la investigación.

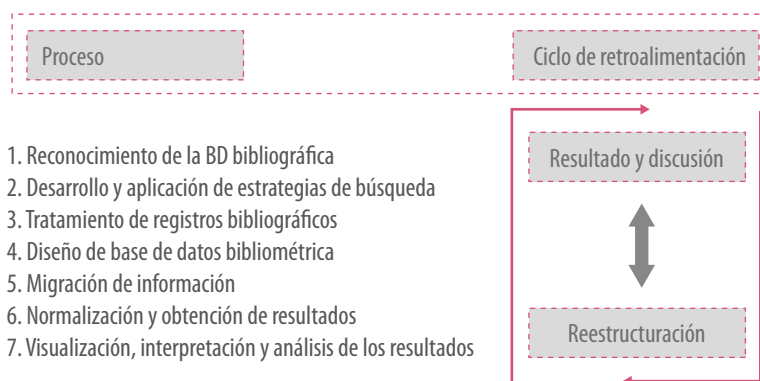


La primer ruta que se trazó tiene que ver con la colaboración científica internacional, para ello se amplió el periodo a 2009 y se retomó el campo de adscripción para construir cadenas que integren los países que participan en las publicaciones, y así observar el grado de autonomía de la investigación de corriente principal de las instituciones mexicanas que cultivan las Ciencias Químicas. A continuación se presenta el esquema general de la metodología desarrollada para el proyecto, así como algunos resultados.

Metodología

El método, *ex profeso*, que se desarrolló para esta investigación descansa en las búsquedas bibliográficas para la recuperación de la información; pues en lugar de descargar grandes bloques de información y de ahí separar en base al área de interés, se construyeron estrategias que identificaran las instituciones mexicanas que se reconocen como que cultivan alguna disciplina química (Hernández *et al.*, 2013). De esta forma pudimos abordar bajo la misma lógica cada una de las cuatro bases de datos y fácilmente ampliar o complementar nuestros datos. La figura 1, es el esquema general del método usado.

Figura 1. Esquema general de la metodología



Fuente: Hernández *et al.*, 2013

El mayor reto en todo el proceso se ubica en el paso 6, donde no sólo se normalizaron los nombres de las instituciones, sino que se fragmentó el campo de adscripción de tal forma que se potencializara la información e hiciera posible detallar algunos resultados, especialmente los que tienen que ver con la colaboración.

Como se mencionó, se construyeron cadenas de pares, tríos de países o cualquier otra combinación presente en las colaboraciones internacionales, de tal forma que esta información pudiera relacionarse con el resto de los campos de la base de datos.

Como parte de la normalización en estas cadenas se usaron el formato de tres siglas de la UNESCO para identificar los países individuales.

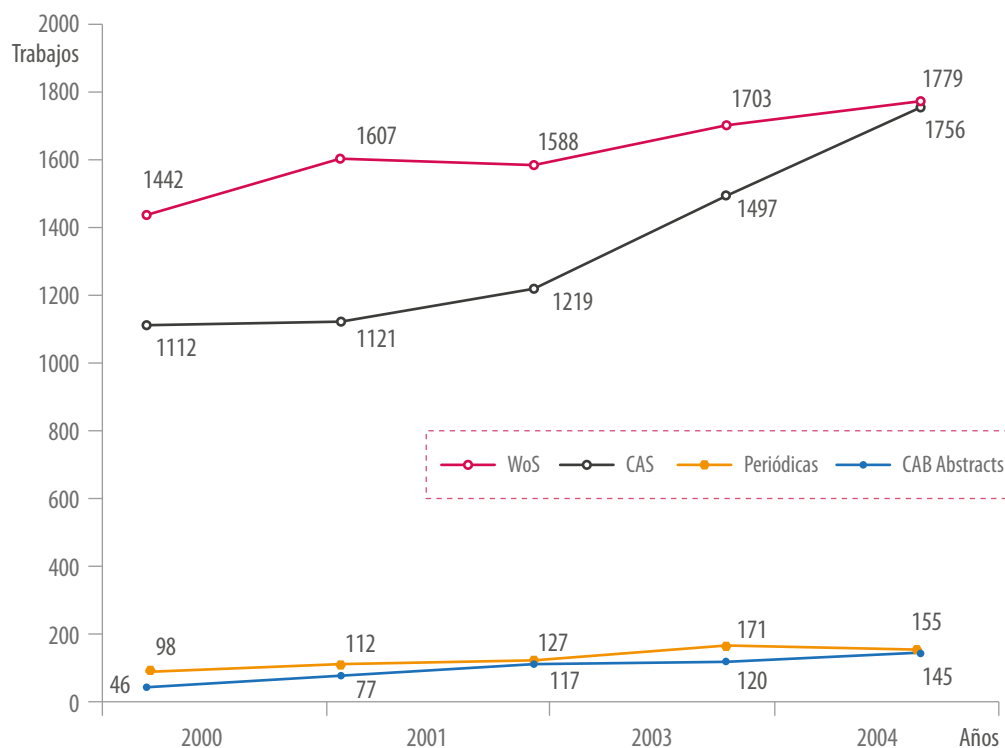
Resultados

Los resultados del primer acercamiento (2000-2004) donde se compararon cuatro bases de datos, nos situaron con una distribución de los trabajos totales con la mayor concentración es en la base de datos multidisciplinaria WoS (6,705) y la especializada CAS (8,111), y con menor



presencia la base de datos local PERIÓDICA (663), y la especializada en Ciencias Agrarias CAB Abstracts (505) (Hernández *et al.*, 2012). La distribución anualizada se muestra en la figura 2.

Figura 2. Producción anualizada de las cuatro bases de datos para la Química en México 2000-2004.



Fuente: Hernández *et al.*, 2013

Durante este periodo se identificaron 241 instituciones mexicanas que cultivan alguna disciplina química en la base de datos WoS, 124 en CAS, 83 en PERIÓDICA y 54 en CAB Abstracts.

De entre los canales de comunicación que caracterizan la investigación de las fuentes analizadas, en la tabla 1 se desglosan los cinco títulos de las revistas que mayor cantidad de trabajos concentran, así como su país de edición.

Tabla 1. Revistas más representadas en las cuatro Bases de Datos para la Química en México 2000-2004

| BDB | Química | País de Edición | Totales |
|-----|------------------------------------------------------|-----------------|---------|
| WoS | Abstracts of Papers of the American Chemical Society | EUA | 136 |
| | Journal of Chemical Physics | EUA | 76 |
| | Journal of Organometallic Chemistry | EUA | 63 |
| | Revista Mexicana de Física | MEX | 59 |
| | Journal of Molecular Structure-Theochem | Países Bajos | 54 |
| | Archives of Medical Research | MEX | 53 |



| BDB | Química | País de Edición | Totales |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------|
| CAS | Revista Mexicana de Física | MEX | 159 |
| | Archives of Medical Research | MEX | 139 |
| | Revista de la Sociedad Química de México | MEX | 125 |
| | American Institute of Physics Conference Proceedings | EUA | 112 |
| | Physical Review D: Particles, Fields, Gravitation and Cosmology | EUA | 90 |
| | Proceedings of the Western Pharmacology Society | EUA | 86 |
| PERIÓDICA | Revista de la Sociedad Química de México | MEX | 187 |
| | Revista del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, AC | MEX | 55 |
| | Educación Química | MEX | 50 |
| | Revista Mexicana de Ingeniería Química | MEX | 46 |
| | Revista de Educación Bioquímica | MEX | 35 |
| | Boletín de Educación Bioquímica | MEX | 31 |
| CAB | Terra | MEX | 50 |
| Abstract | Journal of Agricultural and Food Chemistry | EUA | 50 |
| | Agrociencia | MEX | 28 |
| | Journal of Food Science | EUA | 17 |
| | Revista Internacional de Contaminación Ambiental | MEX | 12 |
| | Journal of Biological Chemistry | EUA | 11 |

Fuente: Hernández *et al.*, 2013

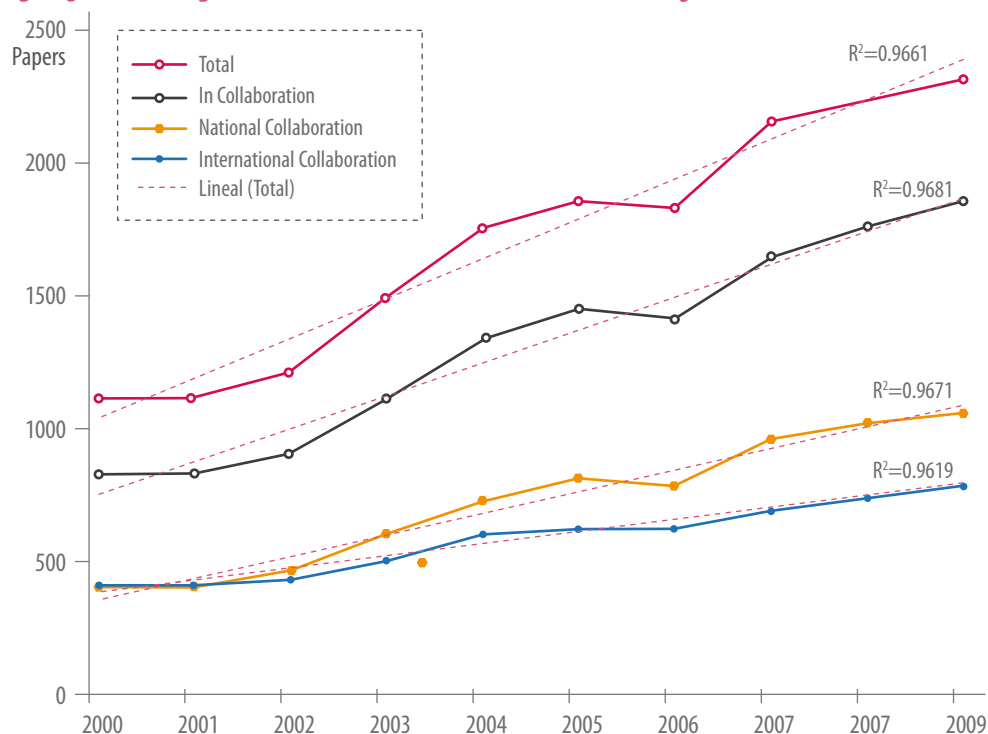
La mayor parte de las revistas que se muestran en la tabla 1, se editan en México o Estados Unidos, lo que indica una forma de publicación para los químicos que trabajan en instituciones mexicanas. En WoS y en CAS puede observarse una tendencia a publicar en revistas relacionadas con temas como física y medicina, a diferencia de PERIÓDICA. Es decir que tal vez aquellos temas que tienen interés transdisciplinario o de la aplicación de la Química son los que se ponen a consideración de la comunidad internacional, mientras que la publicación local tiene una visión más disciplinar.

Nuestro objetivo, en esta primera etapa, no era comparar sino observar las diferentes tendencias en las cuatro bases de datos, por lo que teniendo en cuenta las características encontradas¹, nos enfocamos a la dinámica de colaboración científica internacional; para ello se amplió el periodo de 2000-2009, y se trabajó únicamente con WoS, pues de todas las bases de datos que se estudiaron es la única que desglosa todas las direcciones de adscripción de los autores; además de condensar una importante cantidad de trabajos. La figura 3 indica la tendencia general en las dinámicas de colaboración de 2000 a 2009.

1 Pueden consultar en: Hernández *et al.* (2013).



Figura 3. Tendencias generales en la dinámica de colaboración 2000-2009.



De los 6,705 trabajos recuperados de 2000 a 2004, al momento de ampliar la cobertura de tiempo (a 2009) se incrementó a 17,109; de estos, el porcentaje de trabajos publicados en colaboración es de 76.9% (131,54) y de este porcentaje 34.3% fue publicado con colegas extranjeros. El total de países con los que las instituciones mexicanas que cultivan la investigación en Química colaboraron de 2000 a 2009, es de 148; Estados Unidos (USA), España (ESP), Francia (FRA), Reino Unido (GBR), y Alemania (DEU) son los cinco países con los que más frecuentemente colabora.

Los países de América Latina que más aparecen en las colaboraciones estudiadas son: Cuba (CUB), Argentina (ARG), Brasil (BRA), Chile (CHL), Venezuela (VEN), y Colombia (COL); todos con menos de 2% de frecuencia.

Las tres formas de asociación en colaboración internacional, entre instituciones mexicanas que cultivan alguna disciplina química y sus pares, más frecuente es en cadenas de dos (4,663), y de tres (924) y de cuatro (145). Se localizaron cuatro cadenas donde los componentes son de 12, 13, 15 y 26 países colaborando en un solo trabajo, cada uno, durante el periodo analizado. Las combinaciones más frecuentes se muestran en la tabla 2.

El país con el que colabora México bilateralmente con más frecuencia es Estados Unidos (1,644), seguido por España (674). La cadena "MEX-EU-ESP" es la más reiterada en las colaboraciones trilaterales. Los mismos países que aparecen en los conteos individuales, son parte de las cadenas bilaterales y trilaterales. En el caso de las cadenas de cuatro y cinco integrantes la composición no es tan constante, pero sí muestra una diversidad en la forma en que las instituciones mexicanas se asocian en las publicaciones de corriente principal.



Tabla 2. Cadenas más frecuentes en Colaboración Internacional

| | Chain (2) | Count* | Chain (3) | Count | Chain (4) | Count | Chain (5) | Count |
|----|-----------|--------|-------------|-------|-----------------|-------|---------------------|-------|
| 1 | MEX-USA | 1644 | MEX-USA-ESP | 49 | MEX-USA-CHE-CAN | 5 | MEX-ESP-FRA-GBR-LTU | 2 |
| 2 | MEX-ESP | 674 | MEX-USA-CAN | 36 | MEX-USA-FRA-DEU | 4 | MEX-USA-FRA-DEU-AUS | 2 |
| 3 | MEX-FRA | 399 | MEX-USA-FRA | 36 | MEX-USA-DEU-GBR | 3 | MEX-USA-FRA-GBR-CAN | 2 |
| 4 | MEX-GBR | 226 | MEX-USA-DEU | 31 | MEX-USA-FRA-NLD | 3 | | |
| 5 | MEX-DEU | 211 | MEX-ESP-FRA | 25 | MEX-CUB-ARG-ESP | 2 | | |
| 6 | MEX-CAN | 205 | MEX-USA-GBR | 22 | MEX-ESP-GBR-HND | 2 | | |
| 7 | MEX-CUB | 131 | MEX-USA-JPN | 20 | MEX-FRA-ITA-JPN | 2 | | |
| 8 | MEX-ARG | 108 | MEX-ESP-CHL | 16 | MEX-FRA-JPN-BEL | 2 | | |
| 9 | MEX-ITA | 87 | MEX-ESP-CUB | 15 | MEX-GBR-DEU-AUS | 2 | | |
| 10 | MEX-RUS | 80 | MEX-DEU-GBR | 14 | MEX-USA-ARG-CHL | 2 | | |
| 11 | MEX-CHN | 74 | MEX-ESP-GBR | 14 | MEX-USA-CAN-GBR | 2 | | |
| 12 | MEX-BRA | 72 | MEX-ESP-ITA | 14 | MEX-USA-DEU-JPN | 2 | | |
| 13 | MEX-NLD | 67 | MEX-USA-VEN | 14 | MEX-USA-DU-ARG | 2 | | |
| 14 | MEX-JPN | 66 | MEX-BRA-CAN | 13 | MEX-USA-ESP-CAN | 2 | | |
| 15 | MEX-VEN | 60 | MEX-USA-BRA | 13 | MEX-USA-FRA-ESP | 2 | | |
| 16 | MEX-CHL | 59 | MEX-USA-ARG | 11 | MEX-USA-FRA-RUS | 2 | | |
| 17 | MEX-IND | 49 | MEX-USA-CHN | 11 | MEX-USA-GBR-NLD | 2 | | |
| 18 | MEX-POL | 48 | MEX-USA-RUS | 11 | MEX-USA-UKR-RUS | 2 | | |
| 19 | MEX-COL | 44 | MEX-FRA-GBR | 10 | | | | |
| 20 | MEX-ISR | 34 | MEX-ESP-ARG | 9 | | | | |
| 21 | MEX-UKR | 30 | MEX-FRA-NLD | 9 | | | | |
| 22 | MEX-SWE | 28 | MEX-USA-COR | 9 | | | | |
| 23 | MEX-BEL | 18 | MEX-USA-ITA | 9 | | | | |
| 24 | MEX-CHE | 16 | MEX-ESP-PRT | 8 | | | | |
| 25 | MEX-HUN | 16 | MEX-FRA-DEU | 8 | | | | |

En la tabla 3 se asoció la caracterización de las cadenas en la colaboración internacional con las revistas donde más frecuentemente se publicaron los trabajos de las instituciones mexicanas que realizan investigación en Química.

Tabla 3. Características de las cadenas en las revistas en colaboración internacional

| | Journal Title | No. unique combinations | Combinations | Chain | Count* | Chain | Count | Chain | Count | Chain | Count |
|---|------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 1 | Journal of Chemical Physics | 34 | 2 & 3 | MEX-USA | 23 | MEX-POL | 15 | MEX-ESP | 13 | MEX-CUB | 3 |
| 2 | Abstracts of papers of the American Chemical Society | 18 | 2, 3 & 5 | MEX-USA | 68 | | | | | | |
| 3 | Journal of Physical Chemistry B | 23 | 2, 3 & 5 | MEX-USA | 10 | | | | | | |
| 4 | Journal of Physical Chemistry A | 22 | 2, 3 & 4 | MEX-USA | 15 | | | | | | |



| | Journal Title | No. unique combinations | Combinations | Chain | Count* | Chain | Count | Chain | Count | Chain | Count |
|----|------------------------------------------------|-------------------------|---------------|---------|--------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| 5 | Astronomy & Astrophysics | 32 | 2,3,4,5,6 & 7 | MEX-FRA | 5 | MEX-ESP | 5 | | | | |
| 6 | International Journal of Quantum Chemistry | 22 | 2 & 3 | MEX-USA | 13 | | | | | | |
| 7 | Astrophysical Journal | 16 | 2 & 3 | MEX-ESP | 10 | | | | | | |
| 8 | Journal of Agricultural and Food Chemistry | 12 | 2,3,4,6 & 7 | MEX-USA | 21 | | | | | | |
| 9 | Industrial & Engineering Chemistry Research | 9 | 2 & 4 | MEX-USA | 22 | | | | | | |
| 10 | Journal of Organometallic Chemistry | 15 | 2,3,4 & 5 | MEX-USA | 8 | MEX-DEU | 7 | MEX-FRA | 6 | | |
| 11 | Journal of the Science of Food and Agriculture | 9 | 2 & 3 | MEX-USA | 9 | ME-VEN | 7 | MEX-ESP | 7 | | |
| 12 | Chemical Physics Letters | 23 | 2,3 & 4 | MEX-USA | 7 | MEX-ESP | 5 | | | | |
| 13 | Molecular Physics | 13 | 2 & 3 | MEX-POL | 8 | MEX-USA | 7 | | | | |
| 14 | Applied Catalysis A-General | 14 | 2 & 3 | MEX-FRA | 7 | MEX-ITA | 6 | MEX-ESP | 6 | | |
| 15 | Catalysis Today | 13 | 2,3 & 4 | MEX-ESP | 7 | MEX-CHN | 6 | MEX-USA | 5 | | |
| 16 | Interciencia | 20 | 2,3,4 & 5 | MEX-USA | 6 | MEX-FRA | 5 | | | | |
| 17 | Journal of Natural Products | 10 | 2 & 3 | MEX-ESP | 8 | MEX-ARG | 7 | MEX-USA | 6 | | |
| 18 | Journal of the American Chemical Society | 11 | 2,3 & 5 | MEX-USA | 13 | | | | | | |
| 19 | Thin Solid Films | 18 | 2,3,5 & 6 | MEX-USA | 4 | MEX-PER | 4 | MEX-UKR | 3 | MEX-CUB | 3 |
| 20 | Organometallics | 9 | 2 & 3 | MEX-USA | 11 | | | | | | |

*Count = No papers

De nuevo la tabla 3 muestra el predominio de las colaboraciones con Estados Unidos, con 14 de 20 de las cadenas bilaterales. Los países europeos en cadenas bilaterales se asocian en 5 y 6 combinaciones con revistas editadas en Europa; tres de estas son con España como colaborador bilateral. La cadena más larga se encuentra en una de las revistas especializadas en el área Big Science de Astronomía y Astrofísica, al igual que en Agricultura y Química de los Alimentos. *Interciencia*, la revista venezolana, muestra cadenas de más de cinco componentes. Cadenas que involucran otros países de América Latina: siete con Venezuela y Argentina, cuatro con Perú y tres con Cuba, ninguno publicado en *Interciencia*.

Consideraciones finales

Entre 2000 y 2006, la producción científica en Química representó 12.17% de la producción científica total de México (CONACYT, 2007). La comunidad científica de químicos ostentaba, en 2008, mil 280 miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), quienes se considera son los especialistas que producen la mayor parte de la investigación del país, repartidos en instituciones de educación superior y de investigación en un total de 38 entidades federativas. En ese mismo año la membresía del SNI era de unos 14,681 investigadores, de los cuales los químicos representaban 8.7% (CONACYT, 2008).²

² Cuento a partir del listado proporcionado por la Subdirección de Proceso de Evaluación – SNI. CONACYT, oct. 2008



La metodología desarrollada para este trabajo, nos permitió identificar las características generales de la producción de las instituciones que investigan alguna disciplina química, a través de las diferentes perspectivas presentes en las cuatro diferentes bases de datos que se consultaron:

- El idioma y el tipo de documentos predilectos son el inglés y el artículo científico,
- Lo anterior puede explicarse debido a que la distribución de los trabajos en las revistas indica que los químicos mexicanos prefieren las fuentes editadas fuera de la región, reconocidas por los grandes servicios internacionales multi y unidisciplinarios,
- Los títulos de las revistas y sus temas asociados, muestran una cualidad transdisciplinaria en la investigación química que deriva de instituciones mexicanas

En cuanto a las tendencias en la colaboración de las instituciones mexicanas, es indudable que esta actividad es importante en la investigación química, tanto por el porcentaje que representa en la dinámica analizada, así como en la constancia con lo que sus características se presentan: los países con los que se colabora, la forma de asociación en las cadenas, los títulos de las revistas donde la colaboración se publica.

La publicación científica puede considerarse como el indicador principal de la actividad científica, su análisis nos ha permitido orientar y consolidar nuestro interés por los trabajos en la disciplina química en instituciones mexicanas; el detalle con el que hemos trabajado, ha ayudado a responder algunas de nuestras preguntas iniciales, como ¿quiénes son los actores principales? o ¿cuáles son las tendencias en la publicación?; y a darle sentido a hallazgos como las formas de asociación entre países representados en las colaboraciones. Una de las posibles rutas que pretendemos explorar, derivadas de todos los resultados previos, es abordar la distribución geográfica de las instituciones que cultivan la Química en México.

Bibliografía

1. CONACYT (2006). Indicadores de actividades científicas y tecnológicas. Edición de bolsillo, Mexico.
2. CONACYT (2007). Anexo Estadístico del Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología, 2007. Capítulo III. Producción Científica y Tecnológica y su Impacto Económico. <http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/cms/paginas/IndCientifTec.jsp> [6 de febrero, 2014].
3. Cronin, B.; Shaw, D.; La Barre, K. (2004). Visible, less visible, and invisible work: patterns of collaboration in 20th century chemistry. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 55(2), 160-168.
4. Karki, M.M.S.; Garg, K.C. (1999). Scientometrics of Iranian organic chemistry research. *Scientometrics*. 45 (1), 107-116.
5. Karki, M.M.S.; Garg, K.C.; Sharma, P. (2000). Activity and growth of organic chemistry research in India during 1971-1989. *Scientometrics*. 49 (2), 279-288
6. Hernández, Y.I.; Kleiche Dray, M.; Russell, J M. (2013). Enfoques metodológicos para identificar y caracterizar la investigación mexicana en química en bases de datos bibliográficas. *Investigación Bibliotecológica*, 27(59), 35-66
7. Rojas Sola, J.I.; San Antonio Gómez, C. (2010). Análisis bibliométrico de las publicaciones científicas mexicanas en la categoría Engineering, Chemical de la base de datos Web of Science (1997-2008). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 9 (3), 231-240.



8. Rosas Poblano, S. G. (2011). El Instituto de Química y su producción científica en el periodo 2000-2009. *Biblioteca Universitaria*. 14(2), 156-167.
9. Sangam, S.L.; Meera (2008). Research Collaboration Pattern in Indian Contributions to Chemical Sciences. En: *Proceedings of WIS 2008, Berlin Fourth International Conference on Webometrics, Informetrics and Scientometrics & Ninth COLLNET Meeting Humboldt-Universitat zu Berlin*. <http://www.collnet.de/Berlin-2008/Proceedings-WIS-2008.pdf> [6 de marzo, 2014].
10. Schummer, J. (1997). Scientometric studies on chemistry II: aims and methods of producing new chemical substances. *Scientometrics*. 39 (1), 125-140.



2

HISTORIOGRAFÍA Y BASES DE DATOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA





Indicadores histórico-bibliométricos del *Atlas de la Ciencia Mexicana*, 1800-1950

Francisco Collazo Reyes
Xóchitl Flores Vargas
Mitzi L. Muñoz García

Resumen

La identificación y organización de los conocimientos científicos producidos en México durante el siglo XIX y la primera mitad del XX plantea distintas tareas de investigación bibliográfica, de recuperación, control documental y desarrollo de indicadores bibliométricos. En este trabajo se presenta una primera versión de los resultados de estas tareas desarrolladas como parte del proyecto *Atlas de la Ciencia Mexicana* (ACM). El objetivo es presentar una primera caracterización de la literatura científica generada en y sobre México (1800-1950), con distintos indicadores bibliométricos, para contar con un inventario de recursos documentales, complementar otros indicadores bibliométricos recientes disponibles en el ACM (<http://atlasdelacienciamexicana.org>) y tener un sistema de información bibliográfica base para el desarrollo de estudios cuantitativos. Consideramos que los resultados presentados en este trabajo llenan estos vacíos de información.

Introducción

Existe un nuevo estado del arte en lo que respecta a la disponibilidad de recursos históricos de información científica. Las revistas científicas más importantes ofrecen acceso en modalidad abierta o por suscripción al texto completo de sus colecciones históricas. En este nuevo escenario, se ha documentado que los primeros antecedentes de conocimientos generados desde México fueron hechos públicos en las revistas más tradicionales de Europa: *Philoso-*



phical Transactions of the Royal Society (Phil., 1668) (Pico, 1708-1709) y *Journal des Scavans* (Gage, 1776), en 1668, 1706 y 1776, respectivamente (Camino Carrasco, 2012; Allen, 1947). Se trata de comunicaciones realizadas en forma de cartas a los editores de las revistas, elaboradas principalmente por integrantes de expediciones científicas europeas para publicar aspectos novedosos relacionados con el estudio de la riqueza de los recursos y fenómenos naturales del Continente Americano. La publicación en forma de carta es el primer antecedente del escrito científico moderno en México.

De la misma forma, hemos identificado la producción de conocimientos realizada, principalmente, por Andrés Manuel del Río en el Real Seminario de Minería (Izquierdo, 1958) a finales del siglo XVIII y la primera mitad del XIX. Este fue uno de los primeros casos de institucionalización de prácticas de enseñanza e investigación experimental en América Latina (Caswell, 2000), que lograron mantener la continuidad en la publicación de resultados durante un largo periodo de más de 50 años 1795-1849 (Luna Morales y Collazo Reyes, 2014). Esta combinación de actividades de enseñanza e investigación dieron lugar a la emergencia de características propias del estilo argumentativo del género científico moderno (Bargalló, 1965; Salas, 2006; Uribe Salas, Cortés Zavala, 2006). Se publicaron cartas, reportes, y artículos de investigación con resultados experimentales, así como manuales, comentarios y discursos orientados a la enseñanza, principalmente de la mineralogía (Zappen, 1991). Están escritos en distintos idiomas: alemán, español, francés, e inglés, y publicados en distintas revistas de Europa y Norteamérica: *Annales du Muséum National D'Histoire Naturelle*; *Annales de Mines*; *Journal de Physique, de Chimie et D'Histoire Naturelle*; *Annales de Physique*; *Annalen der Physik und Chemie*; *Philosophical Magazine and Annals of Philosophy*; *American Journal of Science and Arts*; y *American Montly Journal of Geology and Natural Science*. Además de estos antecedentes importantes de la ciencia moderna en México documentados en revistas internacionales, las imprentas difundieron conocimientos de interés científico publicado en forma de libros y manuales. Sin embargo, el registro más importante de la ciencia se encuentra publicado en las revistas locales de interés científico. Las primeras se iniciaron en las décadas intermedias del siglo XIX y la mayoría se encuentran disponibles principalmente en forma de acervos impresos en bibliotecas.

La producción de conocimientos en la segunda mitad del siglo XIX y principios del XX, es altamente endogámica (Luna Morales, et al., 2009; Collazo-Reyes et al., 2011). Durante esta época se conformaron las estructuras de los patrones de un sistema de comunicación científica local (Collazo-Reyes, Luna Morales, Vélez-Cuartas, 2010). Con una diversificación importante de títulos de revistas, la mayoría con periodos breves de vigencia (González Tapia, Muñoz García, 2013). Aquí surgieron las revistas locales más tradicionales y con mayor producción en la historia de la ciencia mexicana: *El Boletín del Instituto de Geografía y Estadística*, *El Minero Mexicano*, *La Gaceta Médica de México*, *El Boletín del Instituto Geológico de México*, *Los Boletines de los Observatorios de Chapultepec y Tacubaya*, *Las Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, y *La Naturaleza*, entre otras (Medina Silva y Mondragón Colín, 2014; Luna Morales y Collazo Reyes, 2014).

Durante las últimas décadas de la primera mitad del siglo XX, se diversificaron los patrones tradicionales de producción y comunicación de conocimientos en México (Ríos Mendoza, y Ronquillo Osorio, 2014; Luna-Morales, et al., 2009). Las prácticas de producción científica trascendieron las publicaciones locales. Se diversificaron los autores, las instituciones y los temas de investigación; se enriquecieron las estructuras de los contenidos, los estilos de argumentación y las funciones de la comunicación en los trabajos; se diversificaron las revistas, los idiomas y



los países de publicación. En este nuevo escenario surgieron revistas con un espíritu de tipo académico: *Ciencia*, *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya*, *Boletín del Instituto de Cardiología*, *Boletín del Instituto de Estudios Médicos y Biológicos* y el *Boletín del Instituto de Enfermedades Tropicales*.

En este trabajo se abordan las tareas referentes a la identificación, normalización y organización de los conocimientos científicos producidos por autores adscritos a instituciones con sede en México y los trabajos, sobre México, escritos por autores afiliados a instituciones extranjeras, durante el periodo 1800-1950. Estas tareas están orientadas a complementar el sistema de información histórica del ACM (*Atlas de la Ciencia Mexicana*, 2012) sobre los conocimientos generados en el país. El objetivo es presentar una primera caracterización de la literatura científica generada en y sobre México (1800-1950), mediante distintos indicadores bibliométricos. Esto con tres fines distintos: contar con un inventario de recursos documentales; complementar otros indicadores bibliométricos recientes disponibles en el ACM, y tener un sistema de información bibliográfica base para alimentar líneas de investigación en cienciometría. Estudios sobre la formación de las estructuras, funciones y el estilo del texto científico moderno, en las distintas comunidades académicas y de investigación.

Los resultados implican la construcción de catálogos básicos de autores, títulos, revistas y temas que permiten el desarrollo de inventarios históricos. Estos aspectos llenan un vacío de información histórica que complementan otros indicadores de la ciencia contemporánea en México. Estos repertorios de datos acumulados sirven de información base, como recursos empíricos de apoyo para estudiar los largos procesos de construcción de prácticas científicas modernas y la formación de comunidades de investigación, a través del análisis de sus productos de investigación.

Metodología

Para la identificación y recuperación de recursos de información impresa se utilizaron distintos acervos especializados de bibliotecas de dependencias de la UNAM: del Instituto de Investigaciones Históricas; Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra; Instituto de Astronomía. Colección histórica; Biblioteca Nicolás León del Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina. También se consultó la Hemeroteca General de la Universidad Autónoma de Chapingo, así como la Biblioteca del Hospital General de México.

Una parte de la literatura disponible en línea se recuperó en las plataformas del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) (<http://biblioteca.cinvestav.mx>) y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (<http://www.dgbiblio.unam.mx/index.php/catalogos>). Estos sitios nos permitieron el acceso a cientos de títulos de revistas a través de distintos portales como PROLA (*Physical Review Online Archive*); Editoriales, revistas, y bases de datos multidisciplinarias como Web of Science (WoS), y SCOPUS, contratados por suscripción. También consultamos otros sitios de colecciones locales digitales: Hemeroteca Nacional Digital de México-UNAM (www.hndm.unam.mx); *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Álzate* (*Atlas de la Ciencia Mexicana*), y el *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya* (<http://www.astroscu.unam.mx/bott>).

La producción histórica del periodo 1800-1949, publicada principalmente en revistas internacionales, fue recuperada por medio de búsquedas directas en revistas disponibles en línea, en



forma digital: *American Monthly Journal of Geology and Natural Science*; *Anales de Historia Natural*, *Anales de Ciencias Naturales*; *Annales de Chimie*; *Annales de Mines*; *Annales du Muséum National D'Histoire Naturelle*; *Annales de Physique*; *Annalen der Physik und Chemie*; *Journal de Physique, de Chimie et D'Histoire Naturelle*; *Mercurio de España*; *American Journal of Science*; *American Philosophical Society*; *Journal fur Chimie Physik*; *London & Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*; *Neues Jahrbuch fur Mineralogie, Geologie und Palaontologie*, entre otras.

La mayor parte de los artículos del área de ciencias geológicas los recuperamos de las siguientes fuentes: *Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana*; *Bibliografía Geológico-Minera y Económico-Minera de México*; *Bibliografía Geológico Minera del Estado de Zacatecas*; *Bibliografía Geológico Minera del Estado de Hidalgo*; *Bibliografía de Publicaciones de la Sociedad Geológica de México*.

Se incluyen los trabajos generados en México por autores adscritos a instituciones locales, y los trabajos que tratan temas relacionados con México, escritos por autores afiliados a instituciones extranjeras. Esto nos permitió desarrollar indicadores según la adscripción de los autores y lugar edición de las revistas. Identificamos tres tipos de adscripción: local (México), regional (países de América Latina) y extranjera (otros países).

Se identificaron los siguientes indicadores: Producción anual realizada en México y sobre México, 1800-1950; estados de evolución de la producción. Fuentes de difusión utilizadas: imprentas y revistas locales, regionales y extranjeras. Una clasificación de tipos de trabajos, temas preferidos e idiomas utilizados.

Resultados

La producción recuperada hasta el momento es de 15,190 trabajos. La figura 1 muestra dos líneas de producción anual de conocimientos en el periodo 1800-1950. Una referente a los trabajos realizados por autores adscritos en instituciones con sede en México, y la otra a los efectuados por investigadores, adscritos a instituciones extranjeras, que abordan aspectos relacionados con México. Ambas líneas presentan todo tipo de estados en su proceso de evolución. Un primer periodo (1800-1950) de estabilización de la producción sin crecimiento, donde es ligeramente mayor la producción externa que la local; la mayoría de los trabajos de autores locales y extranjeros están publicados en fuentes externas y en el ámbito local en imprentas y tipografías.

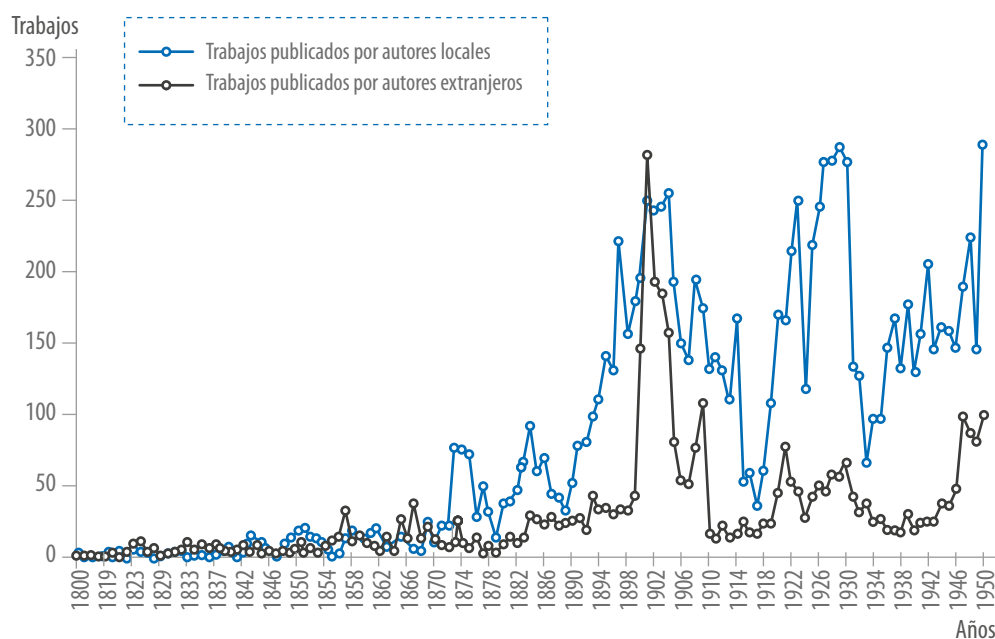
El periodo 1850-1889 presenta crecimientos impredecibles, con incrementos y decrementos entre años. Un primer periodo de crecimiento exponencial durante la última década del siglo XIX y los primeros años del XX, con mayor consistencia en el caso de la producción local. El crecimiento repentino de la producción externa en los años 1899-1904, tiene que ver con una importante producción de reportes e informes sobre temas de salud pública en México, publicados en la revista *Public Health Reports*, identificados por medio del *WoS-Century of Science*. Falta realizar una revisión de esta revista a partir de 1878, año de inicio, y hasta 1899, que es el periodo que no cubre el WoS.

La producción de la primera mitad del siglo XX tiene las siguientes características. Una producción inestable e impredecible entre años; con periodos breves de incrementos y decrementos. La producción local creció más que la externa, en una proporción de tres publicaciones locales



por una externa. La producción del periodo 1800-1850 está publicada en revistas internacionales, imprentas y tipografías; la de la segunda mitad del siglo XIX en revistas locales, internacionales e imprentas, y la del periodo 1900-1950, en revistas locales e internacionales y escritas principalmente en español y en menor cantidad en inglés.

Figura 1. Distribución anual de trabajos publicados en y sobre México durante el periodo 1800-1950.



La tabla 1 presenta la información organizada por la adscripción de los autores y el nivel de difusión de las revistas. Las dos terceras partes (66.93%) de la producción fue escrita por autores locales y publicadas en fuentes e idioma locales. Cerca de una cuarta parte (22.89%) fue publicada por autores extranjeros, publicada en revistas internacionales y escrita en distintos idiomas: inglés, francés y alemán. Un poco más de 5% de los trabajos publicados en revistas locales están escritos por autores extranjeros en distintos idiomas, principalmente alemán, francés e inglés. Un poco menos de 5% de los trabajos están escritos por autores con adscripción a México en distintos idiomas, principalmente inglés y francés. La publicación menos común es la de autores locales en revistas regionales.

Tabla 1. Adscripción de los autores y ámbito de difusión de la ciencia generada en México: 1800-1950

| No. | Adscripción-Autores | Revistas | Trabajos | % | Idioma |
|-----|---------------------|-----------------|----------|-------|---------|
| 1 | Local | Locales | 10197 | 66.93 | Español |
| 2 | Extranjera | Internacionales | 3487 | 22.89 | Varios |
| 3 | Extranjera | Locales | 880 | 5.78 | Varios |
| 4 | Local | Internacionales | 655 | 4.3 | Varios |
| 5 | Local | Regionales | 16 | 0.11 | Español |



Encontramos 986 títulos de fuentes de difusión: 599 en el extranjero, 371 editados localmente y 16 en los países de la región Latinoamericana. Los trabajos publicados en revistas extranjeras equivalen a una cuarta parte del total de los trabajos, pero las revistas de difusión representan 61% del total de títulos. En la tabla 2 se listan 27 títulos con 20 o más trabajos. La gran mayoría (84%) publican tres o menos trabajos. La mayoría de las revistas son editadas en Norteamérica. Entre estas destaca *Public Health Reports*, que publica trabajos, principalmente, de autores externos. El área de ciencias geológicas es la más productiva y está representada por las revistas que ocupan los lugares 2, 4, 5, 7, 14, 16, 17, 19-20, 22 y 24 de la tabla 2. Las publicaciones alemanas (posiciones 4, 14, 17-18) y las francesas (lugares 9, 11, 16, 19 y 20), fueron utilizadas principalmente en el periodo 1800-1850; *Annales des Mines* (lugar 16), fue la revista más importante en este periodo. Entre las revistas más consistentes durante todo el periodo analizados se encuentran: *American Journal Science*, *Science*, *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers* y *Nature*, entre otras.

Tabla 2. Revistas extranjeras utilizadas en la publicación de conocimientos en México, 1800-1950

| No. | Revistas extranjeras | Trabajos |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Public Health Reports | 1077 |
| 2 | Engineering and Mining Journal | 184 |
| 3 | American Journal of Science | 144 |
| 4 | Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie | 135 |
| 5 | Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers | 93 |
| 6 | Journal of Economic Entomology | 77 |
| 7 | Transactions of the American Institute of Mining Engineers | 75 |
| 9 | Comptes rendus hebdomadaires des seances de l'Academie des sciences | 52 |
| 10 | Science | 50 |
| 11 | Archives de la Commission Scientifique du Mexique | 42 |
| 12 | Journal of the American Chemical Society | 42 |
| 13 | Physical Review | 40 |
| 14 | Zeitschrift für praktische Geologie | 38 |
| 15 | Nature | 35 |
| 16 | Annales des Mines | 34 |
| 17 | Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft | 33 |
| 18 | Poggendorff Annalen der Physik und Chemie | 32 |
| 19 | Bulletin of the Geological Society of America | 30 |
| 20 | Bulletin de la Société Géologique de France | 28 |
| 21 | Journal of the American Medical Association | 26 |
| 22 | Transactions-American Geophysical Union | 26 |
| 23 | American Heart Journal | 21 |
| 24 | Geological Society of America Bulletin | 21 |
| 25 | Phytopathology | 21 |
| 26 | Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine | 21 |
| 27 | Bulletin of the United States Geological Survey | 20 |



Setenta y tres por ciento de los trabajos fue publicado en 371 fuentes editadas localmente. 190 revistas, 160 imprentas, litografías, tipografías y 21 diarios. Las imprentas fueron importantes durante el periodo estudiado, pero principalmente durante el siglo XIX. Entre las más importantes se encuentran la *Imprenta de L. Escalante*, *Imprenta de Ignacio Cumplido*, *Imprenta Familia Díaz de León*, y la *Tipografía F. Mata*. Los diarios fueron poco utilizados para propósitos de difusión científica. En la tabla 3 se listan los 30 títulos más productivos, con 50 o más trabajos. El Boletín de la *Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana*, *El Minero Mexicano*, *La Gaceta Médica de México* y *La Naturaleza*, son las revistas locales con mayor tradición en la ciencia mexicana.

En las últimas décadas del siglo XIX surgió una segunda generación de revistas científicas. *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate*, *Boletín de la Sociedad Astronómica de México*, *Boletín del Instituto Geológico de México*, *Boletín de la Sociedad Geológica de México*, *Boletín de Agricultura Minería e Industrias*. Algunas de las revistas que aparecen entre las más productivas como *Revista Mexicana de Medicina*, *Boletín del Petróleo*, *El Universo* y *Boletín del Instituto y Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos*, surgieron en el siglo XX.

Tabla 3. Revistas locales utilizadas en la publicación de conocimientos en México, 1800-1950

| No. | Locales | Trabajos |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Revista Mexicana de Medicina | 1806 |
| 2 | Gaceta Médica de México | 1701 |
| 3 | El Minero Mexicano | 1327 |
| 4 | Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate | 1319 |
| 5 | Boletín Minero | 532 |
| 6 | Boletín de la Sociedad Astronómica de México | 504 |
| 7 | Boletín del Petróleo | 495 |
| 8 | Boletín de la Sociedad Geológica de México | 192 |
| 9 | Boletín del Instituto Geológico de México | 184 |
| 10 | Boletín de la Dirección General de Agricultura | 156 |
| 11 | Boletín de la Sociedad de Geografía y Estadística de la República Mexicana | 153 |
| 12 | El Universo | 150 |
| 13 | Boletín de Agricultura, Minería e Industrias | 148 |
| 14 | Boletín del Instituto y Laboratorio de Estudios Médicos y Biológicos | 102 |
| 15 | Boletín del Instituto de Geología | 90 |
| 16 | Ciencia | 83 |
| 17 | La Naturaleza | 79 |
| 18 | Boletín Platanero y Agrícola | 74 |
| 19 | Ingeniería | 72 |
| 20 | Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros | 71 |
| 21 | Anales Instituto de Biología de la UNAM | 68 |
| 22 | Secretaría de Fomento | 66 |
| 23 | Boletín de Minas y Petróleo | 65 |
| 24 | Parérgones | 65 |

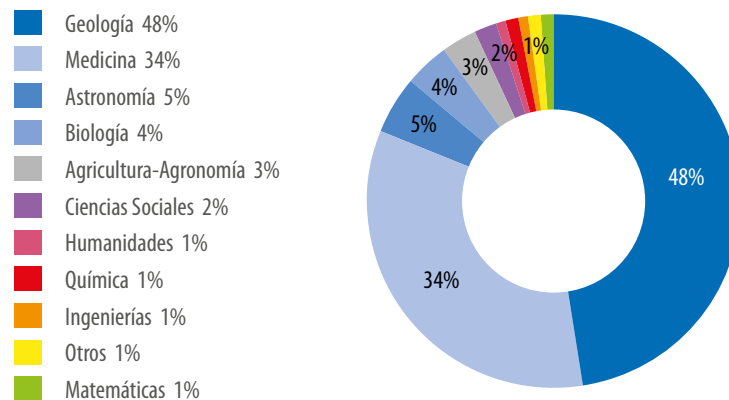


Tabla 3. (Continúa) Revistas locales utilizadas en la publicación de conocimientos en México, 1800-1950

| No. | Locales | Trabajos |
|-----|-----------------------------------------------------|----------|
| 25 | El Campo | 63 |
| 26 | Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural | 56 |
| 27 | Boletín de la Comisión de Parasitología Agrícola | 51 |
| 28 | Anales del Instituto de Geología | 50 |
| 29 | Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura | 50 |
| 30 | Anales Escuela Nacional Ciencias Biológicas | 50 |

También identificamos 16 trabajos publicados en 13 títulos de revistas editadas en distintos países de América Latina: 4 en Brasil (*Revista Brasileira de Biología, Memorias Instituto Oswaldo Cruz, Jornal Brasileiro de Psiquiatria*); 2 en Argentina (*Acta Physiologica Latinoamericana, Revista Técnica Ferroviaria La Plata*) y con una cada uno Puerto Rico, Guatemala, Cuba, y Chile.

Figura 2. Temas preferidos de la ciencia en México, 1800-1950.



De acuerdo con los datos de la figura 2, cerca de la mitad de los trabajos corresponden a temas de geología, que es el área temática más tradicional de la ciencia moderna en México y con la cobertura más completa en los repertorios de información del *Atlas de la Ciencia Mexicana*. Estuvo presente durante todo el periodo estudiado con nombres de sus distintas temáticas; orictognosia, minería, metalurgia, amalgamación, aleación de metales, vulcanología, petrografía, geología y petróleo.

Otra de las áreas más productivas es la medicina. La tercera parte de los conocimientos producidos abordan temas relacionados con aspectos de higiene, salud pública y del trabajo: principalmente enfermedades infecto-contagiosas (tuberculosis, fiebre amarilla, peste y tifo). Las primeras revistas especializadas en el área tuvieron continuidad en la segunda mitad del siglo XIX y la más tradicional *Gaceta Médica de México* se ha mantenido vigente en tres siglos distintos XIX, XX, y XXI. En este tema, falta incorporar la producción correspondiente a la segunda mitad del siglo XIX.



Otras disciplinas como la astronomía, la biología y la agricultura-agronomía, forman un grupo de disciplinas tradicionales con niveles más bajos de producción de conocimientos, suman una aportación cercana a 10%. La astronomía cubre, principalmente, las últimas décadas del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX, la agricultura y biología el periodo 1900-1950.

Las ciencias sociales, química, matemáticas, ingenierías, y las humanidades conforman un grupo de disciplinas con los porcentajes de producción más bajos.

Tabla 4. Clasificación de tipos de documentos generados en el quehacer científico de México, 1800-1950

| No. | Tipo documento | Trabajos | % |
|-----|-----------------------------|----------|-------|
| 1 | Artículos | 11729 | 53.96 |
| 2 | Notas | 7011 | 32.25 |
| 3 | Cartas | 546 | 2.51 |
| 4 | Informes | 426 | 1.96 |
| 5 | Estudios | 396 | 1.82 |
| 6 | Reportes | 361 | 1.66 |
| 7 | Apuntes | 181 | 0.83 |
| 8 | Resúmenes de congresos | 125 | 0.58 |
| 9 | Reseñas de libros | 104 | 0.48 |
| 10 | Noticias | 91 | 0.42 |
| 11 | Análisis | 86 | 0.4 |
| 12 | Descripción | 84 | 0.39 |
| 13 | Ensayos | 77 | 0.35 |
| 14 | Memorias | 75 | 0.35 |
| 15 | Expediciones, exploraciones | 62 | 0.29 |
| 16 | Consideraciones | 56 | 0.26 |
| 17 | Discursos | 46 | 0.21 |
| 18 | Manuales | 45 | 0.21 |
| 19 | Observaciones | 42 | 0.19 |
| 20 | Catálogos | 41 | 0.19 |
| 21 | Bibliografías | 34 | 0.16 |
| 22 | Biografías | 26 | 0.12 |
| 23 | Estadísticas | 18 | 0.08 |
| 24 | Editoriales | 14 | 0.06 |
| 25 | Revisiones de literatura | 8 | 0.04 |
| 26 | Otros | 54 | 0.25 |

La tabla 4 presenta los distintos tipos de trabajos publicados en el periodo estudiado. Encontramos diferencias importantes entre los tipos de trabajos publicados en las revistas externas y las locales. Las primeras publican artículos, notas, resúmenes de congresos, cartas y revisiones de literatura, principalmente. Las segundas incluyen una gran variedad de más de 20 tipos de documentos. Destacan los artículos y otros tipos de trabajos como los estudios, reportes,



informes, observaciones y análisis, que generalmente están relacionados con resultados de investigación. Otros tipos como son los apuntes, noticias, memorias, descripciones, consideraciones, descripciones, están relacionados con una gran variedad de aspectos relacionados con el quehacer científico. Los tipos de trabajo restantes cumplen con funciones específicas en la comunicación científica como es el caso de las reseñas de libros, editoriales, las expediciones, biografías y bibliografías entre otras.

Comentarios finales

Los resultados presentados en este trabajo tienen distintas aplicaciones. En términos de normalización bibliográfica se construyeron los catálogos básicos de nombres de autores, títulos, revistas y temas que sirven de autoridad bibliográfica para la incorporación de nuevos registros de información, así como para el desarrollo de inventarios históricos. Para el proyecto del *Atlas de la Ciencia Mexicana*, los indicadores histórico bibliométricos del periodo 1800-1950, llenan un vacío de información histórica en la medida que complementan los indicadores contemporáneos ya conocidos de la segunda mitad del siglo XX y del XXI. Estos son recursos de información estratégica que sirven de apoyo a la tarea de repensar y replantear las políticas científicas. En el ámbito de la investigación cuantitativa, los repertorios de datos acumulados sirven de información base, como recursos empíricos de apoyo para estudiar los largos procesos de construcción de prácticas científicas modernas y la formación de comunidades de investigación, mediante el análisis de sus productos de investigación. Para alimentar líneas de investigación sobre la emergencia de las estructuras, funciones y el estilo, del texto científico moderno, así como la formación de patrones de comunicación científica en las distintas comunidades académicas y de investigación.

Esta primera cuantificación de la literatura científica publicada en el periodo 1800-1950, nos permite establecer una primera caracterización. Las primeras revistas locales de interés en temas científicos surgieron en las décadas intermedias del siglo XIX. La literatura de interés científico, realizada en las primeras décadas de dicho siglo, generada en el Real Seminario de Minería, se encuentra difundida, principalmente, en revistas extranjeras y en imprentas locales. Durante el periodo 1800-1870, la mayoría de los trabajos con contenidos sobre México estaban escritos por autores, idioma y en revistas extranjeras. Esta situación cambió en las últimas décadas del siglo XIX con la aparición de las primeras revistas científicas, sociedades de profesionales e instituciones de investigación locales. Durante este periodo los autores locales publicaron en revistas locales y los extranjeros en revistas externas y locales.

Agradecimientos

CONACYT – Red Temática Complejidad Ciencia y Sociedad



Bibliografía

1. Allen, P. (1947) The Royal Society and Latin America as Reflected in the Philosophical Transactions, 665-1730. *ISIS*, 37: 132-138.
2. ACM. *Atlas de la Ciencia Mexicana* (2012) Disponible en Línea: <http://atlasdelacienciamexicana.org>
3. Bargallo, M. (1965) La obra científica de Andrés Manuel Del Río y su significado en la historia de México y de América. *Ciencia México*, 23(5): 193-&.
4. Camino-Carrasco, M. La imagen de los no europeos en las Philosophical Transactions (1750-18000). Disponible En Línea: <https://www.academia.edu/4860791/laimagendelosnoeuropeosenlasPhilosophicalTransactions1750-1800> (Consulta, Enero 20, 2014)
5. Caswell, LR. (2000). Erythronium and oryctognosy: The life and works of Andres Manuel Del Río. *Abstracts Papers American Chemical Society*, 219: U710-U710, Part: 1 Meeting Abstract: 36-HIST.
6. Collazo-Reyes, F; Luna-Morales, ME; Russell, JM; Pérez-Angón, MA. (2011). Emergence and convergence of scientific communication in a developing country: Mexico 1900-1979. En: "Proceedings of the International Society for Scientometrics and Informetrics", (Durban, South Africa, Jul 4-8 (2011), 916-917.
7. Collazo-Reyes, F; Luna-Morales, ME; Vélez Cuartas, G. (2010). Surgimiento de las prácticas científicas de colaboración en la ciencia mexicana con cobertura en los índices internacionales. *REDES*, 19: 1-16; 2010.
8. González Tapia, FB y Muñoz García, ML. (2013). Estudio histórico-bibliométrico de la literatura científica generada en astronomía en México, durante el siglo XX. México: SEP, ENBA, 2013. Tesis de Licenciatura.
9. Izquierdo, JJ. (1958). *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería, 1792-1811*, México, Ediciones Ciencia, pp. 203-204
10. Luna Morales, ME y Collazo Reyes, F. (2014). "Patrones de publicación y comunicación científica en el área de geología en México: siglo XIX y primera mitad del XX". En "Taller sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología en Latinoamérica", pp. 89-99. México; Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
11. Luna-Morales, ME; Collazo-Reyes, F; Russell, JM; Pérez Angón, MA. (2009). Early Patterns of Scientific Production by Mexican Researchers in Mainstream Journals: 1900-1950, *J Am Soc Inf Sci Technol*, 60(7): 1337-1348.
12. Medina-Silva, E y Mondragón-Colín, CA. (2014). Las estructuras de la literatura científica de geología en México durante 1850-1950. México. México: SEP, ENBA, 2014. Tesis de Licenciatura en Biblioteconomía.
13. Ríos-Mendoza, A y Ronquillo-Osorio, M. (2014). Uso de indicadores bibliométricos como criterios de periodización de la literatura científica en agrociencias generada en México. México: SEP, ENBA, 2014. Tesis de Licenciatura en Biblioteconomía.
14. Salas, JAU. (2006). Creators of modern science in Spain and America. Ulloa, los Delhuyar and Del Río discover platinum, wolfram and vanadium. *Revista de Indias*, 65(236): 268-270.
15. Uribe-Salas, JA; Cortes-Zavala, Ma. T. (2006). Andres Del Río, Antonio Del Castillo and Jose G. Aguilera in the development of Mexican science in the 19th century. *Revista de Indias*, 66(237): 491-517
16. Zappen, JP. (1991). Scientific Rhetoric in the Nineteenth and Early Twentieth Centuries. Herbert Spender, Thomas H. Huxley and John Dewey. In "Textual Dynamics of the Professions. Historical and Contemporary Studies of Writing in Professional Communities". pp. 145-167. Madison, Wisconsin; University of Wisconsin Press, 1991. 390 p.





Patrones de publicación y comunicación científica en el área de geología en México: siglo XIX y primera mitad del XX

Ma. Elena Luna Morales
Francisco Collazo Reyes

Resumen

Analizamos la producción científica en el campo de las ciencias geológicas publicada en fuentes internacionales durante el siglo XIX y primera parte del XX. Asumimos que esta disciplina tiene ejemplos de publicaciones que dan cuenta de la formación temprana de las estructuras del sistema de comunicación científico moderno en México. Para ello tomamos como herramientas base: el *Atlas de la Ciencia Mexicana* (ACM), Web of Science (WoS) y revistas del área de geología y multidisciplinarias con archivos históricos. Mediante un estudio histórico-bibliométrico analizamos la formación de las estructuras de comunicación que acompañan a estas prácticas de publicación. En este caso nos apoyamos en una matriz de análisis constituida por 10 componentes distintos que nos permitieron identificar cuatro principales patrones de comunicación científica: 1) orientado a la enseñanza; 2) experimentales; 3) industrial-corporativo, y 4) institucional-gubernamental. Encontramos que la geología como disciplina tiene un proceso de formación largo pero con poca continuidad entre las formas de publicación y las prácticas de investigación; así como diferencias importantes en los patrones de producción y comunicación científica.

Introducción

Compartir el conocimiento científico y abrir los resultados de la investigación es una característica del sistema social de la ciencia y de la ética que gobierna a la misma (Garvey y Griffith, 1972). En el esquema que comprende el modelo de comunicación científica, la publicación del artículo científico es el elemento que concluye dicho ciclo. Por este medio el autor expresa y da a conocer los resultados de su investigación y contribuye a la generación de nuevo conocimiento (Luna y Russell, 2009).



El modelo de comunicación científica que acompaña el surgimiento de las prácticas científicas modernas, tiene sus orígenes en la segunda mitad del siglo XVII. Utiliza como principal referente histórico la aparición de las primeras revistas científicas que abren espacios para atestiguar conocimientos y para difundir la actividad científica. Durante el siglo XVIII se incrementó el número de revistas y periódicos (Mendoza y Paravic, 2006), y en los últimos años de este mismo siglo empieza a cobrar forma el sistema de revisión de pares. Con el tiempo éste se consolida como uno de los componentes fundamentales que conforman el sistema de comunicación científica actual (Ladrón de Guevara-Cervera, *et al.* 2008).

Por otro lado, los distintos modos de conocer y realizar prácticas científicas en cada disciplina (Pinckstone, 2007, 2011) ha dado lugar a una diversificación de estilos en el género científico, los que a su vez se reflejan en las diferentes estructuras de contenidos y funciones comunicativas de los textos (Bazerman, 1988, Bazerman, y Paradis, 1991). De esta manera, el género científico adopta un estilo argumentativo que regulariza la comunicación científica, con base en una estructura canónica de contenidos conocida como el IMRD: introducción, materiales, resultados y discusión (Swales, 1990; Pontille, 2003; Sollaci, Pereira, 2004; Ayers, 2008), adoptada en la mayoría de las disciplinas, sobre todo, a partir de la segunda mitad del siglo XX.

Las disciplinas que conforman el campo de la geología cuentan con una memoria histórica documental muy importante de sus actividades en el país, sobre todo a finales del siglo XVIII y durante el XIX. Los testimonios documentales se incrementaron con el inicio de las primeras revistas de corte científico en México y en el mundo. Los recursos escritos permiten caracterizar el proceso de conformación de su estilo argumentativo y los cambios en las prácticas de publicación y los patrones de comunicación científica.

Los historiadores de la geología definen el periodo de 1780-1840 como de conformación del campo geológico en el ámbito mundial. En esta etapa tienen lugar distintos eventos: i) la conformación de las primeras sociedades geológicas en el mundo como Geological Society of London; ii) la adopción de la teoría de Lydell, y iii) se establecen programas de enseñanza para el desarrollo de la disciplina (Azuela, LF, 2009). En este periodo los estudios geológicos se limitan únicamente a registrar las discusiones teóricas de la propia disciplina, así como a integrar los datos de los viajes de exploradores.

Los cimientos de la geología en México están soportados en cinco eventos ocurridos entre finales del siglo XVIII, durante el siglo XIX y principios del XX (González-Torres, 2004; Morán-Zenteno y Lomniz-Aronsfrau, 1999): 1) La apertura del Real Seminario de Minería en 1792; 2) la fundación del Instituto Geológico de México en 1888, que es continuación de la Comisión Geológica de México; 3) la participación de científicos profesionales en la exploración de hidrocarburos en 1889; 4) el inicio de la publicación del Boletín del Instituto Geológico de México en 1895, y 5) la creación de la Sociedad Geológica de México en 1904, y la celebración del X Congreso Geológico Internacional realizado en la Ciudad de México en 1906.

Estos sucesos marcan los antecedentes de la profesionalización e institucionalización de las ciencias geológicas en el país. Sin embargo, su evolución como disciplina independiente tuvo lugar en los últimos años del siglo XIX y primeros del XX; esta etapa se caracteriza por un periodo de transición, la geología pasa de un comportamiento práctico-profesional a la legitimación de su estudio científico (Azuela, 2005). En este periodo se establecen distintas instituciones de carácter científico, así como la adquisición de herramientas para instalar el primer



observatorio astronómico en México y la Comisión Geográfica Exploradora del Territorio Mexicano (González-Torres, 2004).

De acuerdo con el contexto anterior, en este trabajo se busca “*periodizar el proceso de evolución del campo de la geología en México durante los siglos XIX y primera parte del XX, a través del análisis de los trabajos publicados principalmente en revistas internacionales, con el fin de identificar los cambios en los patrones de producción y comunicación científica*”. Asumimos que la “*literatura científica del campo de la geología, publicada en el periodo mencionado, registra ejemplos tempranos de publicaciones que dan cuenta de la emergencia de novedades cualitativas del escrito científico, así como cambios en las estructuras de comunicación científica*”. Para ello nos apoyamos de una metodología que combina una investigación histórico-bibliográfica y el desarrollo de indicadores bibliográficos a partir del análisis de datos comunes, mismos que nos permitieron desarrollar una matriz de análisis para la identificación de los principales patrones de producción y comunicación científica durante los siglos XIX y XX.

Metodología

Fuentes de información:

Atlas de la Ciencia Mexicana (ACM) de 1900-1950, Web of Science (1900-1950), Recursos disponibles en línea e impresos: bibliotecas (UNAM y Cinvestav), Hemeroteca Nacional Digital de México y Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra-UNAM.

Búsqueda y recuperación de información

Este proceso se dividió en tres etapas: 1) se recuperó de la base de datos del ACM los trabajos referentes a geología publicados en fuentes internacionales en los años 1900-1950; 2) En Web of Science (WoS) se buscó por tema todo lo relacionado con *geology* limitando los años de búsqueda de 1900-1945. En consecuencia obtuvimos 831 trabajos que se depuraron para las áreas siguientes: *Geosciences Multidisciplinary, Geology, Metallurgy, Metallurgical Engineering, Engineering Civil, Mechanics, Energy Fuels, Engineering Petroleum, Engineering, multidisciplinary and Mineralogy*, esta limitación redujo el resultado a 361 documentos; 3) se identificaron en revistas del área de geología los trabajos publicados en años anteriores a 1950. Se buscó en revistas en formato electrónico por medio de los catálogos digitales de la UNAM y del Cinvestav.

Entre las revistas examinadas están las siguientes: *Journal of Geology, American Journal Science, Quarterly Mining Review, The North American Review, Scientific American* y *Nature*. En las tres etapas se trató de asegurar que los trabajos incluyeran la dirección del autor y que éstas pertenecieran a instituciones de México. Nos ayudaron en este caso las revistas digitalizadas en Estados Unidos, España y México (Hemeroteca Nacional Digital de México).

Por otro lado, al tomar en cuenta que la base de datos WoS no incluye todas las direcciones de los autores en el periodo de búsqueda 1900-1950, los registros bibliográficos se buscaron en Internet y se recuperó el documento en texto completo o el resumen. Se identificó la dirección de adscripción de los autores y se determinó la inclusión o exclusión en la lista de trabajos en el área. Los escritos no localizados en línea los recuperamos directamente del acervo impreso que integra la Biblioteca Conjunta de Ciencias de la Tierra de la UNAM.



El análisis de los documentos publicados nos permitió identificar cuatro patrones de producción y comunicación científica: i) orientado a enseñanza, ii) experimentales, iii) industrial-corporativo y iv) institucional-gubernamental. Finalmente, se identificó que entre 1850 y 1900 esta disciplina no registró trabajos en fuentes internacionales, por lo anterior consideramos importante cubrir estos años con la producción local-local, es decir, dirigida a investigar problemas locales publicados en fuentes locales.

Normalización de la información

Con ayuda de técnicas de desagregación y frecuencia de palabras logramos construir una matriz de análisis basada en los siguientes puntos: 1) periodo de publicación, 2) Autores, 3) tipo de documento, 4) idioma de publicación, 5) fuentes de publicación, 6) temas de investigación, 7) adscripción institucional, 8) geografía de la publicación, 9) datos auxiliares y 10) aportaciones. De esta manera fue posible determinar y caracterizar los patrones de publicación científica: enseñanza, experimental, industrial-corporativo e institucional-gubernamental.

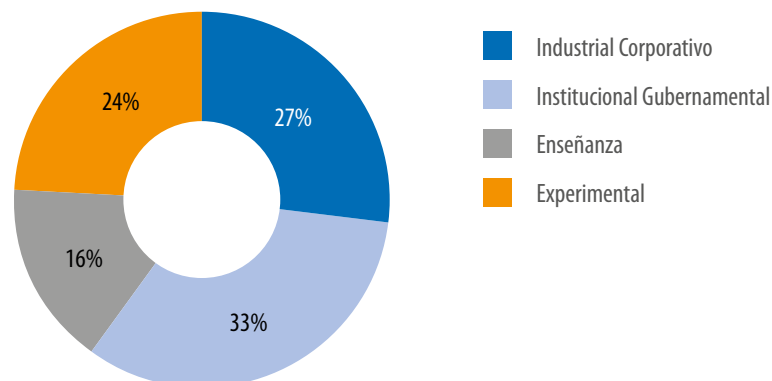
Resultados

En total se recuperaron 95 trabajos publicados en fuentes internacionales en los años 1795-1944. Estos se dieron a conocer en 31 fuentes distintas y dos imprentas locales. Sobresalen por el número de trabajos publicados: *Transactions of the American Institute of Mining Engineers y Transactions, American Geophysical Union*, ambas contribuyen con 17% del total de los trabajos publicados. Las publicaciones están escritas en cuatro idiomas: alemán, español, francés e inglés. Destacan temas como: fósiles, orictognosia, pancromo, eritronio, volcanes, vetas, geodesia, ingenierías, México, mineralogía y metalurgia.

La figura 1 muestra la distribución de trabajos publicados de acuerdo con los patrones de producción y comunicación científica identificados. Como puede observarse, los patrones institucional-gubernamental e industrial-corporativo tienen un mayor número de publicaciones.

La tabla 1 presenta la evolución de las publicaciones en geología a partir de la clasificación de las mismas en cinco principales patrones de producción y comunicación científica, de acuerdo con los periodos de publicación que cada uno de los patrones presenta. El patrón de publicación experimental se dividió en dos temas específicos, por un lado el descubrimiento del eritronio, y por otro, el análisis de metales.

Figura 1. Patrones de producción y comunicación científica en geología: siglos XIX y XX.





Como podemos ver, el patrón de comunicación con propósitos de enseñanza cubre un periodo de 44 años (1795-1849), está asociado a una práctica de publicación de esfuerzos individuales y un modo de conocer basado en los conocimientos y experiencia del autor. El estilo del autor se caracteriza por escritos de tipo descriptivo apoyado en las características físicas de los minerales. Se trata de un patrón de comunicación doble con trabajos publicados en fuentes locales e internacionales y trabajos escritos en español. Este patrón está integrado por una amplia variedad documental constituida principalmente por discursos, descripciones y manuales.

El autor aplica una práctica referencial soportada en un promedio de tres citas por trabajo publicado. La institución a la que pertenece el autor es el Real Seminario de Minería ubicado en la Ciudad de México, lo que indica que se trata de una geografía de publicación de tipo centralizada. La principal contribución de este patrón de producción es la generación de material orientado a apoyar los primeros cursos de mineralogía en México, impartidos por Andrés Manuel del Río, es por ello que destacan temas como: fósiles, minerales, orictognosia, minas, vetas y volcanes.

El patrón de producción experimental referente al eritronio-vanadio, cubre los años 1804-1831. Está caracterizado por: a) un estilo de argumentación basado en la relación de hechos experimentales; b) textos breves; c) cartas en defensa de la paternidad del descubrimiento del eritronio; d) cartas orientadas a defender su análisis experimental y la validez de los resultados. Es el patrón de publicación que mayor número de idiomas utiliza en dos modalidades de publicación: cartas al editor y notas dadas a conocer en un variado número de revistas. Los temas de investigación que cubre se relacionan particularmente con: pancromo, plomo pardo, Zimapán, cromo y cristalización. Es uno de los patrones de publicación que integra el mayor promedio de citas por trabajo (seis). No incluye datos auxiliares y su principal aportación es el descubrimiento del eritronio.

Respecto al patrón experimental relacionado con el análisis de metales cubre de 1823 a 1841 y es similar al anterior; sin embargo, registra diferencias importantes. Este patrón se da a conocer basado en la relación de hechos del trabajo experimental. Se trata de un estilo que se apoya en la comprobación de hechos que permiten la replicación de la investigación. Los escritos se dan a conocer en tres idiomas distintos, y las fuentes de publicación es la más amplia comparada con cualquiera de los otros patrones y periodos analizados, además es el periodo donde se publicaron los primeros artículos científicos. El promedio de citas por trabajo publicado es de dos. Los temas de investigación se orientan particularmente a la mineralogía y metalurgia, cristalización y métodos de separación de metales. Lo anterior explica por qué las principales aportaciones de este patrón de producción tiene que ver con el descubrimiento de nuevas sustancias entre otras: yoduro de mercurio, sulfuro de plata y carbonato de telurio.

El patrón de producción local-local corresponde al periodo 1850-1900. No se identificaron trabajos publicados para el campo de la geología en fuentes internacionales, es por ello que el periodo se cubre con trabajos dados a conocer en fuentes locales. Este patrón lo podemos calificar como sigue: de autoría principalmente única, aunque ya se muestra la presencia de escritos en coautoría. Crece considerablemente el número de autores, gran parte de ellos egresados del Real Seminario de Minería; ligados a instituciones sobre todo gubernamentales y sociedades científicas ubicadas en distintas entidades federativas del país, donde se dedicaron particularmente a la enseñanza de la disciplina. Este periodo también registra un alto número de revistas, además del reporte de investigación que en patrones anteriores no se había hecho



presente. Cubren particularmente temas de investigación como: mineralogía, metalurgia, fósiles, petróleo-ingeniería y estadística, entre otros. Las principales aportaciones están dirigidas a la institucionalización de la disciplina.

El patrón de comunicación industrial-corporativo es resultado de una práctica de investigación de esfuerzos individuales con escasa participación en coautoría. Está orientado a cubrir aspectos locales con objetivos de investigación utilitarios e inmediatos que benefician a las empresas industriales, sobre todo, con la replicación y la inventiva de nuevas metodologías que contribuyan a la explotación de los metales y el trabajo en las minas (Azuela, 2005). Los temas están relacionados principalmente con minas, mineralogía, metalurgia, petróleo, separación de metales y aprovechamiento de métodos, los que trascienden durante los diversos periodos analizados, lo que quiere decir, que hay conexión entre los mismos. Este patrón está fuertemente influenciado por profesionales extranjeros adscritos a las diversas compañías mineras y petroleras instaladas en distintas entidades federativas del país. Por lo anterior tiene una estructura geográfica de publicación diversificada, de hecho es uno de los pocos momentos de descentralización de la actividad científica en México. Es el patrón de producción más completo con respecto a prácticas referenciales. La publicación de los trabajos es básicamente en revistas donde se observa cierta diversidad de títulos, es por ello que predominan los artículos, así como los reportes de investigación y los libros escritos en inglés.

El patrón de producción institucional-gubernamental tiene una cobertura de publicación de 54 años (1895-1949) el más largo de los periodos analizados. La investigación en este caso es individual con escasa colaboración científica, donde sobresalen 10 profesionales, la mayoría de ellos ingenieros mexicanos, entre otros, Manuel Medina que se distingue como el autor más productivo con aportaciones de 24% del global correspondiente a este patrón de producción. Pedro Sánchez también logró una aportación importante 12%, y Ezequiel Ordoñez con 9%. Los trabajos se dan a conocer en tres diferentes tipos de documento: artículos, reportes y libros, con mayor predominio de los primeros. Los trabajos están escritos en inglés en diversas revistas entre las que se distinguen por el número de trabajos publicados: *Transactions, American Geophysical Union* (53%) de la producción global del periodo, *Transactions of the American Institute of Mining Engineers* y *Nature* ambas con 4% del total de las publicaciones. Los temas de investigación que sobresalen son: fósiles, minas, minerales, geodesia, volcanes, terremotos e hidrología.

Este patrón al igual que el industrial-corporativo y el local-local están orientados a realizar investigación utilitaria que beneficie principalmente a las instituciones de adscripción de los autores. La estructura institucional de este patrón de comunicación es diversa, no obstante todas las instituciones están ubicadas en la Ciudad de México, por tanto nos referimos a un esquema de publicación centralizado. Entre sus principales aportaciones destacan: el desarrollo de la carta geológica y minera de la República Mexicana, así como la instalación y funcionamiento en el país de los primeros observatorios astronómicos: Chapultepec, Tacubaya, Oaxaca y Sinaloa.



Tabla 1. Principales patrones de producción y comunicación científica en el campo de la geología en México: siglos XIX y XX

| INDICADORES DE ANÁLISIS | PATRONES DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ENSEÑANZA | EXPERIMENTAL | LOCAL-LOCAL* | INDUSTRIAL CORPORATIVO | INSTITUCIONAL GUBERNAMENTAL | |
| PERIODO PUBLICACIÓN | ERITRONIO/VANADIO | ANÁLISIS METALES | | | | |
| | 1795-1849 | 1804-1831 | 1823-1841 | 1850-1900 | 1902-1939 | |
| AUTORES | <ul style="list-style-type: none"> - Del Río, AM | <ul style="list-style-type: none"> - Del Río, AM | <ul style="list-style-type: none"> - Del Río, AM | <ul style="list-style-type: none"> - Ramírez, Santiago - Ordoñez, Ezequiel - Del Castillo, Antonio - Bárcena, Mariano - Gómez del Campo, JM - De Landero, Carlos - Laguerenne, Teodoro L - Moreno, Antonio - Velázquez de León, M. - Aguilera, José G - López-Monroy, Pedro - García-Cubas, Antonio - Fernández, Vicente - Fleury, Juan - García, Trinidad - Tinoco, Manuel | <ul style="list-style-type: none"> - Allen, HP - Binsacca, WA - Bose, E - Boss, MP - Chism, RE - Crawford, WE - Dominguez, N - Edelen, AW - Hoeck, FP - Lawr, CW - Mechin, RJ - Mishler, RT - Napier, J - Rice, CT - Rothwell, RP - Schmitt, H - Shaw, SF - Wade, WR | <ul style="list-style-type: none"> - 1895-1949 - Aguilera, JE - Braschi, V - García-Quintero, A - King, RE - Medina, M - Ornoñez, E - Romero, M - Ruiz, E - Salazar, L - Salas, GP - Sánchez, PC - Sandoval, RO - Sandoval-Vallarta, M |
| TIPO DE DOCUMENTO | <ul style="list-style-type: none"> - Cartas (6%) - Discursos (20%) - Discusiones (13%) - Descripciones (27%) - Manuales (13%) - Observaciones (15%) - Notas (6%) | <ul style="list-style-type: none"> - Cartas (50%) - Notas (50%) | <ul style="list-style-type: none"> - Artículos (77%) - Cartas (13%) - Notas (10%) | <ul style="list-style-type: none"> - Artículos (28%) - Reportes (22%) - Libros (20%) | <ul style="list-style-type: none"> - Artículos (67%) - Reportes (29%) - Libros (4%) | |
| IDIOMA PUBLICACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Español (100%) | <ul style="list-style-type: none"> - Alemán (10%) - Español (40%) - Francés (20%) - Inglés (30%) | <ul style="list-style-type: none"> - Alemán (13%) - Francés (40%) - Inglés (47%) | <ul style="list-style-type: none"> - Español (100%) | <ul style="list-style-type: none"> - Inglés (100%) | |



| INDICADORES DE ANÁLISIS | EXPERIMENTAL | | LOCAL-LOCAL* | INDUSTRIAL CORPORATIVO | INSTITUCIONAL GUBERNAMENTAL |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ERITRONIO/VANADIO | ANÁLISIS METALES | | | |
| FUENTES DE PUBLICACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Anales Ciencias Naturales - Anales Historia Natural - Anuario Colegio Nacional de Minería - Gazeta de Mexico - Seminario Político y Literario de Mejico | <ul style="list-style-type: none"> - Anales Ciencias Naturales - Annales de Mines - Annales de Physik - Gazeta de Mexico - Journal de Physique, De Chimie et D' Histoire Naturelle. - Mercurio de España - Imprenta Zúñiga y Ontiveros - The Monthly American Journal of Geology and Natural Science | <ul style="list-style-type: none"> - American Journal Science - American Philosophical Society - Annales de Chimie - Annales de Mines - Journal fur Chimie Physik - London & Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science - Nieves Jahabuch fur Mineralogie, Geologie und Palaontologie - Philosophical Magazine and Annals of Philosophy - Transaction of the American Philosophical Society. New Series - Transactions of the Geological Society of Pennsylvania | <ul style="list-style-type: none"> - American Journal Science - Engineering and Mining Journal - Quarterly Journal of the Chemical Society London - Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers - Transactions American Institute of Mining Engineers - Transactions American Metallurgical Petroleum Engineers | <ul style="list-style-type: none"> - American Journal Science - International Geological Congress - North Am Rev - Transactions American Geophysical Union - Transactions of the American Institute of Mining Engineers - AAPG Bulletin-American Association of Petroleum Geologists - Nature |
| TEMAS DE INVESTIGACIÓN | <ul style="list-style-type: none"> - Fósiles - Mineralogía - Orictognosia - Vetas - Volcanes | <ul style="list-style-type: none"> - Mineralogía - Pancromo - Eritronio - Plomo pardo - Zimapán - Cromo | <ul style="list-style-type: none"> - Fósiles - Mineralogía - Metalurgia - Petróleo-Ingeniería - Estadística - Geodesia - Hidrología | <ul style="list-style-type: none"> - Fósiles - Mineralogía - Metalurgia - Minas-Ingeniería | <ul style="list-style-type: none"> - Fósiles - Geodesia - Geología - Minas-Ingeniería - Terremotos - Ingenierías - Metalurgia - Volcanes - Hidrología |
| ESTRUCTURA INSTITUCIONAL | <ul style="list-style-type: none"> - Real Seminario de Minería | <ul style="list-style-type: none"> - Real Seminario de Minería | <ul style="list-style-type: none"> - Ministerio de Fomento - Instituto Nacional de Geografía y Estadística - Sociedad Geografía y Estadística | <ul style="list-style-type: none"> - Compañía Richmon Petróleo de México, SA - El Bordo, Company - Guanajuato Consolidated Mining & Milling Co. | <ul style="list-style-type: none"> - Comisión Nacional de Irrigación - Depto. Fomento México - Depto. Geografía de la Administración Geográfica |



| | | | | | | |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ESTRUCTURA INSTITUCIONAL</p> | <p>- Real Seminario de Minería</p> | <p>- Real Seminario de Minería</p> | <p>- Real Seminario de Minería</p> | <p>- Ministerio de Fomento - Instituto Nacional de Geografía y Estadística - Sociedad de Geografía y Estadística - Instituto Geológico México - Sociedad de Ing. Jalisco - Sociedad. Guanajuatense de Ingenieros - Colegio Nacional Minería - Comisión Científica de Pachuca - Comisión Exploradora BC</p> | <p>- Compañía Richmon Petróleo de México, SA - El Bordo, Company - Guanajuato Consolidated Mining & Milling Co. - Moctezuma Copper, Co. - Santa Barbara Minign Co. - The Fresnillo Company - Tigre Mining Co. - Constancia Mining Co.</p> | <p>- Comisión Nacional de Irrigación - Depto. Fomento México - Depto. Geografía de la Administración Geográfica - Dirección de Estudios Geográficos Climatológicos - Instituto Geológico México - Instituto Pan-Americano de Geografía e Historia - Ministerio Mexicano - Observatorio Astronómico de Tacubaya</p> |
| <p>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA INVESTIGACIÓN</p> | <p>- Ciudad de México</p> | <p>- Ciudad de México</p> | <p>- Ciudad de México</p> | <p>- Ciudad de México - Estado de México - Baja California - Guanajuato - Hidalgo - Jalisco - Oaxaca - Guerrero - Nuevo León - Tamaulipas - Veracruz</p> | <p>- Chihuahua - Guanajuato - Hidalgo - Sonora - Veracruz - Zacatecas</p> | <p>- Ciudad de México</p> |
| <p>DATOS AUXILIARES</p> | | | | | <p>- Dibujos (3%) - Figuras (33%) - Fotos (8%) - Gráficas (2%) - Mapas (13%) - Planos (13%) - Tablas (30%)</p> | <p>- Dibujos (4%) - Figuras (11%) - Gráficas (8%) - Mapas (38%) - Tablas (38%)</p> |
| <p>APORTACIONES PRINCIPALES</p> | <p>- Publicación de material para apoyar cursos orictognosia y geognosia.</p> | <p>- Descubrimiento del (Eritronio/Vanadio)</p> | <p>Descubrimiento sustancias: - Yoduro de mercurio. - Sulfuro de plata nativo. - Carbonato de telurio. - Biselenuro de zinc.</p> | <p>- Enseñanza de disciplina - Desarrollo cartografías - Clasificación metales - Exploraciones</p> | <p>- Desarrollo y aplicación de métodos de explotación y beneficio de las minas.</p> | <p>- Carta geológica y minera de la República Mexicana. - Instalación y operación de observatorios: Tacubaya, Oaxaca y Sinaloa</p> |

Medina-Silva, E. y Mondragón-Colin, C.A. (2014). Las estructuras de la literatura científica de geología en México: 1850-1950. Tesis licenciatura, ENBA.



Discusión y conclusiones

Más allá de la escasez de trabajos identificados en el largo periodo analizado (1800-1950), así como la falta de continuidad en la producción por largos periodos, los resultados muestran que la literatura en revistas internacionales, además de la publicada localmente, son igualmente importantes para entender el proceso de evolución de los modos de producción y la formación de las estructuras de comunicación científica moderna en las ciencias geológicas en México. En este sentido, este estudio debe complementarse con un análisis de los patrones de comunicación de la literatura publicada localmente para contar con elementos más contundentes que den a conocer un esquema más completo de la evaluación de las ciencias geológicas en México.

De acuerdo con los distintos patrones de comunicación científica identificados, las disciplinas científicas cambian la estructura de contenido de los trabajos, se diversifican las funciones de comunicación de los textos y los estilos de argumentación. En este sentido, la evolución de los patrones está sujeto a las circunstancias cambiantes de los cánones internacionales del género científico y de las condiciones del contexto local.

Los patrones de producción y comunicación científica uno y dos se desarrollaron en contextos ligados a objetivos de enseñanza. En esta actividad coincidieron cuatro aspectos: la creación del Real Seminario de Minería; la impronta de la formación especializada de Andrés Manuel del Río; los textos de apoyo a la enseñanza y la riqueza de los recursos minerales existentes en México. Las diferencias entre los modos uno (enseñanza) y el dos (experimental) está en las formas de argumentación. El estilo retórico y descriptivo con contenidos extensos, basado principalmente en los conocimientos y la experiencia del autor del patrón uno; contrastan con el estilo de argumentaciones breves basadas en relaciones de hechos y análisis experimentales del patrón dos, escritos en distintos idiomas y publicados en revistas internacionales. El resto de los patrones se corresponden con las necesidades de investigación que presentaban por un lado el Estado y por otro la industria establecida en el país. En ambos casos se generaron resultados de investigación utilitaria.

Por otro lado, los patrones de comunicación de la geología surgen en un doble sistema de comunicación científica: local e internacional. Es por ello que esta disciplina es una de las primeras en trascender la publicación científica local, mediante la publicación particularmente de cartas y notas enviadas a los principales editores de revistas. Por otro lado, la falta de publicaciones internacionales en algunos periodos no implica la ausencia de producción local. Los profesionales egresados del Real Seminario de Minería contratados por diversas dependencias del Estado, así como la conformación de sociedades científicas en diversas entidades del país se encargaron de mantener una alta producción local.

Debe reconocerse que las diversas adversidades que obstaculizaron el crecimiento de la geología en México de alguna manera también sirvieron para fortalecerse aunque con ello remarca su carácter utilitario y práctico hasta 1929, momento en que se crea el Instituto de Geología como parte de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esta incorporación marca para la disciplina sus inicios en el desarrollo de la ciencia académica logrando mayor libertad para elegir los temas de investigación. Este suceso no había ocurrido antes a pesar de que la geología logró dos modos de institucionalización en distintos momentos: 1) con la creación del Real Seminario de Minas en 1792 y 2) con la incorporación del Instituto Geológico de México a finales del siglo XIX y principios del XX.



Agradecimientos

Apoyado con fondos del CONACYT-RED CCS

Bibliografía

1. Ayers, G. (2008). The evolutionary nature of genre: An investigation of the short texts accompanying research articles in the scientific journal *Nature*. *English for Specific Purposes*, 27: 22-41.
2. Azuela, L.F. (2009). La geología en México en el siglo XIX: Entre las aplicaciones prácticas y la investigación básica. *Revista Geológica de América Central*, 42: 99-110.
3. Azuela, L.F. (2005). La edad heroica de la geología en México. En: *De las minas al laboratorio: la demarcación de la geología en la Escuela Nacional de Ingenieros*. UNAM, Instituto de Geología: UNAM, Facultad de Ingeniería. pp. 11-43.
4. Bazerman, Ch. (1988). Reporting the Experiment: The Changing Account of Scientific Doings in the *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 1665-1800. In: *Shaping writing Knowledge*, pp. 59-79.
5. Bazerman, Ch. and Paradis, J. (1991). *Textual Dynamics of the Professions. Historical and Contemporary Studies of Writing in Professional Communities*. Wisconsin; University of Wisconsin Press, 390 p.
6. Garvey, W.D. and Griffith, B.C. (1972). Communication and information processing with in scientific disciplines: Empirical findings for psychology. *Information Storage and Retrieval*, 8.
7. González-Torres, E. (2004). Bosquejo sobre la evolución de la Geología en México (1904-2004). *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo LVII (2): 123-136.
8. Ladrón de Guevara-Cervera, M., Hincapié, J., Jackman, J., Herrera, O., Caballero-Urbe, C.V. (2008). Revisión por pares: ¿Qué es y para qué sirve? *Salud Uninorte*, 24 (2): 258-272.
9. Luna-Morales, M.E. y Russell, J. (2009). El Uso de nuevas tecnologías de información y comunicación científica en el área de partículas elementales: el caso de la física mexicana. México: UNAM, CUIB, 141 p.
10. Mendoza, S. y Paravic, T. (2006). Origen, clasificación y desafíos de las revistas científicas. *Investigación y Postgrado*, 21 (1): 1-15.
11. Morán-Zenteno, D.J. y Lomniz-Aronsfrau, C. (1999). *Las ciencias de la tierra: una nueva versión de nuestro planeta*. México: UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Coordinación de Humanidades, 39 p.
12. Pinckstone, J. V. (2007). *Ways of knowing: A new history of science, technology and medicine* (Manchester, 2000, and Chicago 2001), and "Working knowledge before and after circa 1800: Practices and disciplines in the history of science, technology and medicine". *ISIS*, xcvi: 489-516.
13. Pinckstone, J. V. (2011). A Brief Introduction to Ways of Knowing and Ways of Working. *History of Science*, xlix: 235-245.
14. Sollaci, L.B. and Pereira, M.G. (2004). The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: a fifty-year survey. *JMLA*, 92 (3): 364-371.
15. Swales, J.M. (1990). *Genre Analysis: English in Academic and Research Settings*. Cambridge: Cambridge University Press, 260 p.





3

INDICADORES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y POLÍTICAS PÚBLICAS





Fuentes de información oficiales: investigar el dominio de la lengua inglesa, internacionalización de las grandes áreas y asimetrías de género en la producción científica de investigadores brasileños

Jacqueline Leta

El proceso de institucionalización de la actividad científica en Brasil inició hace poco más de un siglo y tuvo como contexto la creación, en 1900, del Instituto de Seroterapia de Manguinhos (después, Instituto Oswaldo Cruz), considerado como la primera institución brasileña de investigación con reconocimiento internacional (Stephan, 1976).

Para algunos estudiosos, parte del “atraso” en este proceso está relacionado con la poca tradición científica de Portugal. Independientemente de los motivos, el hecho es que hasta el inicio del siglo XX, la poca ciencia que existía estaba en manos de los pocos institutos de investigación; la primera universidad del país, la de Brasil (hoy Universidad Federal de Río de Janeiro), que se fundó en 1920, no fue de ningún provecho para la actividad científica del país.

A partir de la década de los años cincuenta –con la fundación de las primeras agencias de fomento para la ciencia del país, el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq, 1951) y la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior (CAPES, 1951– fue que la actividad comenzó a tener nuevas perspectivas. En la década siguiente, los programas de posgrado fueron reestructurados y el Ministerio de Educación oficialmente creó cursos de maestría y doctorado en todo el país.

En las décadas de 1970 y 1980 se observó la ampliación de la cobertura regional y temática de los programas de posgrado y, en consecuencia, un aumento en el número de científicos en Brasil. Este proceso obtuvo aún mayor fuerza con la expansión que hubo, en la década de 1990, del Programa de Iniciación de la Ciencia que nació con el objetivo de “despertar los nuevos talentos para la ciencia”, a partir de la concesión de becas de estudio para alumnos de licenciatura (Brasil/CNPq 2014).



Ya en el nuevo milenio, con la economía estabilizada, otras dos acciones del Gobierno también merecen destacarse: a) la creación de un nuevo modelo de financiamiento de la ciencia brasileña, los Fondos Sectoriales (Brasil/MCTI, 2014a), los cuales garantizan la manutención y la continuidad de las inversiones en el sector y, de manera reciente, b) la del Programa Ciencia sin Fronteras que busca la “expansión e internacionalización de la ciencia y la tecnología, de la innovación y de la competitividad brasileña por medio del intercambio de la movilidad internacional” (Brasil/Gobierno, 2014).

Las políticas e iniciativas descritas favorecieron la consolidación y el fortalecimiento y del todavía joven Sistema de Ciencia y Tecnología (CyT) brasileño. Datos estadísticos recientes (Brasil/MCTI, 2014b) acerca del sector indican que, en 2010, existían 83,170 investigadores con doctorado; 64,588 alumnos de doctorado; 27,523 grupos de investigación; 2,840 programas de posgrado y 452 institutos de investigación y universidades en todo el país.

El esfuerzo para la formación y cualificación de recursos humanos para la ciencia se expresa, entre otros resultados, en el crecimiento vertiginoso de la producción científica brasileña a partir de 2000, especialmente aquella publicada en periódicos catalogados en bases de datos internacionales. En reciente publicación, Regalado (2010) indica que el número de publicaciones de autores brasileños en esta base de datos pasó de 6 mil 38, en 1997, a 32,100, en 2007. Dicho aumento fue acompañado por un aumento en la fracción que representan las publicaciones brasileñas en esta base de datos: de 0.8% a 2.7% en el mismo periodo.

Otro aspecto que también aparece, como consecuencia de este escenario, es la compilación y organización de datos referentes a la investigación y a los investigadores brasileños. Este proceso ocurrió en diferentes niveles y estructuras de organización y también por diferentes agentes/instituciones del sector de CyT en Brasil.

En este trabajo, se presentan datos oficiales de la ciencia brasileña bajo el cuidado y la responsabilidad de dos agencias de fomento de la ciencia en el país, CNPq y CAPES: Plataforma Lattes del CNPq (Sistema Nacional de Investigadores) (Brasil/CNPq, 2014b) y Cuaderno de Indicadores de CAPES (Brasil/CAPES, 2014). Cabe mencionar que el objetivo de este ensayo no es presentar detalles operacionales de estas bases de información, pero sí mostrar el potencial de la información contenida en ellas para entender los diferentes aspectos de la dinámica de la comunicación científica y quizá para auxiliar en la gestión del sector.

Para esto, a continuación se presentan tres estudios, coordinados por mí, los cuales se inclinan sobre cuestiones que impactan directamente a la ciencia brasileña: a) la relación entre el dominio de la lengua inglesa y la productividad; b) la internacionalización de las áreas, y c) la participación de hombres y mujeres en la actividad científica. Para los tres estudios se utilizaron datos extraídos de las bases citadas las cuales –a pesar del enorme volumen de datos– todavía son poco utilizadas como fuentes primarias en estudios métricos y sociales de la ciencia.

Plataforma Lattes: ¿cuál es la relación entre el dominio de la lengua inglesa y la producción científica?

Hasta hace poco tiempo, la ciencia y los científicos usaban muchas lenguas para comunicarse. Sin embargo, esto cambió en el siglo XX cuando el inglés llegó a ser la *lingua franca* de la

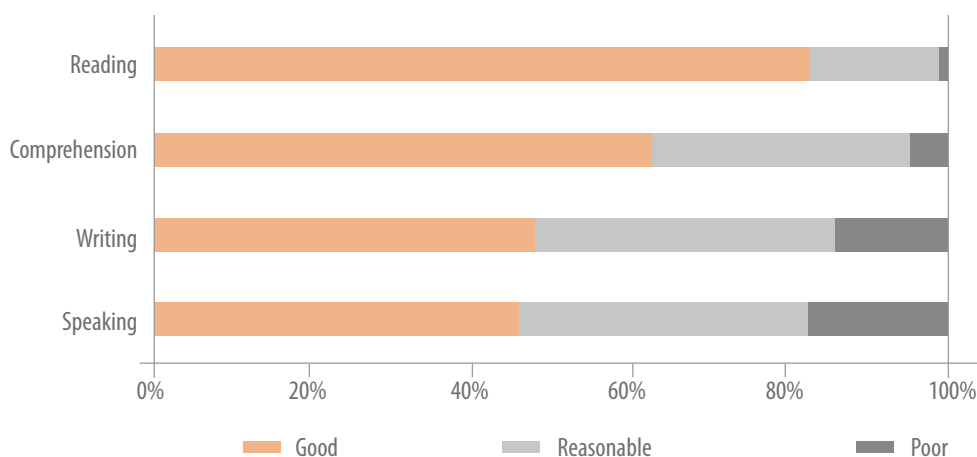


ciencia. Fueron diversos los factores que favorecieron esto, entre ellos, la enorme migración de investigadores británicos, quienes al regresar a Inglaterra mantenían correspondencia en inglés con sus pares en países en los que esa lengua no era la oficial; la presión de las academias y sociedades científicas de países periféricos por tener una lengua que los unificara en la ciencia y razones históricas de dominio del Imperio Británico y de Estados Unidos como una de las potencias mundiales en los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial (Crystal, 2003; Meadows, 1974).

Sean cual sean los motivos, hay consenso en que el científico del siglo XX necesitó publicar en revistas internacionales, especialmente en los de idioma inglés, para tener el reconocimiento y prestigio de sus pares. Sin embargo, este es un escenario desfavorable para los científicos de países cuya lengua madre no es el inglés. A partir de esta investigación, en 2004, junto con la entonces doctorante Sonia Maria Vasconcelos y con la doctora Martha Sorenson, iniciamos un proyecto que partía de la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál es el papel de la lengua inglesa en el desempeño académico de los investigadores brasileños? Nuestra hipótesis inicial del estudio era que a mayor competencia lingüística, especialmente la escrita, mejor el desempeño de los científicos.

Para buscar evidencia empírica acerca de esta relación, recurrimos a la base de datos Lattes del CNPq. En 2005, por medio de una solicitud formal a la agencia, fue posible obtener información académica de dominio y de producción del idioma (de 1997 a 2004) acerca de 51,223 investigadores brasileños, todos con un doctorado. Es importante mencionar que la base Lattes es abierta y que toda la información en ella contenida es autodeclaratoria, es decir, la información es declarada por los investigadores sin que haya una conferencia de la agencia CNPq. A pesar del volumen de información sobre el dominio de diferentes lenguas extranjeras, nos interesaban, en aquel momento, solamente los datos referentes al dominio de la lengua inglesa. La gráfica 1 muestra la distribución de los investigadores brasileños en cuatro habilidades: comprensión de lectura (*Reading*), comprensión auditiva (*Comprehension*), producción escrita (*Writing*) y producción oral (*Speaking*), según el nivel en el que se desempeñan: bueno (*good*), razonable (*reasonable*) y malo (*poor*).

Gráfica 1: Distribución de investigadores brasileños de acuerdo con sus habilidades en lengua inglesa.



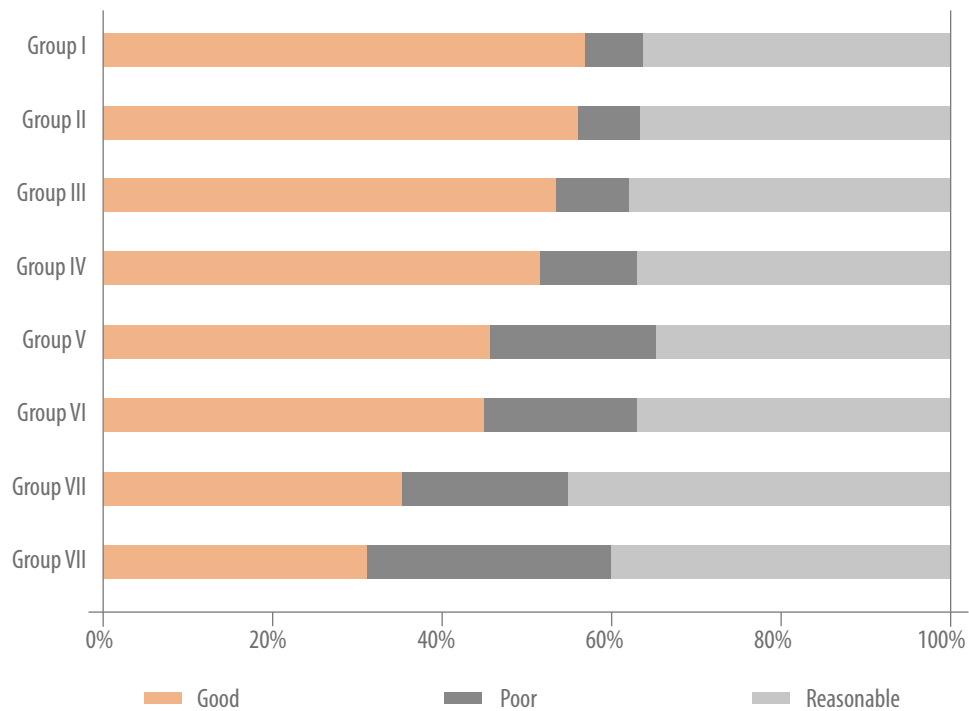
Fuente: Vasconcelos, Sorenson, Leta, 2007.



La gráfica indica que la comprensión de lectura y la comprensión auditiva son las habilidades en las que los investigadores brasileños mejor se desempeñan. Para las de producción escrita y producción oral, menos de 50% declaró tener un buen desempeño. Este primer análisis nos llevó a diversos cuestionamientos, como: ¿será que los investigadores de áreas diferentes presentan perfiles diferentes en la habilidad de producción escrita? ¿Será que aquellos con el mejor dominio de la lengua son también los de mayor productividad?

Sobre la primera pregunta, como muestra la gráfica 2, observamos que de hecho había diferencia en los perfiles; más investigadores de áreas más experimentales o tecnológicas ($\cong 55\%$) tienden a presentar un buen dominio en la producción escrita en lengua inglesa que los investigadores de las demás áreas, especialmente de las artes y humanidades ($\cong 30\%$).

Gráfica 2. Distribución de investigadores brasileños en la habilidad producción escrita en la lengua inglesa, según la mayor área. Física y Química y Ciencias de la Tierra (Group I), Ingeniería (Group II), Biología (Group III), Ciencias de la Salud (Group IV), Ciencias Agrarias (Group V), Ciencias Sociales (Group VI), Lenguas & Artes (Group VII) y Humanidades (Group VIII).



Fuente: Vasconcelos, Sorenson, Leta, 2009.

La tabla 1 da respuestas para la segunda pregunta. Es posible observar que, a medida en que los investigadores se muestran más productivos, aumenta la fracción de quienes declaran tener un buen dominio en la producción escrita en inglés. Por otro lado, la mayor fracción de investigadores que declaran tener un dominio malo de la producción escrita en inglés se encuentra en investigadores con menor productividad.



Tabla 1: Distribución de los investigadores brasileños según el total de publicaciones y nivel de dominio en la producción escrita en inglés

| Número de publicaciones | Todos los investigadores (a) | Autores con "buenas habilidades de escritura" (b) | Autores con "malas habilidades de escritura" (c) | Autores con "buenas habilidades de escritura" (b/a) | Autores con "malas habilidades de escritura" (c/a) |
|-------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 0 | 31,157 | 10,191 | 5,620 | 32.71% | 18.04% |
| 1-2 | 9,725 | 5,197 | 757 | 53.44% | 7.78% |
| 3-5 | 5,091 | 3,293 | 201 | 64.68% | 3.95% |
| 6-10 | 3,068 | 2,288 | 64 | 74.58% | 2.09% |
| 11-15 | 1,115 | 889 | 16 | 79.73% | 1.43% |
| 16-20 | 489 | 402 | 7 | 82.21% | 1.43% |
| 21-30 | 375 | 320 | 1 | 85.33% | 0.27% |
| 31-50 | 154 | 132 | 3 | 85.71% | 1.95% |
| >50 | 49 | 45 | 0 | 91.84% | 0.00% |
| Total | 51,223 | 22,757 | 6,669 | 44.43% | 13.02% |

Fuente: Vasconcelos, Sorenson, Leta, 2009.

Plataforma Lattes: ¿Cuál es el nivel de internacionalización de la ciencia brasileña?

En las últimas dos décadas, fueron muchas las iniciativas del Gobierno que permitieron la consolidación de la ciencia en el país, que tiene la Universidad pública o su *locus* principal. De hecho, cerca de 90% de los investigadores con doctorado están en las universidades (Leta, 2011) y más de 80% de las publicaciones brasileñas registradas en la base de datos de la Thomson/Web of Science se originaron en estas instituciones (Leta, 2006). Así, al hablar acerca de la ciencia brasileña, en la actualidad, reportamos ciencia desarrollada por docentes-investigadores de las universidades, que son evaluados, cada tres años, por la CAPES, agencia de fomento del Ministerio de Educación. Dicha evaluación prioriza el desempeño académico-científico de estos docentes y la publicación en revistas internacionales tiene un peso significativo en este proceso.

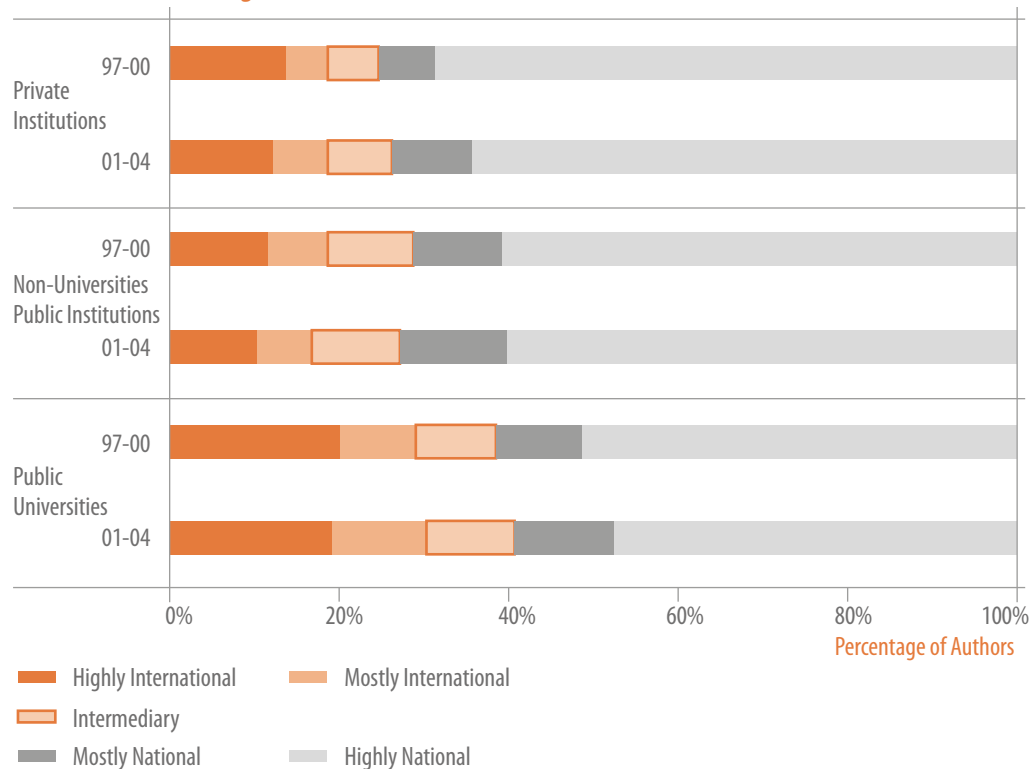
Hoy, se vive en las universidades brasileñas el fervor al máximo del *publish or perish* (publicar o morir). Lo que se observa es un elevado aumento en el número de publicaciones internacionales en las últimas décadas (Regalado, 2010). Pero, de hecho, ¿cuál es el peso de las publicaciones internacionales para el conjunto de la producción científica brasileña? Se partió de esta pregunta, en 2009, junto con la estudiante de doctorado Paula Leite y con Rogéri Mugnaini, elaboramos, en el contexto de los estudios métricos, un nuevo indicador: International Publication Ratio (IPR) o Índice Internacional de Publicaciones.

El estudio utilizó como fuente primaria información de la base de datos Lattes, proporcionada directamente por la agencia y que contenía registros de 51,223 investigadores, todos con doctorado. Los datos de publicación considerados en este estudio se refieren a artículos comple-



tos publicados en revistas técnico-científicas y en revistas especializados de circulación nacional (artículos en portugués) o de circulación internacional (artículos en otros idiomas). A partir de esta información, elaboramos el IPR con cinco niveles de “internacionalización” que considera la relación entre las publicaciones internacionales y el total de las de un investigador. Los cinco niveles son: i) Internacional (*highly international*): investigadores con 80.1%-100% de sus publicaciones en revistas internacionales; ii) Predominantemente Internacional (*mostly international*): investigadores con 60.1%-80% de sus publicaciones en revistas internacionales; iii) Intermedio (*intermediary*): investigadores con 40.1%-60% de sus publicaciones en revistas internacionales; iv) Predominantemente nacional (*mostly national*): investigadores con 20.1%-40% de sus publicaciones en revistas internacionales, y v) Nacional (*highly national*): investigadores con 0%-20% de sus publicaciones en revistas internacionales.

Gráfica 3: Distribución de los investigadores brasileños en los grupos de IPR en tres de los diferentes sectores de vínculos de los investigadores.



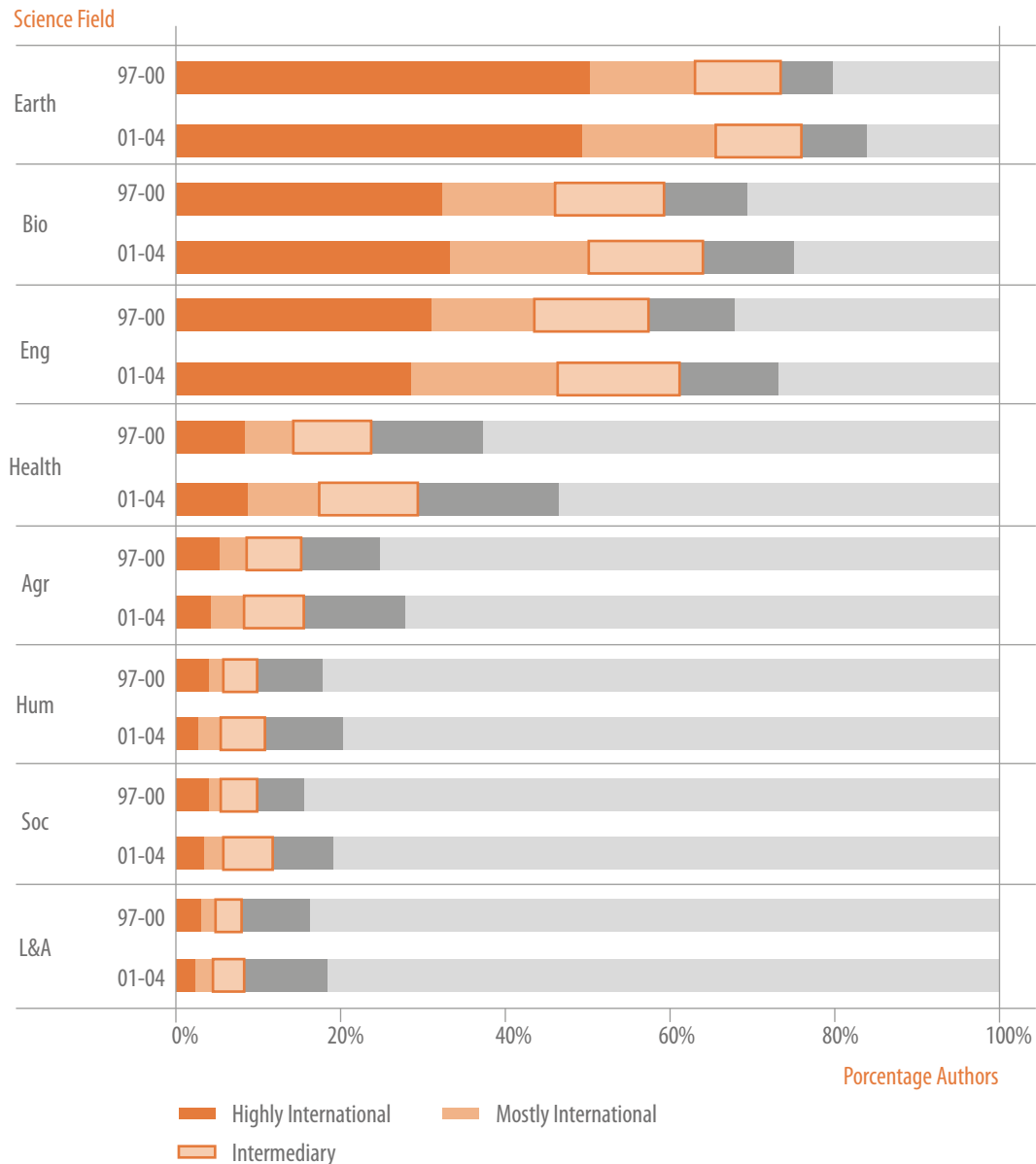
Fuente: Leite, P.; Mugnaini, R.; Leta, J. (2011).

La gráfica 3 muestra la distribución de los investigadores brasileños en los cinco niveles del índice de internacionalización (IPR) según el tipo de sector de la institución a la que están vinculados los investigadores. Es posible observar que, durante dos periodos analizados (1997-2000 y 2001-2004), la Universidad pública y el sector en el que hay mayor presencia de investigadores con un perfil internacional o un perfil predominantemente internacional: de cada cien investigadores, aproximadamente 30 tenían este perfil. En el sector privado, esta relación es de 20 de cada cien investigadores.



Otro aspecto que se investigó fue la internacionalización de las áreas. Hay mucha literatura que apunta hacia dinámicas diferentes entre las áreas en relación con la naturaleza y con el tipo de público para la que se produce. En cuanto a estas diferencias, Nederhof (2006) presenta una revisión acerca de diferencias en la comunicación formal de las ciencias experimentales (*hard sciences*) y de las ciencias sociales y humanidades (*soft sciences*).

Gráfica 4: Distribución de los investigadores brasileños en los grupos de IPR de las mayores áreas de conocimiento.



Fuente: Leite, P.; Mugnaini, R.; Leta, J. (2011).



La revisión se inclina hacia las siguientes cuestiones: orientación de la investigación (internacional *versus* nacional), tipología de la comunicación (artículos *versus* libros), tamaño del grupo de investigación (trabajo en equipo *versus* trabajo individual), principal público meta (pares *versus* sociedad). Dichas diferencias pueden, por lo tanto, explicar la distribución de los autores brasileños en las grandes áreas de conocimiento según el grado de internacionalización que se muestra en la gráfica 4.

Los datos estadísticos brasileños corroboran lo que dice la literatura internacional: investigadores de las áreas más experimentales y/o tecnológicas tienden a contar con una producción internacionalizada: de cada cien investigadores de la Ciencias de la Tierra y Exactas (*Earth*), casi 70 tienen 60% o más de la producción en revistas internacionales. En Lenguas y Artes (LyA), esta relación es menor a diez.

Cuadernos de Indicadores: ¿cuál es el papel del hombre y de la mujer en las actividades académico-científicas?

El tema “ciencia y género” ha sido investigado desde los años cincuenta y fue, en 2013, el tema que apareció en la portada de una de las revistas científicas más prestigiosas del mundo: *Nature*. En Brasil, datos estadísticos del CNPq muestran que hay mil 15 investigadores con una o más publicaciones de este tema que pertenecen a algunas decenas de grupos de investigación y de entre los cuales destaca el grupo coordinador Género, Ciencia, Tecnología y Sociedad (<http://plsql1.cnpq.br/buscaoperacional/detalhegrupo.jsp?grupo=02026077JT0ALV>), el cual ha estudiado este tema a partir de diferentes fuentes primarias, entre ellas el Cuaderno de Indicadores de la CAPES.

No obstante, aunque la cifra de mujeres en las universidades e institutos de investigación brasileños haya crecido en las últimas décadas (lo que se reflejó en las diversas áreas y en los niveles académicos, al igual que en los posgrados) todavía quedan muchas cuestiones pendientes sobre la participación, contribución e inserción real de las mujeres en este escenario sobre el “mando” de los hombres. A partir de estos resultados, en 2009, iniciamos un proyecto de investigación que se enfoca en la mujer docente-investigadora, vinculada a un programa de posgrado. Nuestra expectativa era encontrar evidencias de que las mujeres asumirían más las atribuciones de la enseñanza, que son de menor prestigio en la academia. Por otro lado, los hombres se involucrarían en mayor medida en la actividad de investigación, así como también asumirían más tareas y posiciones de mayor prestigio y jerarquía en la estructura académica. Tal división de trabajo explicaría las diferencias salariales y el menor éxito en la carrera de las docentes investigadoras (Schienbinger, 2001).

Recurrimos a los informes de actividades, elaborados anualmente por los Programas de Posgrado (PPG) y enviados a los procesos de evaluación conducidos por la CAPES. En 2009, tres informes de cada uno de los 2,247 PPG fueron descargados del sitio Web de la CAPES y después convertidos en formato de banco de datos con información sobre el perfil y desempeño académico científico de 52,294 docentes investigadores, hombres y mujeres. La información que nos interesaba de los informes era, en especial, la participación de los docentes en las diferentes tareas académicas que juzgamos como las de mayor valor y prestigio (la orientación de estudiantes de doctorado, la participación en jurados de examen para obtener doctorado y la publicación de artículos) y aquellas de menor prestigio (impartir clases y orientar estudiantes de licenciatura).



La tabla 2 muestra un cuadro sintético del perfil de hombres y mujeres docentes investigadores de las PPG.

Tabla 2: Distribución de docentes investigadores, hombres y mujeres, de los programas de posgrado brasileños por mayor área, vínculo con el sector público y titulación de doctorado, 2009

| Característica | Hombres (%) | Mujeres (%) | Hombres (N) | Mujeres (N) |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Todos los programas | 59.4% | 40.6% | 31,033 | 21,182 |
| Por área principal | | | | |
| Ciencias agrarias | 67.1% | 32.9% | 1,317 | 645 |
| Ciencias sociales aplicadas | 65.4% | 34.6% | 3,806 | 2,017 |
| Ciencias biológicas | 54.8% | 45.2% | 3,484 | 2,872 |
| Ingeniería | 79.3% | 20.7% | 5,117 | 1,333 |
| Ciencias exactas | 76.3% | 23.7% | 4,947 | 1,540 |
| Ciencias de la salud | 48.6% | 51.4% | 4,763 | 5,037 |
| Ciencias humanas | 48.5% | 51.5% | 4,349 | 4,609 |
| Interdisciplinaria | 59.7% | 40.3% | 2,406 | 1,623 |
| Lenguaje, Letras | 35.9% | 64.1% | 844 | 1,506 |
| Instituciones públicas | 92.4% | 92.0% | 23,395 | 16,346 |
| Títulos de doctorado entre 2000-2009 | 41.6% | 44.6% | 12,899 | 9,434 |
| Títulos de doctorado en Brasil | 75.8% | 83.5% | 23,516 | 17,689 |

Fuente: Leta, Olinto, Batista, 2013.

Tal como se esperaba, hay menos mujeres en las áreas de menos experimentación y tecnológicas pero, al igual que los hombres están –en su mayoría– vinculadas a las universidades e institutos de investigación del sector público. Comparadas con los hombres, una mayor fracción de mujeres se tituló recientemente y obtuvo un doctorado en Brasil.

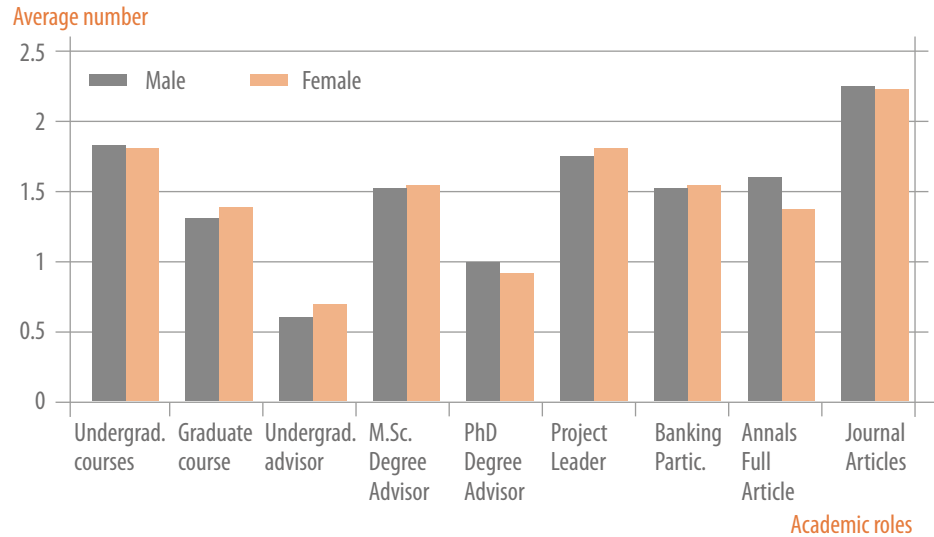
A partir de este cuadro descriptivo, analizamos cómo las diferentes tareas académicas son realizadas por los 52,294 hombres y mujeres docentes investigadores de los 2,247 PPG brasileños. Para esto, en la gráfica 5, fueron seleccionadas nueve tareas que están orientadas, de izquierda a derecha, en un espectro que va desde la actividad con menos prestigio, impartir clases para estudiantes de licenciatura (*undergrad. courses*), hasta la de mayor prestigio, publicar artículos en revistas (*journal articles*).

Al presentar este espectro de actividades de la academia, introdujimos en el estudio la noción de capital científico de Pierre Bourdieu (2003), donde la participación en actividades posicionadas a la extrema derecha de la gráfica destacarían más los docentes-investigadores, una vez que estas tareas estuvieran asociadas con el capital científico puro, aquel de mayor prestigio y reconocimiento en la ciencia.

Con todo y nuestras expectativas, los datos estadísticos indican que hombres y mujeres se involucran de manera semejante en las nueve tareas presentadas, a pesar del valor simbólico que ellas representan.



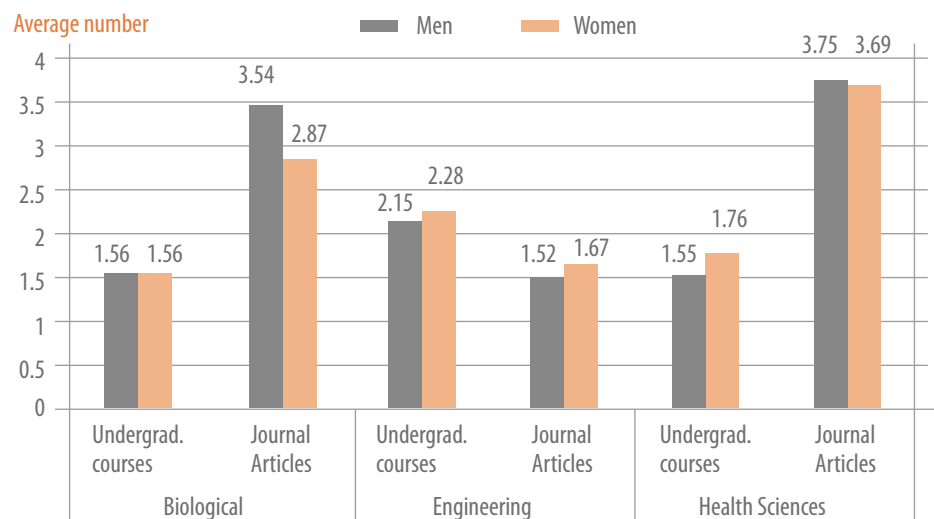
Gráfica 5: Promedio de participación en las diferentes tareas académicas por docente investigador, hombre o mujer, 2009.



Fuente: Leta, Olinto, Batista, 2013.

Cuando consideramos lo complejo que es analizar toda una población de investigadores, decidimos verificar si este mismo perfil aplica para un análisis de las áreas. La grafica 6 presenta, para tres grandes áreas, las tareas que representan los dos extremos de esta estructura de prestigio: la tarea de menor prestigio, impartir clases para estudiantes de licenciatura (*undergrad. courses*) y la de mayor prestigio, publicar artículos en periódicos (*journal articles*). En las ciencias biológicas (*biological*), es posible observar que hay un equilibrio entre la involucración de hombres y mujeres en la tarea de la enseñanza, pero claramente hay una diferencia en favor de los hombres en la tarea de publicar en periódicos.

Gráfica 6: Promedio de participación en la tarea de la enseñanza en licenciatura y en la tarea de publicar artículos por docente investigador, tanto hombres como mujeres, 2009.



Fuente: Leta, Olinto, Batista, 2013.



En las ingenierías (*engineering*), las docentes se involucran en las dos tareas más que sus colegas, lo que puede ser un mecanismo compensatorio para superar discriminaciones y competencias en un escenario en el que ellas son la minoría absoluta. Finalmente, en las ciencias de la salud, a pesar de que las diferencias no son significativas en términos estadísticos, observamos una tendencia de segregación de tareas, en la que las mujeres asumen más la tarea de menor prestigio, la enseñanza, mientras que los hombres asumen más la tarea de mayor prestigio, la investigación. Este cuadro va en busca de nuestras expectativas iniciales.

Observaciones finales

Para el Taller sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología en Latinoamérica, efectuado en octubre de 2013, fueron seleccionados tres estudios que abordan diferentes aspectos de la dinámica de producción científica brasileña coordinados por mí, y son: la relación entre el dominio de la lengua inglesa y la productividad, la internacionalización y el papel de las mujeres en las actividades académico-científicas.

El conjunto de datos estadísticos presentados en esta versión escrita se enfoca en estos mismos estudios, los cuales aquí deben entenderse como ejemplos del uso potencial de la información contenida en dos importantes fuentes de datos oficiales del Gobierno brasileño: Plataforma Lattes del CNPq y el Cuaderno de Indicadores de la CAPES.

La base Lattes, responsable del CNPq, unidad del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), tuvo sus orígenes en la década de los años ochenta, cuando la institución compilaba, por medio de un formulario padrón, información de los currículos de los investigadores brasileños. Al final de los años noventa, el Lattes fue lanzado oficialmente y llegó a ser el currículo oficial del MCT. Desde entonces, la base es la fuente principal de datos sobre la vida anterior y actual de los investigadores brasileños y es utilizada no solamente por el CNPq sino también por otras instituciones y agencias de fomento federales y estatales convirtiéndose, cada vez más, en una fuente indispensable de análisis del mérito y de la competencia de los temas presentados por los investigadores.

A pesar de que la información contenida en los currículos es responsabilidad de los investigadores, la base Lattes posee dos características que le confieren credibilidad: a) la utilización forzosa de los currículos a cada solicitud de financiamiento, lo que expone los currículos a la crítica de sus pares, y b) hacer disponibles al público los datos estadísticos en Internet, lo que hace que cualquier persona pueda tener acceso a la información proporcionada por los investigadores.

La segunda fuente de datos, el Cuaderno de Indicadores, al cuidado de la CAPES, unidad del Ministerio de Educación. Diferente de la base Lattes, aquél no se constituyó como una base de datos, en la que puedan realizarse consultas para extraer datos consolidados. El Cuaderno de Indicadores es tan sólo una versión en línea de los informes elaborados por los Programas de Posgrado y que anualmente están encaminados a la CAPES¹. Este es un

¹ La disponibilidad de la información de los docentes y de los Programas de posgrado está en sintonía con la Ley de acceso a la información (BRASIL/Casa Civil, 2011).



aspecto que merece atención: en cuanto a Lattes, la información es registrada directamente por el investigador, en el Cuaderno de Indicadores, y la irresponsabilidad del registro de la información es del Programa de Posgrado.

A pesar del acceso a un enorme volumen de información sobre posgrado que cubre el periodo de 1998 a 2012, la extracción de datos del Cuaderno de Indicadores es difícil pues los informes están en formato PDF (portable document format), lo que exige la conversión de este formato a otro que sea compatible con el lenguaje computacional de las bases de datos.

Las dos fuentes de datos, que catalogan un considerable volumen de información, fueron formadas para el uso en procesos de evaluación. Sin embargo, lo que se percibe es que tal uso está restringido al análisis con descripciones superficiales, sin que se establezcan relaciones o asociaciones que puedan contribuir para el entendimiento de los aspectos sociales y culturales de la actividad científica en el país.

Por otro lado, en estas bases hay un gran potencial de uso por parte de los especialistas de Bibliometría e Informetría; sin embargo, no les han dado mayor importancia. Es verdad que las limitaciones de los mecanismos de recuperación y extracción de la información llegan a ser obstáculos para tal, pero la posibilidad de análisis y correlación de un gran volumen de variables personales, académicas y de productividad, sumada a un acceso libre y gratuito, es un fuerte estímulo para el uso de estas fuentes.

Bibliografía

1. Bourdieu, P (s/f). Los usos sociales de la ciencia]. São Paulo: UNESP, (tradução Brasileira).
2. Brasil, CNPq (2014). Programas institucionales de iniciación científica y tecnológica. Disponible en: <http://www.cnpq.br/web/guest/piict>
3. Brasil, Gobierno (2014). Ciencia sin fronteras. Disponible en: <http://www.cienciasemfronteiras.gov.br/web/csf/o-programa>
4. Brasil, MCTI (2014a). Fondos sectoriales–FNDCT. http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/1385/Informacoes_Gerais.html
5. Brasil, MCTI (2014b). Indicadores nacionales de la ciencia, tecnología e innovación. Disponible en: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/740.html>
6. Brasil/CAPES (2014). Cuadernos de indicadores. Disponible en: <http://conteudoweb.capes.gov.br/conteudoweb/CadernoAvaliacaoServlet>
7. Brasil/Casa Civil. LEI 12.527/2011. Ley de acceso a la información, 18 de noviembre de 2011. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm
8. Brasil/CNPq (2014b). Plataforma Lattes. Disponible en: <http://lattes.cnpq.br/>
9. Crystal, D (2003). El inglés como lengua global. 2a Edición. Cambridge: Cambridge University Press.
10. Leta, J.; Olinto, G.; Batista, P. (2013). Género y papeles académicos en programas de posgrado: Análisis de Datos del Gobierno Brasileño. En: 14ª Conferencia de la Sociedad internacional para la Cienciometría e Informetría, 2013, Viena, Austria. Procedimientos de la 14ª Conferencia de ISSI. Viena. AIT Instituto Austriaco de Tecnología GmbH, v. 1 págs. 796-810.



11. Leite, P.; Mugnaini, R.; Leta, J (2011). Un nuevo indicador para la visibilidad internacional: exploración de la comunidad científica de Brasil. *Cienciometría* (Print) v. 88, p. 311-319.
12. Leta, J.; Glanzel W.; Thijs, B. (2006). Ciencia en Brasil. 2a Parte: Perfiles de sectores e investigación institucional. *Cienciometría*, v. 67, n.1, p. 87-105.
13. Leta, J. (2012). Crecimiento brasileño en la corriente prevaeciente en la ciencia: el papel de los recursos humanos y los revistas internacionales. *Periódico de información científico-métrica*, v. 1, p. 44-52.
14. Meadows, A. J (1974). *Comunicación en la ciencia*. Butterworths. London.
15. Nederhof, A.J (2006). Monitoreo bibliométrico del desempeño de la investigación en las ciencias sociales y humanidades: Un análisis. *Cienciometría*, Vol. 66 (1) 81-100.
16. Regalado, A. (2010). Ciencia brasileña: en un pozo surtidor de petróleo. *Science*, 330 (6009) 1306-1312.
17. Schienbinger, L. (2001) *¿El feminismo cambió la ciencia?* Bauru, EdUSC, 2001.
18. Schwartzman, S. Struggling to be born: the scientific community in Brazil [Luchando por nacer: la comunidad científica en Brasil]. *Minerva*, v. XVI, n. 4, p. 545-580, 1978.
19. Stepan, N. (1976). Origen y evolución de la ciencia brasileña. Rio de Janeiro: Artenova, 1976.
20. Vasconcelos, S.M.R.; Sorenson, M.M.; Leta, J. (2007). *Políticas para autores cuya primera lengua no es el inglés: oportuna y cálida* 40: 743-747.
21. Vasconcelos, S.M.R.; Sorenson, M. M.; Leta, J. (2009). ¿Un nuevo indicador de aporte para la evaluación de la investigación en la ciencia y la tecnología? *Cienciometría*, 80 (1) 217-230.





Midiendo el impacto de las políticas públicas a través de indicadores bibliométricos

Darío Gabriel Codner
Sandra Miguel

Resumen

El presente trabajo se propone discutir elementos relacionados con la medición del impacto de las políticas de ciencia y tecnología por medio de indicadores bibliométricos. A tales efectos se plantean tres ejemplos diferentes sobre su uso para analizar y evaluar políticas y programas de promoción de ciencia, tecnología e innovación en Argentina. En primer lugar se plantea la medición de los temas locales en la producción científica; en segunda instancia se presenta un ejercicio de evaluación del impacto de programas de financiamiento de la ciencia; por último, se analiza una problemática específica sobre la apropiación de los resultados de la investigación y la transferencia tecnológica. Se concluye que los indicadores bibliométricos son potentes instrumentos para la evaluación orientada a una asignación racional de recursos públicos, y como mecanismo para el aprendizaje de los efectos de la implementación de políticas de promoción de ciencia, tecnología e innovación.

Introducción

Las políticas en materia de ciencia, tecnología e innovación (CTI) recuperaron, desde mediados de la década de los años noventa, un lugar destacado en la agenda de los países de América Latina. Se introdujeron varios cambios en sistemas institucionales y en los organismos de regulación, planificación, así como la coordinación de las políticas. Al mismo tiempo, se incorporaron los nuevos instrumentos para la promoción de la investigación científica y la innovación tecnológica en el sector productivo.



Históricamente las políticas en materia de CTI implementadas en Argentina se basaron principalmente en un enfoque de “demanda”, con un protagonismo político y un desplazamiento horizontal relacionado con las políticas sectoriales que habían prevalecido en el estado de “productor” y el modelo de sustitución de importaciones. Por lo tanto, se redefinieron algunas instituciones responsables de la regulación y la gestión en el campo de la ciencia y la tecnología, creándose nuevas. Se generaron nuevos sistemas de financiamiento para I+D, se definieron áreas prioritarias de investigación y se fomentaron las actividades de vinculación entre las instituciones del sistema científico y tecnológico y el sector productivo. También se comenzaron a elaborar estadísticas e indicadores de CTI para evaluar el impacto de las políticas implementadas.

El presente trabajo se propone discutir elementos relativos a la medición del impacto de las políticas de ciencia y tecnología a través de indicadores bibliométricos. A modo de ejemplo se presentan tres situaciones de análisis referidas al caso argentino. Primero se plantea la medición de los temas locales en la producción científica; en segundo lugar se presenta un ejercicio de evaluación del impacto de programas de promoción de la ciencia; por último, se analiza una problemática específica sobre la apropiación de los resultados de la investigación y la transferencia tecnológica.

1. Medición de los temas locales en la producción científica

Las discusiones en torno al alcance universal y local de la ciencia son de larga data (Kreimer y Ugartemendía, 2007), como también las tensiones entre la planificación y la autonomía de la investigación (Unzué, 2012). La definición de la agenda científica y la determinación de las áreas temáticas de relevancia nacional son parte de las políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) en cualquier país. De este modo se promocionan y financian prioritariamente proyectos de investigación con determinados perfiles y orientaciones temáticas. En Argentina, los últimos planes nacionales de CTI muestran un claro interés en la producción de conocimientos orientados a la resolución de problemas sociales, productivos y medioambientales de carácter local.

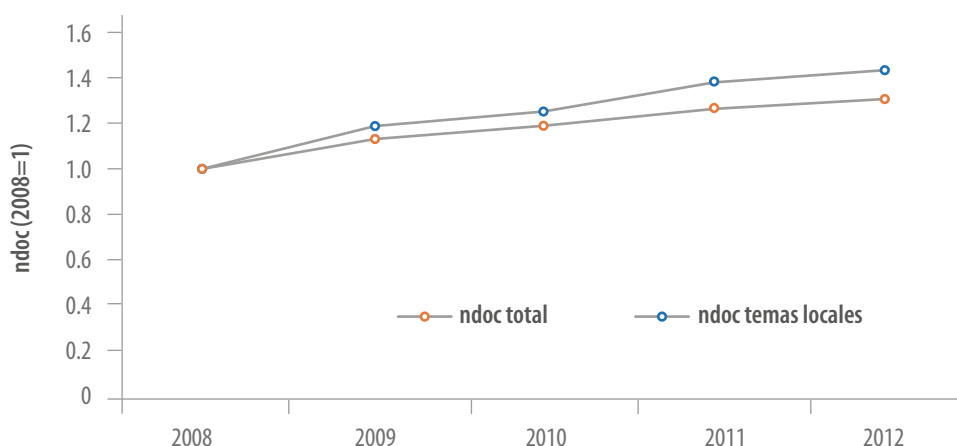
Cómo medir el impacto de esas políticas y obtener indicadores de resultados de la investigación orientada a temas locales es un asunto complejo. La mayoría de los estudios bibliométricos de la producción científica de países o instituciones da cuenta de los temas de investigación utilizando esquemas o clasificaciones en grandes áreas del conocimiento o disciplinas, pero no ahondan habitualmente en el carácter o alcance local de las investigaciones. La información requerida para estos fines no está habitualmente disponible en las fuentes de datos bibliográficas, y los sistemas de organización y clasificación de la información no son compatibles con las demandas de datos para el cálculo de tales indicadores (Vila Seoane, Arber y Bassotti, 2011).

Una aproximación metodológica desde la bibliometría planteada por Miguel, González e Hidalgo (2013) invita a determinar los temas locales a partir de la delimitación geográfica que los autores de las publicaciones realizan en el título, las palabras clave y el resumen de sus contribuciones científicas. Dado que esos datos constituyen los principales metadatos de contenido de los registros de las fuentes bibliográficas, éste sería un modo de avanzar en la identificación del segmento de la producción científica abocada a temas de alcance local.



Como se ilustra con la producción científica argentina del periodo 2008-2012 incluida en la base de datos SCOPUS, de Elsevier. Resultados preliminares arrojan que de un total de 50,894 documentos (ndoc) producidos por investigadores en cuyas publicaciones se mencionara a Argentina como parte de los datos de afiliación institucional, 12,759 incluyen en alguno de los metadatos mencionados el nombre del país (Argentina) o el nombre geográfico de alguna de las provincias en las que se divide políticamente el territorio argentino (figura 1).

Figura 1. Producción científica argentina en SCOPUS, 2008-2012



Desde una perspectiva global y para las áreas del conocimiento cerca de 25% de la producción científica argentina con visibilidad internacional está abocada a temas locales. Sin embargo, cuando se ahonda en el análisis de la producción desagregada por categorías temáticas y se compara la distribución entre el porcentaje de documentos de cualquier tema y el porcentaje abocado a temas locales, es posible apreciar importantes diferencias disciplinares.

Como puede verse en la figura 2, del abanico de áreas temáticas en las que aparece representada la producción científica argentina no necesariamente las que tienen mayor porcentaje de la producción total son las que alcanzan mayor peso en los temas locales. Las cinco categorías temáticas que en temas locales tienen mayor peso relativo que llega a alcanzar valores cercanos a 50% son las Ciencias de la Tierra, Ciencias Sociales, Economía, Ciencias del Ambiente y Ciencias Agrícolas y Biológicas.

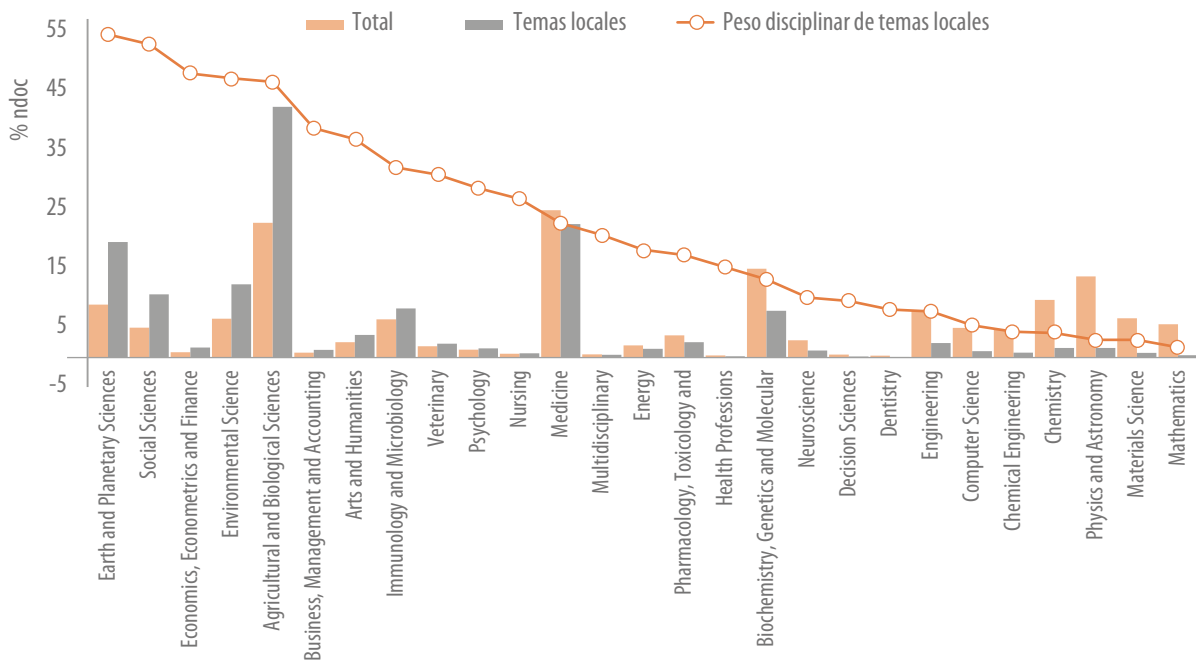
Avanzar en estos estudios podría ayudar a evaluar una de las dimensiones del impacto de las políticas públicas: la pertinencia de los temas investigados respecto de la agenda científica y tecnológica nacional, a la vez que determinar el grado de visibilidad de los estudios locales en el escenario internacional de la ciencia.

2. Evaluación de impacto de programas de promoción de la ciencia

La cantidad y calidad de ejercicios realizados para estimar el impacto de la aplicación de programas de promoción de la ciencia se ha incrementado. Este crecimiento se basó "en la preocupación por los procedimientos de evaluación utilizados en la asignación de fondos de investiga-



Figura 2. Documentos sobre temas locales vs total de documentos por categorías temáticas



ción por las agencias públicas de fomento de la I+D" (Sanz, 2004) y en la creciente demanda, por parte de la sociedad y del sistema político, por evaluar los efectos de las políticas y programas científicos y tecnológicos.

Los primeros ejercicios de evaluación de la actividad de investigación realizados con cierta rigurosidad metodológica se remontan a los años ochenta (Irving y Martin, 1981). Con el tiempo, otros estudios avanzaron en iluminar (Georghiou y Roessner, 2000) las influencias en el desarrollo de enfoques y metodologías de evaluación. Por un lado, la tradicional forma de evaluación de la ciencia por medio de pares y por otro la demanda de una evaluación que revele la eficiencia y eficacia en la asignación de recursos con mecanismos de competencia por proyectos, en cuanto a su mérito de calidad y de pertinencia.

Actualmente, la evaluación "...implica una nueva concepción más amplia e integradora que supera la tradicional identificación de la misma con la revisión por pares; ésta es sólo una de las posibles técnicas a ser utilizadas, siendo otras las encuestas, los modelos econométricos, los trabajos bibliométricos, etcétera (...) La evaluación de la investigación, de sus resultados, de sus actividades, de sus instituciones o de sus actores ha ganado relevancia, porque ofrece la posibilidad de contribuir a guiar y gestionar el sistema de I+D, dotándole de mayor coherencia y facilitándole el aprendizaje continuo..." (Sanz Menéndez op. cit.)

La evaluación puede ser vista no sólo como una herramienta de medición sino también como una contribución para mejorar los instrumentos y políticas científicas y tecnológicas, para que tengan mayor éxito. Ya no sólo es importante en la evaluación la calidad de las investigaciones y sus resultados cognitivos sino que también los impactos socioeconómicos, su utilidad, los instrumentos y políticas en ciencia y tecnología, y la gestión de los mismos.



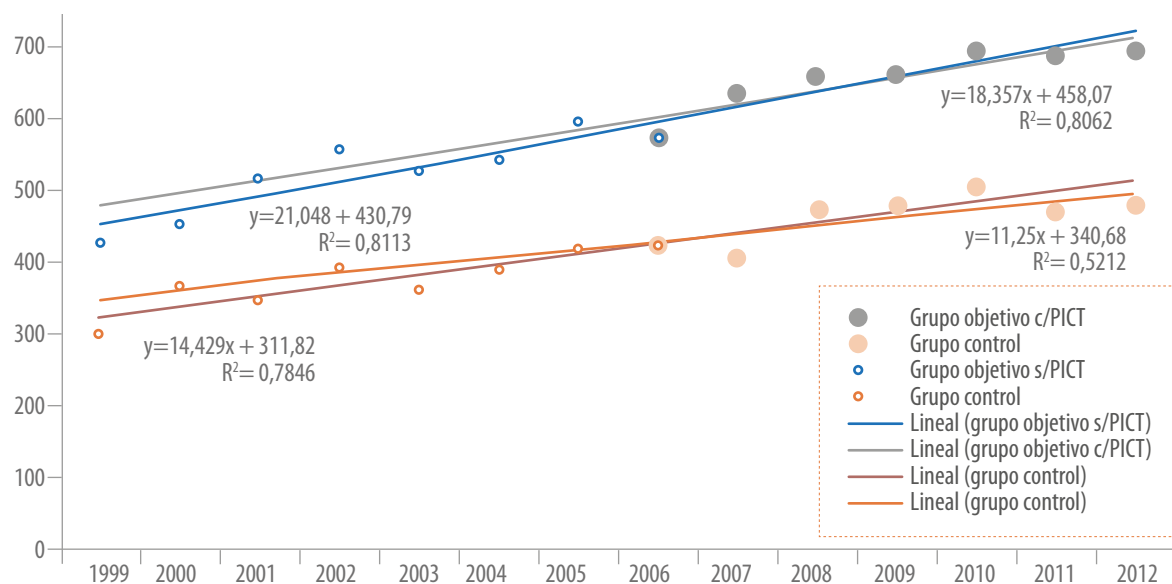
Ahora bien, durante las últimas décadas se han comenzado a implementar procesos de evaluación de impacto de las políticas para el desarrollo científico. Es por ello, que en la actualidad el análisis de la producción científica como base para evaluar las actividades de investigación está aún sumida en un debate profundo y riguroso. En Argentina, la evaluación de impacto en la implementación de instrumentos de promoción de la investigación científica tiene antecedentes (Codner, 2005, 2006, 2011).

En este trabajo, se ha decidido mostrar el uso de la llamada metodología de grupo de control para estudiar el aumento de la productividad de los investigadores con subsidios para promoción de la investigación científica y tecnológica (PICT)¹ comparando proyectos financiados vs no financiados.

La figura 3 muestra la producción anual de un grupo de investigadores que recibieron financiamiento (PICT) en 2006 respecto de un grupo de control que ese mismo año lo solicitó, su calidad fue suficiente para obtener los recursos, pero no les fueron asignados.

Al analizar las regresiones lineales que corresponden a la productividad se observa que la velocidad de crecimiento (Δm) antes y después del financiamiento aumentó en favor del grupo financiado. La diferencia en la tasa de producción anual de publicaciones entre el grupo financiado y el grupo de control (antes del financiamiento PICT) era 6.62 y luego del financiamiento es 7.11. Esto significa que posterior al financiamiento PICT la diferencia entre tasas de producción aumentó 7% en favor del grupo financiado respecto del grupo de control. Este resultado, es una evidencia del impacto del financiamiento PICT.

Figura 3. Regresión de la producción anual



¹ Los Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT) constituyen uno de los instrumentos de mayor demanda en el sistema científico nacional, y tienen por objeto la generación de nuevos conocimientos en todas las áreas CyT. Los resultados están destinados *a priori* al dominio público y no están sujetos a condiciones de confidencialidad comercial, permitiendo apoyar a instituciones públicas y privadas sin fines de lucro que realizan actividades de I+D.



Es decir, los estudios bibliométricos pueden dar cuenta de la evolución temporal de la productividad científica así aportar información de los efectos generados por el financiamiento destinado al desarrollo de capacidades científicas.

3. Apropiación de los resultados de la investigación y la transferencia tecnológica

Los estudios bibliométricos pueden ser aplicados para visibilizar externalidades negativas de las políticas de promoción de la ciencia. Así por ejemplo estudiando la apropiación de conocimientos localmente producidos que se hace visible mediante la referencia de las publicaciones en patentes extranjeras.

A modo de ejemplo se presenta el caso de artículos publicados por investigadores de la Universidad Nacional de Quilmes, Argentina, que fueron citados en 52 patentes solicitadas en USA y PCT entre 1999 y 2010. (Codner *et al.*, 2012)

Con el análisis de las patentes, se identificaron algunos parámetros clave para valorar el conocimiento científico en función de su uso en la patente.

El trabajo de investigación que aborda esta problemática y que se reseña a continuación tiene como principal objetivo la descripción del flujo de conocimientos científicos y tecnológicos originados en la Universidad Nacional de Quilmes hacia organizaciones académicas o industriales que patentan sus desarrollos. La hipótesis central del trabajo es que las universidades de gestión pública desarrollan conocimientos con potencial aplicación industrial pero baja probabilidad de apropiación local.

A partir de este estudio, de manera preliminar, se ha podido identificar que los resultados de investigación de grupos de la Universidad Nacional de Quilmes han generado artículos científicos que son referenciados en familias de patentes de instituciones y empresas extranjeras. De alguna manera, estos resultados ponen de manifiesto la potencialidad industrial de los conocimientos científicos generados, especialmente porque, en algunos casos, este conocimiento está cerca del *core* tecnológico protegido.

Por otro lado, desde lo teórico-conceptual se evidencia la importancia de hacer visible los procesos de transferencia tecnológica “ciega” para valorizar el capital intelectual que generan las universidades. A la vez que se estimula la revisión y el desarrollo de estrategias de intervención institucional respecto de la problemática de la apropiación local del conocimiento.

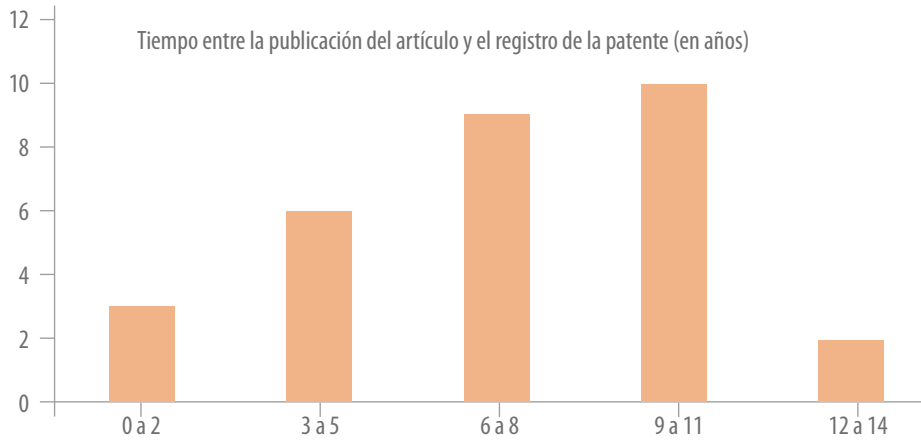
Como resultado de la investigación, se observó que más de medio centenar de familias de patentes solicitadas entre 1999 y 2010, referencian artículos científicos de investigadores de la Universidad Nacional de Quilmes. Estos resultados permitieron indagar acerca del valor tecnológico del conocimiento publicado por los investigadores de la UNQ en tres aspectos: a) el periodo de aplicación tecnológica del conocimiento científico; b) la característica institucional de los titulares de la patente, y c) la proximidad al *core* tecnológico protegido en la patente.

A continuación se sintetizan las observaciones principales (ver Codner *op. cit.* para más detalles). En la figura 4, se observa el tiempo transcurrido entre la publicación del artículo cientí-



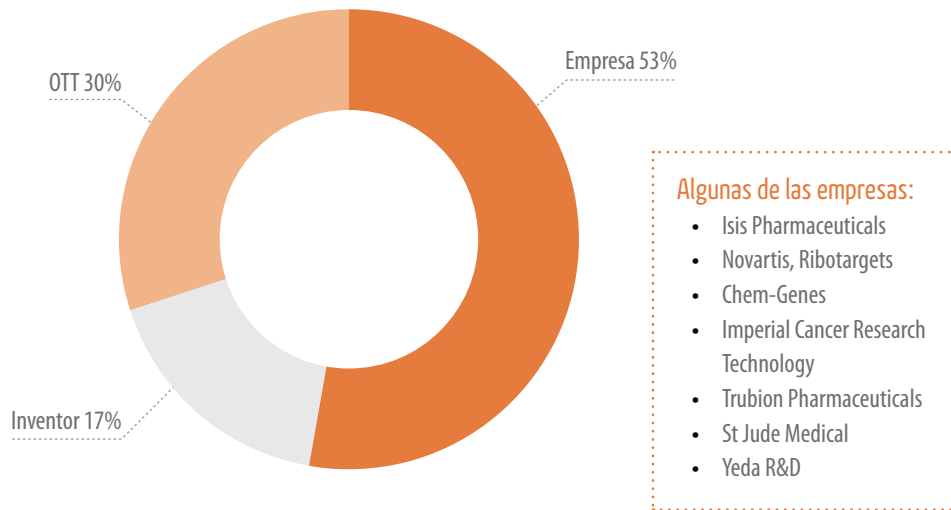
fico y la solicitud de la patente es variable y oscila entre los 0 y 13 años, con una media de 6.9 años. Diez por ciento de las patentes se ha solicitado dentro de los dos años de publicación del artículo, lo cual podría ser un indicador del potencial tecnológico del conocimiento.

Figura 4. Delay entre el paper y la patente



En segundo término, la figura 5 muestra que 53% de las solicitudes de patentes analizadas fueron presentadas por empresas extranjeras, mientras que 30% tienen como titulares a instituciones públicas de ciencia y tecnología, y 17% a titulares individuales.

Fig. 5 Distribución de los casos según el tipo de institución titular de la patente

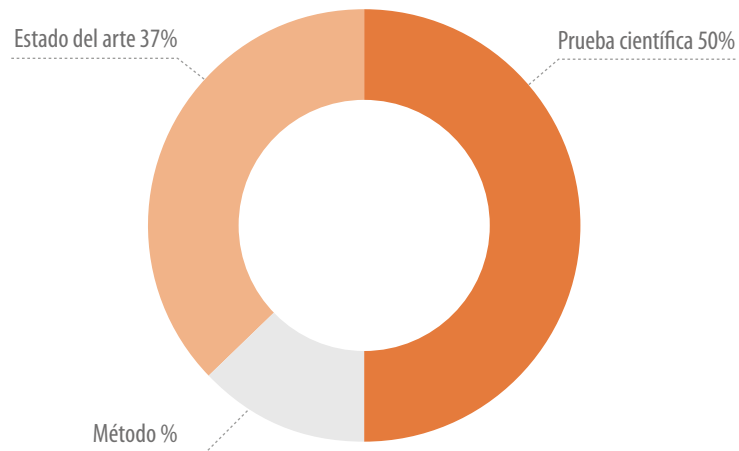


Por último, en la figura 6 se identificaron tres patrones en cuanto a la utilidad de los resultados de investigación sobre la invención protegida en función de la "cercanía" al core tecnológico: como estado del arte, como método o como prueba científica. De este análisis surge que en 63% de los casos, los resultados de investigación brindaron pruebas científicas o aportando algún método de producción o técnica.



La evidencia que arroja este estudio nos permite hacer visible la emergencia de un efecto de *transferencia tecnológica ciega* que aceleran y subsidian los procesos de desarrollo de tecnologías de empresas extranjeras. De este modo, se genera una externalidad positiva para las empresas extranjeras que pudieron apropiarse de los resultados de investigación generados en la UNQ. De alguna manera, el conocimiento científico y tecnológico de la UNQ sustituyó recursos económicos necesarios para la realización de actividades de I+D, el desarrollo de tecnologías patentables y esfuerzos innovativos de dichas empresas.

Figura 6. Importancia tecnológica relativa en función a su aporte al desarrollo tecnológico de la patente



Conclusiones

El presente trabajo pretendió mostrar, aunque no en modo exhaustivo, tres formas de aplicar los estudios bibliométricos para el diseño, implementación y evaluación de políticas de promoción científica y tecnológica.

Por un lado, avanzar en el cálculo de indicadores que midan el correlato entre la agenda científica y los resultados e impacto de las investigaciones es una tarea compleja pero cada vez más necesaria en la evaluación de las políticas de CTI. En este sentido se recomienda no sólo trabajar los conceptos de pertinencia de la investigación y el lugar que ocupan los temas locales en las investigaciones; sino también en metodologías y estrategias para la generación de indicadores que permitan evaluar el avance de conocimientos en concordancia con esas políticas. En segundo lugar, estudiar el impacto sobre la productividad científica que tienen los programas y proyectos de investigación que reciben financiamiento público también constituye un desafío para la evaluación de las políticas. Desde la bibliometría es posible medir este impacto comparando un grupo objetivo vs un grupo de control.

En tercer y último término, el análisis de la apropiación de la producción científica localmente generada mediante el estudio de citas en patentes, permite conocer el flujo y el uso de conocimientos científicos y tecnológicos generados en Argentina hacia organizaciones y empresas extranjeras.



A modo de síntesis, se plantea el potencial de los estudios bibliométricos para la evaluación orientada a una asignación racional de recursos públicos y como mecanismo para el aprendizaje de los efectos de la implementación de políticas de promoción de ciencia, tecnología e innovación.

Bibliografía

1. Codner D. *et al.*, (2005). Informe de evaluación impacto de instrumentos de promoción de la ciencia y la tecnología del FONCyT. Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (SECyT).
2. Codner, D. (2006). En *REDES*, vol 12, N° 24.
3. Codner, D. (2011). "Alcance, resultados e impactos del FONCYT entre 2006 y 2010", en Investigación Científica e Innovación Tecnológica en Argentina: impacto de los fondos de la agencia nacional de promoción científica y tecnológica. Porta, F. and Lugones, G., Universidad Nacional de Quilmes Editorial.
4. Codner, D., Becerra, P., y Díaz, A. (2012). "Blind Technological transfer or Technological Leakage: a Case Study from the South", en *Journal of Technology Management and Innovation*, Volumen 7, Número 2. Pp 184-194. ISSN 0718-2724.
5. Georghiou, L., y Roessner, D. (2000). "Evaluating technology programs: tools and methods", en *Research Policy*, N° 29, Pg 657-678.
6. Irving, J. y Martin, B.R. (1981). "L'évaluation de la recherche fondamentale est-elle possible?", *La Recherche*.
7. Kreimer, P.; Ugartemendía, V (2007). Ciencia en la Universidad: Dimensiones locales e internacionales. *Atos de Pesquisa em educação - PPGE/ME FURB*, v. 2, n° 3, p. 461-485.
8. Miguel, S., González, C., Hidalgo, M (2013). Argentina como objeto de investigación. Reflexiones conceptuales y aproximaciones metodológicas para el abordaje bibliométrico de la producción científica sobre temas de alcance nacional. Proyecto PICT 2011-2183. En: III Jornada de Intercambio y Reflexión acerca de la Investigación en Bibliotecología. La Plata, 28 y 28 de noviembre de 2013.
9. Sanz Menéndez, L. (2004). *Evaluación de la investigación y sistema de ciencia*, Documento de Trabajo 04-07, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Unidad de Políticas Comparadas, SPRITTE, julio.
10. Unzué, M. (2012). Universidad, políticas públicas y áreas prioritarias. Ciencias Sociales, *Revista de la Facultad de Ciencias Sociales* de la Universidad de Buenos Aires, n° 80, p. 116-117.
11. Vila Seoane M.F., Arber, G. y Bassotti, F. (2011). Palabras clave para la búsqueda de información en áreas prioritarias. En: Albornoz M., y Paza L. *Agenda 2011: temas de indicadores de ciencia y tecnología*. Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 1° Ed., Buenos Aires.





4

PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA





BIBLAT: Indicadores bibliométricos alternativos de la producción científica publicada en revistas de América Latina y el Caribe

Antonio Sánchez Pereyra
Karla Quintero León
Isela García Bravo
Arturo Rendón Cruz

Resumen

Descripción de las características, fundamento conceptual y relevancia de los indicadores bibliométricos proporcionados por BIBLAT (<http://biblat.una.mx>). Éste Biblat es un portal especializado en la generación de datos bibliométricos que permiten conocer las características de la producción científica de América Latina y el Caribe publicada en revistas académicas de la región. La fuente de información de BIBLAT es la base de datos con más de 30 años de pervivencia CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades) y PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias), las cuales están especializadas en revistas científicas y académicas editadas en países de América Latina y el Caribe, y cuentan con una cobertura multidisciplinaria en todas las áreas del conocimiento. Los indicadores bibliométricos están divididos en tres grupos: 4 indicadores de autoría y colaboración entre autores: Índice de coautoría, tasa de documentos coautorados, índice de colaboración (Índice de Lawani), grado de colaboración (Índice de Subramayan); 2 indicadores de productividad de los autores: Modelo de Elitismo de Price y Productividad Institucional Mediante el Modelo de Bradford; 4 indicadores de concentración–dispersión, núcleo básico de revistas y densidad de la información: Modelo de Bradford, índice de concentración (Índice de Pratt) Índice de Densidad de Documentos Zakutina y Priyenikova e Índice de Producción Científica Exógena. Asimismo, BIBLAT integra interfaces gráficas que permiten visualizar y analizar la información. El objetivo es proveer indicadores alternativos y complementarios a los que ofrecen otros sistemas internacionales y de la región, partiendo de una cobertura de títulos y cronológica, más incluyente.



Introducción

Existe una gran variedad de bases de datos bibliográficas y de texto completo con diversas características y especificidades. Sin embargo, son pocas aquellas que cuentan con herramientas de análisis bibliométrico y que trasciendan el nivel básico de servicios de información referencial requerida. BIBLAT, además de proporcionar el registro bibliográfico normalizado, ofrece frecuencias e indicadores sobre la producción científica publicada en revistas de la región latinoamericana y el Caribe.

BIBLAT

La base de datos de BIBLAT está conformada por dos bases de datos de alcance latinoamericano y multidisciplinar, denominadas CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades) y PERIÓDICA (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias). Ambas fueron creadas en los años setenta y albergan los registros bibliográficos de las revistas científicas y académicas publicadas en América Latina y el Caribe desde 1971 a la fecha.

Tabla 1. Registros totales que contienen CLASE y PERIÓDICA

| Base de datos | Revistas | Documentos |
|---------------|--------------|----------------|
| CLASE | 1,695 | 374,500 |
| PERIÓDICA | 1,494 | 363,000 |
| Total | 3,189 | 737,500 |

Tabla 2. Categorías temáticas de CLASE Y PERIÓDICA

| Base de datos | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Administración y Contaduría Antropología Arte Biotecnología y Ciencias de la Información Ciencia Política Ciencias de la Comunicación Demografía Derecho | Economía Educación Filosofía Geografía Psicología Relaciones Internacionales Religión Sociología |
|  | Agrociencias Biología Computación Ciencia y Tecnología Física y Astronomía Geociencias | Ingeniería Matemáticas Medicina Química Veterinaria y Zootecnia |

El registro bibliográfico se realiza mediante el *software* Aleph 21, considerando la norma del FORMATO MARC 21 para la estructura de los datos bibliográficos. Esto con el objetivo de lograr una mayor normalización de los mismos.



Fundamento Teórico

El fundamento teórico de los indicadores de BIBLAT surge de los Estudios Métricos de la Información y la Bibliometría misma. Este campo de interés identifica las regularidades que presenta el conocimiento científico en su comportamiento y lo presenta de forma cuantitativa. Su metodología consiste en “la aplicación de métodos y modelos matemáticos para el análisis cuantitativo del objeto de estudio de una ciencia dada, así como para la revelación de sus leyes y regularidades” (Morales, 1990) superando la descripción de la estadística bibliográfica tradicional.

La bibliometría, en específico, tiene como objeto de estudio la actividad bibliográfica. Sus principales fuentes de información son los repertorios bibliográficos, los índices de difusión de la ciencia y las bases de datos bibliográficas. Su objetivo es explicar los recursos de la ciencia en un análisis de la ciencia misma, de nivel y significación diferentes a los estudios humanísticos y filosóficos habituales, además de identificar las regularidades de la producción y comunicación científica y del flujo de información documental, que comprende tanto la producción como la comunicación científica.

Gorbea Portal la define de la manera siguiente:

“Aplicación de métodos y modelos matemáticos y estadísticos al estudio de la actividad bibliográfica y al análisis de los registros que se producen en ella, con el objetivo de reflejar la estructura y regularidades de los repertorios bibliográficos, así como determinar las tendencias que se manifiestan en la producción y comunicación científica y en el flujo de información documental”. (Gorbea, 2005b).

Desde un punto de vista cuantitativo, los elementos presentes en los sistemas de información y sus referencias bibliográficas, en un estudio bibliométrico, permiten identificar variables susceptibles de ser cuantificadas, obteniendo frecuencias en cantidades absolutas y relativas, que facilitan el conocimiento del sistema estudiado.

En los últimos años, y debido en parte a la gran cantidad de información que actualmente se produce y se maneja, han tomado interés los análisis sobre el flujo de información documental mediante el análisis de sus fuentes de información que revelan el tamaño, crecimiento y distribución de la bibliografía científica, de la estructura y la dinámica social que la produce y la utilizan, así como de su concentración, dispersión y distribución temática y geográfica.

Para determinar las tendencias y regularidades de la producción y comunicación científica se recurre a una gran diversidad de indicadores, métodos y modelos matemáticos y estadísticos; cada uno de los cuales se diferencian por su complejidad, metodología y variables utilizadas.

Para entender a qué se hace referencia se define a continuación los tres recursos utilizados para este tipo de estudio: indicadores, frecuencias y modelos matemáticos.

Un *indicador* puede entenderse como “una medida de resumen, de preferencia estadística, referida a la cantidad o magnitud de un conjunto de parámetros o atributos.” (De la Vega, s/f) También son definidos como “una medición agregada y compleja que permite describir o evaluar un fenómeno, su naturaleza, estado y evolución, articula o correlaciona variables y su unidad



de medida es compuesta o relativa. Las variables son los elementos que configuran o caracterizan un fenómeno, normalmente son ilimitadas y se expresan en valores absolutos." (Martínez y Albornoz, 1998)

Las *frecuencias* son conteos de las variables estadísticas simples distintas a los anteriores, básicamente por su complejidad.

Un *modelo matemático* es un "prototipo de forma idealizada que, por analogía y síntesis, representa un objeto o proceso" (Gorbea, 2005) se construyen a partir de formulaciones matemáticas y lo que se busca es explicar y entender ciertos aspectos de la realidad.

Indicadores bibliométricos

El crecimiento y tamaño de la producción científica hoy día obstaculiza su visualización y aprecio, es por esto que se han generado una serie de indicadores que brindan indicios objetivos sobre regularidades propias del proceso de producción, uso y comunicación científica que permiten analizar y cuantificar los procesos dentro de la actividad científica.

Si bien es cierto que en el proceso de generación del conocimiento científico se pueden identificar factores intangibles imposibles de medir, también se encuentran factores cuantificables que se pueden medir, observar y analizar con el uso de indicadores bibliométricos.

Fue con ese objetivo que se implementaron por medio de BIBLAT 10 indicadores bibliométricos, los cuales se dividen en tres áreas:

- *De autoría y colaboración entre autores:*
 - Índice de Coautoría (Gorbea, 1997)
 - Tasa de Documentos Coautorados (Gorbea, 1997)
 - Grado de Colaboración (Índice de Subramayan) (Gorbea, 1997)
 - Índice de Colaboración (Índice de Lawani) (Vinkler, 1993)
- *De productividad de los autores*
 - Modelo de Elitismo (Price) (Vinkler, 1993)
 - Modelo de Bradford por institución (afiliación del autor)
- *De Concentración-Dispersión, Núcleo básico de revistas y densidad de la información*
 - Índice de Densidad de Documentos Zacutina y Priyenikova (1983)
 - Índice de concentración (Índice de Pratt) (Gorbea, 2007)
 - Modelo de Bradford (Gorbea, 1996)
 - Productividad Exógena

Las variables utilizadas en la conformación de los indicadores y que se pueden visualizar según el indicador son:

- Tipología documental
- Autores
- Tipología de autoría
- Título de la revista



- Volumen de la revista
- Disciplinas
- Entidad editora
- País de adscripción del autor
- Lugar de publicación de la revista
- Temáticas o descriptores
- Fecha de publicación

Módulo de indicadores bibliométricos

El módulo de indicadores bibliométricos integrado en el portal BIBLAT fue diseñado de forma amigable, dinámica y sencilla para su fácil uso y entendimiento. El primer paso es (1) seleccionar un indicador de acuerdo con lo que se quiera observar; por ejemplo, la concentración temática de una revista o las instituciones más productivas en una disciplina. Posteriormente (2) se elige una disciplina del catálogo. Finalmente (3 ó 4) elegir una o varias revistas o elegir un país de publicación. Como se muestra en la figura 1.

Lo que se proporciona a continuación son los resultados con las variables elegidas con un indicador determinado, facilitando una visualización gráfica con los resultados obtenidos, la tabla de resultados y una breve explicación del indicador, así como su formulación matemática. Todo esto con el objetivo de que el usuario comprenda de mejor manera la información proporcionada (figura 2).

Figura 1. Selección de variables

¿Qué es Biblat? | Bibliometría | Postular una revista | Políticas de acceso | Documentos

Buscar en Biblat

Indicadores bibliométricos

1. Tasa de documentos coautorados

2. Biología

3. Biocell

4. Seleccione uno o varios países de la revista

6

1. Indicador
2. Disciplina
3. Revista
4. País de la revista o de la institución afiliada del autor

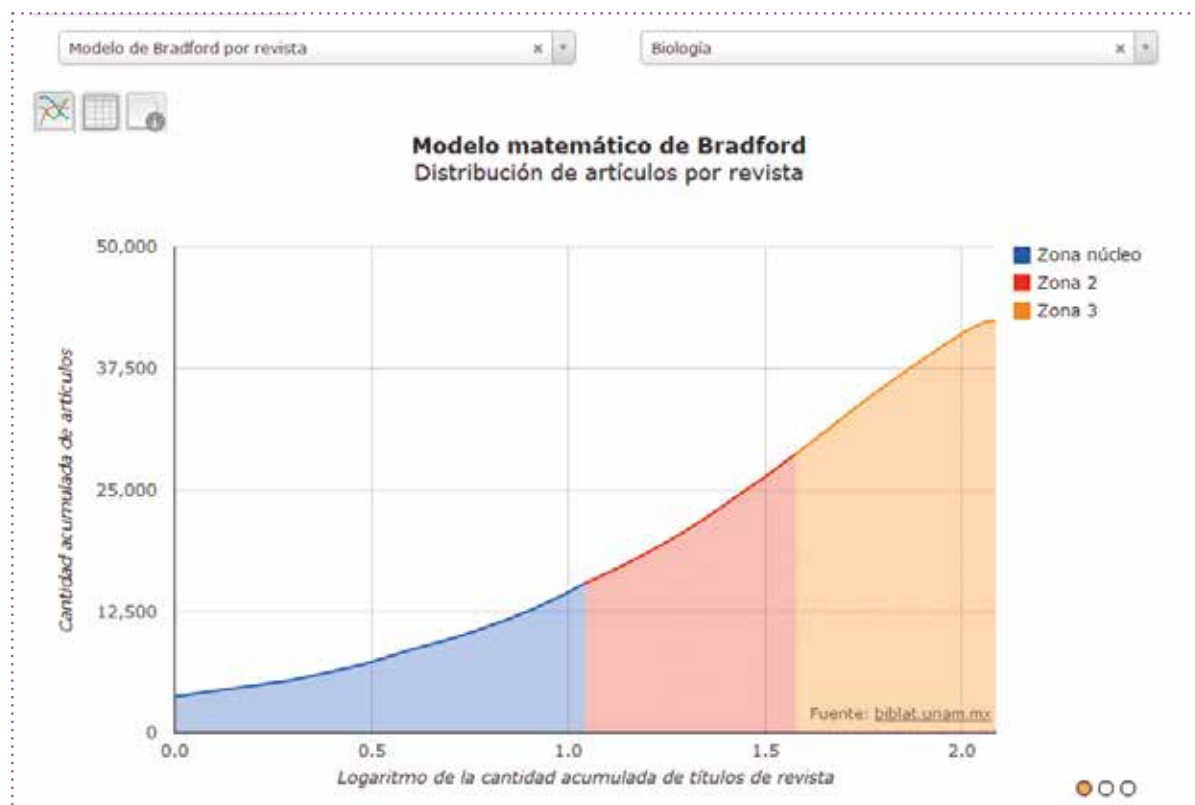
© Derechos reservados. 2009 - 2014. Dirección General de Bibliotecas, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esta página y sus contenidos pueden ser utilizados y reproducidos con fines no lucrativos, siempre y cuando no se mutile, se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma, requiere permiso previo por escrito de la institución.



Índice de concentración (Índice Pratt)

| Título de revista | Índice de concentración temática |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Memorias do Instituto Oswaldo Cruz | 0.8915 |
| Folia entomológica mexicana | 0.8773 |
| Acta botánica mexicana | 0.8735 |
| Ameghiniana | 0.8607 |
| Darwiniana | 0.8517 |
| Anais da Sociedade Entomologica do Brasil | 0.8489 |
| Genetics and molecular biology | 0.8480 |
| Iheringia. Serie zoologia | 0.8470 |
| Acta zoológica mexicana | 0.8404 |
| Cactáceas y suculentas mexicanas | 0.8306 |
| Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie zoología | 0.8192 |
| Revista brasileira de biologia | 0.8170 |
| Revista de microbiologia | 0.8165 |
| Boletín de la Sociedad Botánica de México | 0.8142 |
| Ciencias marinas | 0.8130 |
| Revista mexicana de micología | 0.8127 |
| Acta botanica brasílica | 0.8122 |
| Acta amazonica | 0.8118 |
| Revista brasileira de genetica | 0.8104 |
| Revista mexicana de biodiversidad | 0.7984 |
| Bonplandia | 0.7958 |

Figura 4. Visualización de la gráfica principal del Modelo Matemático de Bradford





Consideraciones finales

La ciencia generada en América Latina, como la del resto de países que pertenecen al Tercer Mundo, ha sido identificada como “ciencia periférica”, e incluso con una caracterización más severa aún, la de “ciencia perdida”, debido a diversos factores, entre ellos los bajos niveles de impacto y difusión de sus revistas científicas. En contrapartida, la necesidad de impulsar la visibilidad y el reconocimiento nacional e internacional de estas publicaciones ha propiciado numerosas iniciativas centradas en la creación de sistemas de información y bases de datos especializadas en revistas de la región. CLASE y PERIÓDICA fueron concebidas con el objetivo de proveer servicios de información a usuarios así como para diseminar el conocimiento científico y académico publicado en las revistas nacionales y de la región en su conjunto, CLASE y PERIÓDICA han tenido que responder a otro tipo de demanda de información consistente en indicadores bibliométricos y cientiométricos, la cual es solicitada por un sector especializado de usuarios dedicados al estudio del comportamiento de las comunidades científicas así como por instancias y autoridades encargadas de la política científica y tecnológica.

En el ámbito mundial existen dos bases de datos que se desempeñan como el referente para la medición de la producción científica cuantificada en número de artículos publicados en revistas académicas reconocidas, así como del impacto de éstas en la comunidad científica. Estas bases de datos son el Web of Science (ISI-Thomson Reuters) y SCOPUS (Elsevier). La relevancia de los indicadores bibliométricos se ha visto acrecentada últimamente por el surgimiento de diversos *rankings* internacionales que comparan y jerarquizan el desempeño de las universidades del mundo, como el *Academic Ranking of World Universities* (ARWU), desarrollado por la universidad china Shanghai Jiao Tong, el *Times Higher Education* (THE) realizado por la revista inglesa *Times*, los *rankings* e indicadores ofrecidos por el proyecto español SCImago (el cual está basado exclusivamente en la información proporcionada por SCOPUS), así como los diversos *rankings* basados en la webometría. Diferenciados unos y otros por las variables de sus metodologías particulares, todos comparten la ponderación del impacto de la investigación de las universidades reflejado en los análisis de citación ofrecidos por Web of Science y SCOPUS (y de Google Scholar en el caso de la webometría).

Además de los sesgos cuantitativos que conlleva este tipo de evaluación del desempeño de una institución y de los países de dichas instituciones, para el caso de América Latina y el Caribe (lo cual es extensivo al conjunto iberoamericano) la problemática se ve agravada por el escaso nivel de integración que históricamente han logrado las publicaciones de la región en el Web of Science, lo cual repercute desfavorablemente en la representatividad y el reconocimiento de la producción científica regional. Ciertamente, dicha situación ha sido atemperada con el tiempo y encuentra perspectivas favorables tanto por el hecho de que ha aumentado el número de investigadores de la región que publican en revistas extranjeras, así como por el programa de inclusión masiva de las denominadas revistas “regionales” lanzado por Web of Science desde 2006, el cual ha redundado en la inclusión de más títulos latinoamericanos. Por otra parte, SCOPUS, sistema que salió al mercado de manera relativamente reciente (2004), tuvo desde sus orígenes una mayor apertura hacia la inclusión de títulos de la región.

No obstante lo anterior, la especialización en un mayor número de títulos de la región geográfica y la masa crítica de información acumulada a través de más de 30 años de trayectoria de CLASE y PERIÓDICA, convierten a BIBLAT en una fuente alternativa y complementaria a Web of Science y SCOPUS, lo que permite ofrecer una aproximación más representativa de la



publicación científica latinoamericana, contribuyendo así a reflejar el volumen, la dinámica y los análisis comparativos sobre la actividad científica en aquellas áreas de estudio cuya comunicación no transcurre por medio de las publicaciones de alcance internacional, publicadas en idioma inglés, sino mediante las revistas locales y escritas en español y portugués, como es el caso de las ciencias aplicadas (agronomía y medicina, por ejemplo) y, de manera destacada, las ciencias sociales y humanidades. Debe mencionarse que los indicadores generados por BIBLAT no están basados en la citación (número de citas recibidas por documento) sino en la cuantificación de la productividad en términos del número de documentos por autor, institución, revista, país de la institución de afiliación del autor, país de la revista, por área del conocimiento o disciplina y, finalmente, coautorías inter-institucionales y entre países.

Bibliografía

1. Bellavista, J. et. al. (1997). *Evaluación de la investigación*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas, 1997.
2. De la Vega. I (s/a). *Módulo de capacitación para la recolección y el análisis de indicadores de investigación y desarrollo*. Washington, D. C.: Banco Interamericano de desarrollo.
3. Gorbea Portal, S. (1996). *Modelo matemático de Bradford: su aplicación a las revistas latinoamericanas de las ciencias bibliotecológicas y de la información*. México: UNAM.
4. Gorbea Portal, S. (2007). "Principales revistas latinoamericanas en ciencias bibliotecológica y de la información: su difusión y su concentración temática y geográfica", 79-108. En: *Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, bibliotecología e información*. México. 21(42).
5. Gorbea Portal, S. (2005). *Modelo matemático de Lotka: Su aplicación a la producción científica latinoamericana en ciencias bibliotecológicas y de la información*. México: UNAM.
6. Gorbea Portal, S (2005). *Modelo teórico para el estudio métrico de la información documental*, México: Trea, 2005.
7. López López, P. (1996). *Introducción a la Bibliometría*. Valencia: Promolibro.
8. Morales Morejón, M. (1990). "La informetría: Disciplina Métrica de la Informática", pp. 259-279, en: M. Morales Morejón y otros (comps): *Informetría*. Aspectos teóricos. La Habana: SOCIT, 1990.
9. Martínez E., Albornoz, M. (1998). *Indicadores de Ciencia y Tecnología: estado del arte y perspectivas*. Caracas: Nueva Sociedad- UNESCO.
10. Pratt, A. D. (1977). "A measure of class concentration in bibliometrics", 285-292. En *Journal of the American Society for Information Science*. 28.
11. Price, Derek. J. (1973). *Hacia una Ciencia de la Ciencia*. Barcelona: Ariel.
12. Vinkler. P. (1993) "Research contribution, authorship and team cooperativeness", 270-272. En *Scientometrics*. 26(1).
13. Zakutina, G. P. y Priyenikova, V. K. (1983) *Características y análisis del flujo de los documentos primarios*. La Habana, IDICT.





Impacto de los mecanismos de financiamiento en el crecimiento económico de las empresas en México

Gabriela Maqueda Rodríguez
Claudia González Brambila

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar el impacto de los diversos mecanismos de financiamiento que emplean las empresas en México para realizar actividades científicas, tecnológicas y de innovación. Así, mediante un análisis longitudinal de las Encuestas sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET), desarrolladas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), se construyó un panel de datos basado en una muestra de 421 empresas manufactureras en el periodo 2004-2009. Considerando como variables control: el número de innovaciones, el tamaño de la empresa (número de trabajadores) y el gasto en actividades de investigación y desarrollo, entre otras, los resultados del análisis econométrico muestran que los recursos propios y los préstamos bancarios son los mecanismos de financiamiento que influyen positivamente en los ingresos registrados en las empresas. Adicionalmente, y contrario a lo que se cita en la literatura, los resultados destacan que los apoyos gubernamentales para la realización de actividades de innovación no son significativos para los ingresos de las empresas. Una de las principales contribuciones de este estudio es que al realizar el análisis longitudinal de un panel de datos mediante un modelo de efectos fijos, se controlan las características no observadas por las empresas a lo largo del tiempo lo cual permite obtener resultados más robustos respecto a otros estudios similares.



1. Introducción

Las actividades de innovación han sido consideradas como un determinante del progreso, del cambio industrial y de la competitividad incluso en el ámbito internacional. A partir del trabajo de Shumpeter (1983) quien analizó modelos enfocados en la innovación como fuente del crecimiento económico, diversos investigadores han trabajado en el tema. Solow (1956) estableció un análisis neoclásico mediante el cual la innovación tecnológica puede ser considerada importante para el crecimiento económico, dichos argumentos apoyaron la hipótesis de que en los países desarrollados la innovación tecnológica permite el incremento de la producción (ganancias) empleando la misma cantidad de capital y trabajo.

Por su parte, Mansfield (1968), Rosenberg (1976) y Griliches (1979, 1990) establecieron una teoría que enfatiza la importancia de las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) como factor determinante de las actividades de innovación de una empresa y por lo tanto del crecimiento económico. De igual manera, los trabajos de Mansfield (1980) y Griliches y Mairesse (1986) asumieron una relación positiva entre la innovación y el progreso económico. Otros estudios apoyan los argumentos anteriores, por ejemplo, el trabajo de Cohen y Levinthal (1990) enfatiza la importancia de las actividades de I+D; en primer lugar establecen que estas actividades podrían considerarse como generadores de nuevos conocimientos e información, en segundo, porque las actividades de I+D permiten a la empresa asimilar y emplear los conocimientos generados por otras empresas lo cual les permite innovar y generar ganancias. De igual manera, Klevoric *et al.* (1995), así como Freeman y Soete (1997) sugieren que las actividades de I+D incrementan la capacidad de una empresa para asimilar y explotar el conocimiento externo y por lo tanto de generar progreso económico interno.

En general, un gran número de investigadores ha demostrado la importancia de desarrollar actividades de innovación en las empresas. Sin embargo, un problema importante es el financiamiento de dichas actividades. Diversos economistas han expuesto las dificultades de financiar un proyecto de innovación, principalmente en un mercado competitivo. Schumpeter (1942), Nelson (1959) y Arrow (1962), entre otros, argumentaron acerca de algunos problemas en torno a los mecanismos de financiamiento de la innovación, iniciando con el problema de invertir en actividades de I+D (considerando el conocimiento como el resultado principal de la inversión en innovación) y de cómo mantener el conocimiento generado en secreto, lejos del alcance de otra empresa. Por su parte, Levin *et al.* (1987) y Mansfield *et al.* (1981) establecieron que la imitación de una nueva invención no resulta “gratuita” sino que podría costar aproximadamente entre 50 y 65% del costo de la invención original. Este hecho mitiga, pero no elimina el problema de la falta de inversión (Hall, 2005).

En la mayoría de las micro, pequeñas, medianas e incluso en las grandes empresas los recursos son insuficientes para financiar los proyectos de innovación, por tanto se busca una fuente de financiamiento externa lo cual representa un trabajo complejo si se adiciona el hecho de tener en cuenta algunos costos no planificados debido a factores como la incertidumbre y el riesgo asociado con el proyecto, mismos que al inicio tienden a ser mayores, lo que representa mayor dificultad para atraer una inversión.

En general, no obstante que las actividades científicas, tecnológicas y de innovación elevan la competitividad de las empresas, favorecen el incremento del valor agregado del aparato productivo nacional, fomentan la interacción academia-empresa e impulsan la cultura de la na-



ción, en México hay un bajo índice de empresas que cuentan con algún tipo de financiamiento para realizar actividades de innovación. Por ejemplo, el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) desde su creación ha apoyado aproximadamente a 36% de las empresas participantes (aproximadamente 4 mil), lo cual representa únicamente 0.012% del total de empresas nacionales. Adicionalmente, es necesario considerar que otros mecanismos de financiamiento como los créditos bancarios resultan inaccesibles para algunas empresas e incosteables para otras. Así, en el presente trabajo se analiza el impacto que tienen diversos mecanismos de financiamiento que emplean las empresas en México para realizar actividades de I+D y de innovación, mismas que se verán reflejadas en sus ingresos.

2. Revisión bibliográfica

Cada proyecto de innovación tiene que ser financiado, por tanto, con el propósito de adquirir recursos que permitan pagar los desarrollos, las inversiones (equipo, capacitación), etcétera, las empresas eligen entre dos fuentes de financiamiento: internas o externas. Los mecanismos de financiamiento internos corresponden a los activos o a las reservas de capital que la empresa puede emplear como medio de pago para el desarrollo de sus propios proyectos de innovación. El financiamiento externo significa adquirir el capital fuera de la empresa, por ejemplo mediante apoyos gubernamentales, capital de riesgo, préstamos bancarios, entre otros. A continuación, se describen algunos de dichos mecanismos.

Recursos Propios

Existe una amplia controversia relacionada con los mecanismos de financiamiento a las actividades de innovación que las empresas pueden emplear para desarrollarlas, principalmente debido a que se tienen más proyectos de los que pueden desarrollar y dedicar recursos.

La evidencia empírica muestra que las grandes empresas tienen una ventaja para financiar sus actividades de innovación debido a su capacidad para movilizar los recursos, Schumpeter (1934). Otros argumentos que apoyan dicha teoría fueron establecidos por Ettlíe y Rubenstein (1987) quienes argumentaron que las grandes empresas son capaces de asumir innovaciones más radicales en comparación con las pequeñas, su principal argumento fue que las primeras pueden acceder con mayor facilidad a los recursos necesarios para realizar inversiones en equipo, capacitación y comercialización, entre otros.

De la misma manera, Fritsch y Meschede (2001) afirmaron que las grandes empresas gastan una mayor proporción de sus recursos a las actividades de I+D relacionadas con el proceso de innovación, en relación con las pequeñas empresas. Por su parte, Galende (2006) argumentó que las grandes empresas tienen mayores posibilidades de apropiación del conocimiento y menores riesgos debido a las ventajas de mercado. Finalmente, en este contexto Laforet (2007) concluyó que, aunque las pequeñas y medianas empresas (PyME) tienden a ser proactivas en favor de las oportunidades de mercado, receptivas a la innovación y asumir el liderazgo en la innovación de nuevos productos, sus puntos débiles son la falta de flexibilidad y de una estructura organizacional que les impide realizar actividades de innovación de manera prolongada.

Por otra parte, de acuerdo con el trabajo de Kamien y Schwartz (1975), las grandes empresas presentan una variedad de problemas que pueden hacer que sean menos innovadoras. Por ejemplo, tienden a crear una burocracia que es desfavorable ante los procesos creativos, por lo tanto aunque las grandes empresas tengan mayores recursos para invertir en innovación, también tienden a ser menos flexibles que las pequeñas empresas (Cohen y Klepper, 1996).



Fritsch y Meschede (2001) concluyeron que el gasto en actividades de I+D es inversamente proporcional al tamaño de las empresas y, por ende, pequeñas compañías que realizan dichas actividades tienden a ser más innovadoras que las grandes empresas.

Apoyos gubernamentales

Existe una vasta literatura empírica sobre el papel del gobierno en las actividades de I+D e innovación y por ende del crecimiento económico de las empresas. Sin embargo, la evidencia en este campo no es concluyente. Principalmente, hay dos puntos de vista diferentes, uno indica que el apoyo público actúa como un complemento a los recursos que las empresas invierten en actividades de I+D e innovación. Por otro lado, diversos investigadores indican que dichos recursos actúan como un sustituto ante el capital que la empresa debería de invertir de su propio capital.

Sin embargo, los principales argumentos para subsidiar actividades de innovación se basan en los beneficios sociales que se derivan de los conocimientos desarrollados por las empresas, básicamente debido a la creación de empleos o bien a las fallas del mercado (*market failure*), situación en la cual las fuerzas del mercado no responden ante ciertos intereses (generalmente económicos) y por ende una institución financiera (en este caso el gobierno) incentivará la obtención de mejores resultados respecto a las iniciativas privadas, lo cual permite afrontar situaciones como estructuras de mercado inadecuadas, competencia imperfecta (monopolios, oligopolios, etcétera), cálculos inadecuados de costos y beneficios, riesgos asociados, entre otros.

Arrow (1962) llegó a la conclusión de que, para alcanzar un nivel óptimo de I+D e innovación, se necesita el apoyo del gobierno. Griliches (1979) y Almus y Czarnizki (2003) también destacaron que los apoyos gubernamentales actúan como un complemento a la inversión privada. Estudios más recientes apoyan este argumento, por ejemplo, Alecke, *et al.* (2011) indicaron que las empresas que reciben algún tipo de subsidio muestran un mayor nivel de intensidad de I+D, así como una mayor probabilidad de solicitar una patente en comparación con las empresas que no reciben dicho subsidio por parte del gobierno. Por el contrario, Lichtenberg (1997) afirma que el apoyo gubernamental tiende a reemplazar los recursos que las empresas hubieran asignado para efectuar sus actividades de I+D e innovación.

Recursos de subsidiarias

La investigación en relación a filiales o subsidiarias de empresas multinacionales se remonta a la década de los años ochenta e inició con el análisis del proceso de integración global y la capacidad de respuesta nacional como elemento crucial en la organización y gestión de las multinacionales. En general, la literatura argumenta que las multinacionales manejan el “negocio” a manera de maximizar la eficiencia de las operaciones globales, productos y marcas a fin de responder a las necesidades de los mercados locales. Por un lado, las marcas y los productos globales facilitan la reducción de costos y promueven la eficiencia de producción y comercialización, proceso en el cual una subsidiaria puede ser considerada como un centro de innovación para una empresa multinacional. La literatura sobre los papeles de las subsidiarias ha puesto de relieve la importancia de la capacidad de respuesta del mercado local para determinar la función de la filial. Así, algunos estudios (Dellestrand, 2011; Barden, 2012) han demostrado el “arraigo” local de una filial (es decir, las relaciones de negocio duraderas con los principales clientes y proveedores) como clave de su importancia en la multinacional en términos de que sea reconocida por tener las competencias y el desarrollo del conocimiento e incluso innovaciones valiosas para el resto de la multinacional.



Recursos de otras empresas y otros recursos

Consisten en capital económico (aunque también puede incluir conocimientos empresariales o profesionales) que otorga un grupo particular de inversionistas para que las empresas que los adquieren desarrollen ciertos proyectos. Un ejemplo de este tipo de recursos son el Capital de Riesgo (*venture capital*) y el Capital Ángel (*angel capital*) y se caracterizan por ser incentivos empresariales de riesgo debido a la incertidumbre y al hecho de que la inversión en I+D por lo general no produce resultados de manera instantánea.

En general, el Capital de Riesgo se caracteriza por tres aspectos: primero, considera una participación vinculada entre las empresas y sus finanzas compartiendo los riesgos de la inversión. Segundo, debido a que cuentan con una amplia experiencia tecnológica, tienen la oportunidad de identificar proyectos con mayores posibilidades de éxito (a diferencia de los bancos, por ejemplo), lo que implica un menor riesgo de la inversión. Tercero, el papel del Capital de Riesgo incluye una asesoría para la empresa lo cual le facilita la toma de decisiones respecto al desarrollo de los proyectos. (Audretsch and Lehmann, 2004)

3. Datos

En este estudio se emplearon datos microeconómicos desarrollados a partir de la Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET), la cual se ha realizado de manera bianual por parte del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México.

La ESIDET tiene dos unidades de análisis: la empresa (sector productivo) y la institución (sectores de educación superior, gobierno e instituciones sin fines de lucro). Esta clasificación corresponde a sectores que sugiere el Manual de Frascati de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), documento que se considera un estándar para el diseño y desarrollo de las estadísticas de I+D e innovación. En este trabajo hemos considerado a la empresa como unidad de análisis y básicamente se trabaja con tres conjuntos de datos correspondientes a 2006, 2008 y 2010. Acorde con la ESIDET cada empresa tiene un indicador que permite dar seguimiento a dos aspectos, en primer lugar, las actividades científicas y tecnológicas; en segundo lugar, la capacidad de innovación que cada empresa realiza en diferentes años.

Si se tiene en cuenta que el tamaño de la muestra es relativamente grande y presenta características dinámicas, se emplea un panel de datos (en lugar de utilizar un modelo estático), para lo cual es necesario incluir las tres ESIDET en una sola base de datos. De este modo, el análisis se refiere al periodo 2004-2009 y a una muestra que comprende 421 empresas del sector manufacturero. Entre ellas se encuentran la industria alimentaria, química, textil, madera y papel, entre otras. De las 421 empresas que integran la muestra, 22 son medianas (5.2 %) y 399 (94.8 %) son grandes. De manera adicional, la muestra consta de 143 empresas innovadoras (34%) y 370 empresas no innovadoras (66%), es decir, las que no realizaron actividades de innovación en el periodo 2004-2009.

3.1 Análisis econométrico

Método de estimación

En este análisis se emplea un método de estimación correspondiente a efectos fijos (FE, por sus siglas en inglés), empleando el panel de datos construido a partir de las ESIDET. La ventaja de emplear FE es que permite controlar las características no observadas de las empresas en



el transcurso del tiempo, por lo tanto los resultados se consideran más precisos con respecto a otros estudios similares. Por último, las estimaciones se realizaron mediante una regresión por Mínimos Cuadrados Ordinarios, empleando el *software* econométrico STATA 13.

Variable dependiente

Con la premisa de que el desarrollo de actividades de innovación en las empresas conlleva a su crecimiento económico y con el propósito de analizar el impacto de los mecanismos de financiamiento, se consideraron las ventas anuales (*InIncome*) como variable dependiente. Dato que incluye las ventas realizadas en los ámbitos nacional e internacional, así como las ganancias por transferencia de tecnología como la venta de patentes, servicios de asistencia técnica, entre otros.

Variables independientes

Se consideraron 12 variables explicativas como el universo de los factores para analizar cómo influyen los mecanismos de financiamiento en la realización de las actividades de innovación de las empresas y por ende en su crecimiento económico. De estas variables, seis son consideradas como control, las cuales son: número de innovaciones, gasto total en actividades de investigación y desarrollo (en moneda nacional), promedio anual de trabajadores, patentes solicitadas, madurez tecnológica de la empresa e internacionalización. Dichas variables se describen en la tabla 1.

Tabla 1. Descripción de las variables independientes

| Variables | Descripción | Abreviatura |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Número de innovaciones | Incluye innovación de producto e innovación de proceso. | Innov |
| Gasto total en actividades de investigación y desarrollo | Considera la suma de los siguientes tipos de gastos: <ul style="list-style-type: none">• Gastos intramuros (actividades de I+D realizadas dentro de la empresa)• Gastos extramuros (actividades de I+D realizadas fuera de la empresa)• Gastos científicos y tecnológicos (estudios de mercado, patentes, licencias, etcétera)• Gastos de transferencia de tecnología (compra de patentes, pago de estudios técnicos, entre otros)• Gastos en actividades de innovación. | Expen_RD |
| Promedio anual de trabajadores | Número de recursos humanos que fueron contratados por la empresa. Incluye trabajadores fijos y eventuales que trabajaron para la empresa bajo su dirección y control. | Workers |
| Patentes solicitadas | Número de solicitudes de patentes ante las invenciones desarrolladas por la empresa. | Patent |
| Madurez tecnológica de la empresa | Número de certificaciones que posee la empresa. | Tech_Maturity |
| Internacionalización | Indica si la empresa realiza ventas en el extranjero. | Internationalization |



| Variables | Descripción | Abreviatura |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Mecanismo de financiamiento (Tipo de financiamiento empleado en actividades de desarrollo e innovación) | Recursos propios | FM_OwnResour |
| | Apoyo gubernamental | FM_GoverSupport |
| | Recursos de subsidiarias | FM_ReSubsidiaries |
| | Préstamos bancarios | FM_BankLoans |
| | Recursos de otras empresas | FM_OtherFirms |
| | otros recursos | FM_OtherResources |

Modelos empleados

Basado en las variables explicadas antes, se emplearon dos modelos econométricos:

Modelo 1

$$InIncome = f(X_{it}, c_i, u_{it})$$

Donde:

i: identifica a las empresas

t: identifica el periodo de tiempo

X_{it} : Variables independientes (las cuales varían en las empresas y en el transcurso del tiempo)

u_{it} : Término *error*

Modelo 2

En éste se incluyó una tendencia mediante el uso de variables rezagadas, lo que implica mayor certeza a los resultados. Para ello se analizó la influencia de las variables independientes en un periodo determinado ante la variable dependiente en periodos posteriores ($t+1$). Así, el modelo queda definido como:

$$InIncome_{it+1} = f(X_{it}, c_i, u_{it})$$

Donde:

i: identifica a las empresas

t: identifica el periodo de tiempo

X_{it} : Variables independientes (las cuales varían en las empresas y en el transcurso del tiempo)

u_{it} : Término *error*

A continuación, en la tabla 2 se muestra la media aritmética, la desviación estándar y la matriz de correlación entre las variables descritas antes.

Tabla 2. Media aritmética, desviación estándar y matriz de correlación

| | Mean | Std. Err. | InIncome | Innov | Expen_RD | Workers | Patent | Tech_Maturity | International | FM_OwnResour | FM_GoverSuppo | FM_ReSubsidiari | FM_BankLoans | FM_OtherFirms | FM_OtheResour |
|----------|--------|-----------|----------|-------|----------|---------|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| InIncome | 12.857 | 0.028 | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| Innov | 2.648 | 0.469 | 0.077 | 1.000 | | | | | | | | | | | |



| | Mean | Std. Err. | InIncome | Innov | Expen_RD | Workers | Patent | Tech_Maturity | International | FM_OwnResour | FM_GoverSuppo | FM_ReSubsidiari | FM_BankLoans | FM_OtherFirms | FM_OtheResour |
|----------------------|-----------|-----------|----------|--------|----------|---------|--------|---------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|
| Expen_RD | 16363.320 | 4192.131 | 0.203 | 0.009 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| Workers | 1580.450 | 33.568 | 0.383 | 0.018 | 0.208 | 1.000 | | | | | | | | | |
| Patent | 0.063 | 0.011 | 0.037 | 0.141 | 0.008 | -0.031 | 1.000 | | | | | | | | |
| Tech_Maturity | 2.543 | 0.276 | 0.208 | 0.013 | 0.734 | 0.326 | -0.002 | 1.000 | | | | | | | |
| Internationalization | 0.682 | 0.010 | 0.151 | 0.055 | 0.047 | 0.017 | 0.081 | 0.079 | 1.000 | | | | | | |
| FM_OwnResour | 0.207 | 0.009 | 0.120 | 0.214 | 0.047 | -0.073 | 0.238 | -0.015 | 0.098 | 1.000 | | | | | |
| FM_GoverSupport | 0.039 | 0.004 | 0.125 | 0.040 | 0.062 | 0.016 | 0.200 | 0.004 | 0.117 | 0.392 | 1.000 | | | | |
| FM_ReSubsidiaries | 0.034 | 0.004 | 0.062 | 0.036 | 0.044 | -0.001 | 0.074 | 0.007 | 0.107 | 0.282 | 0.168 | 1.000 | | | |
| FM_BankLoans | 0.028 | 0.003 | 0.070 | 0.101 | 0.027 | -0.051 | 0.124 | -0.012 | -0.002 | 0.304 | 0.164 | 0.089 | 1.000 | | |
| FM_OtherFirms | 0.008 | 0.002 | 0.016 | 0.052 | 0.026 | -0.047 | 0.009 | -0.006 | -0.003 | 0.127 | 0.034 | 0.038 | 0.168 | 1.000 | |
| FM_OtherResources | 0.005 | 0.002 | 0.026 | -0.006 | -0.003 | -0.025 | -0.009 | -0.009 | -0.055 | 0.023 | -0.015 | -0.014 | -0.012 | -0.007 | 1.000 |

Resultados y discusión

En esta sección se presentan y analizan los resultados del análisis econométrico. A continuación, en la tabla 3 se observan los datos obtenidos considerando las ventas anuales (InIncome) de las empresas como variable dependiente.

Tabla 3. Resultados de la regresión

| Variables | Modelo 1 | Modelo 2 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|
| InIncome | InIncome / Coef. | InIncome_plus1 / Coef. |
| Innov | 2.025E-03* | 1.832E-03* |
| Expen_RD | 7.420E-06*** | 6.970E-06*** |
| Workers | 2.970E-04*** | 2.667E-04*** |
| Patent | 0.021 | 0.023 |
| Tech_Maturity | 0.020** | 0.027*** |
| Internationalization | 0.028 | 0.022 |
| FM_OwnResour | 0.139* | 0.185** |
| FM_GoverSupport | 0.024 | 0.017 |
| FM_ReSubsidiaries | -0.235 | -0.215 |



| Variables | Modelo 1 | Modelo 2 |
|-------------------|----------|----------|
| FM_BankLoans | 0.279* | 0.304* |
| FM_OtherFirms | -0.271 | -0.139 |
| FM_OtherResources | 0.466 | 0.478 |
| _cons | 12.307 | 12.382 |

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01 indican la significancia

Como se observa en la tabla anterior, a partir del Modelo 1, los resultados del análisis econométrico indican que prácticamente todas las variables control empleadas resultan ser estadísticamente significativas, es decir, el nivel de la actividad innovadora ($2.025E-03$ Innov; $p=0.070$), la intensidad de I+D ($7.420E-06$ Expen_RD; $p=0.000$), el tamaño de la empresa ($2.970E-04$ Workers; $p=0.000$), y la madurez tecnológica (0.020 Tech_Maturity; $p=0.025$) presentan una influencia positiva ante la tasa de crecimiento económico de una empresa. Sin embargo, en los casos del número de patentes y de la internacionalización, no resultaron ser significativos (0.021 Patent; $p=0.676$), lo cual se atribuye al bajo índice de dichas actividades en el ámbito nacional.

En general, los resultados obtenidos acerca de las variables control indican que las actividades de innovación y la inversión en actividades de I+D favorecen el crecimiento empresarial y a su vez las grandes empresas tienen una ventaja para la generación de ingresos y por lo tanto en la generación de bienes en comparación con las pequeñas empresas. Adicionalmente, los resultados del análisis muestran que ni las patentes ni la internacionalización de las empresas se encuentran asociadas con su crecimiento económico.

En relación con los mecanismos de financiamiento, los resultados indican que tanto los recursos propios como los créditos bancarios son los mecanismos que influyen positivamente en la generación de ingresos, esto dado que ambas variables resultaron ser estadísticamente significativas (0.139 FM_OwnResour; $p=0.070$ y 0.279 FM_BankLoans; $p=0.078$). Por otra parte, los resultados del Modelo 1 muestran que el apoyo gubernamental no resultó ser considerado un mecanismo que influya positivamente en el incremento de ingresos ya que el análisis econométrico indica un coeficiente positivo pero no significativo estadísticamente (0.024 FM_Gover-Support; $p=0.871$). Una posible explicación de esto es que es posible que el apoyo gubernamental apoye etapas tempranas en el desarrollo de proyectos de I+D y por ende, la inversión en estos proyectos no se vea reflejada necesariamente en los ingresos de las empresas.

A partir de que los resultados obtenidos con el Modelo 2 son consistentes con los del Modelo 1, se sugiere que las empresas de éxito en un periodo determinado son más propensas a ser exitosas en periodos posteriores (en términos de crecimiento económico), es decir: "El éxito genera éxito" (*path dependence process*).

Conclusiones

En este análisis se ha encontrado que las variables control empleadas (actividades de innovación, gasto total en I+D, tamaño de la empresa y su madurez tecnológica) representan influencia positiva para el crecimiento económico de la empresa. Contrario a lo que se cita en la bibliografía, las patentes y las actividades de internacionalización no resultaron significativas, lo cual se atribuye al bajo índice de dichas actividades (principalmente de las patentes) por parte de las empresas en México.



Las actividades de innovación implican riesgos económicos que las empresas, por lo general, financian con fondos internos (recursos propios), mismos que la mayoría de las veces son difícil de asignar principalmente debido a la incertidumbre que este tipo de proyectos representa. Sin embargo, el hecho de que mediante nuestro análisis econométrico la innovación resultara estadísticamente significativa implica que a pesar de la existencia de restricciones financieras las empresas en México han visto la innovación como un factor clave que permite el incremento de las ganancias empleando la misma cantidad de capital y trabajo.

Por otra parte, el resultado del análisis econométrico muestra que las empresas con mayor número de trabajadores tienen una ventaja en la generación de beneficios económicos. Este fenómeno se atribuye a la economía, los recursos, los riesgos más bajos, la estructura organizativa, etc., que hacen a las grandes compañías (en términos del número de trabajadores) más propensas a innovar y generar mayores tasas de ganancias.

Finalmente, el análisis econométrico muestra un proceso conocido como *path dependence process*, lo que indica que el crecimiento económico de la empresa en un año en particular es un factor importante para lograr el crecimiento económico en los años siguientes. Este fenómeno podría explicarse ya que las empresas más productivas tienen un costo marginal más bajo por unidad de insumo y esto afectará positivamente las condiciones para beneficios posteriores por medio de un poder creciente mercado y la mejora del rendimiento en términos de ingresos.



Bibliografía

1. Arrow, J., (1962). The Economic Implications of Learning by Doing. *Review of Economic Studies* 29, 155-173
2. Audretsch, D. and Lehmann, E., (2004). Financing high-tech growth: the role of banks and venture capitalists. *Schmalenbach Business Review* 56, 340-357
3. Barden, J., (2012). The influences of being acquired on subsidiary innovation adoption. *Strategic Management Journal* 33, 1269-1285
4. Cohen, W.M. y Klepper, S., (1996). Firm size and the nature of innovation within industries: the case of process and product R&D. *The Review of Economics and Statistics* 78, 232
5. Cohen, W. M. y Levinthal D. A., (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly* 35, 128-152
6. Dellestrand, H., (2011). Subsidiary embeddedness as a determinant of divisional headquarters involvement in innovation transfer processes. *Journal of International Management* 17, 229-242
7. Ettlíe, J.E. y Rubenstein, A. H., (1987). Firm size and product innovation. *Journal of Product Innovation Management* 4, 89-108
8. Freeman, C. y Soete, L., (1997). The Economics of Industrial Innovation. Editorial Routledge
9. Fritsch, M., y Meschede, M., (2001). Product Innovation, Process Innovation, and Size, *Review of Industrial Organization* 19, 335-350
10. Galende, J., (2006). Analysis of technological innovation from business economics and management. *Technovation* 26, 300-311
11. Hall, B. H., (2005). The Financing of Innovative Firms. *Review of Economics and Institutions* 1, 1-30
12. Kamien, M. y Schwartz, N., (1975). Market Structure and Innovation: A Survey. *Journal of Economic Literature* 13, 1-37.
13. Klevoric et al., (1995). On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities. *Research Policy* 24, 185-205
14. Laforet, S., (2007). Size, strategic and market affects on innovation. *Journal of Business Research* 61, 753-764
15. Mansfield, E., (1980). Basic Research and Productivity Increase in Manufacturing. *The American Economic Review* 70, 863
16. Solow, R. M., (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics* 70, 65-94.
17. Zarutskie, R., (2013). Competition, financial innovation and commercial bank loan portfolios. *J. Finan. Intermediation* 22, 373-396





Capital social y productividad científica de los ingenieros en México

Jorge Rodríguez Miramontes
Claudia González Brambila

Resumen

El objetivo de este artículo es mostrar cómo las diferentes características de las redes sociales afectan la productividad de los ingenieros en México usando una base de datos de todas las publicaciones y citas en el Institute of Scientific Information (ISI) de 1980 a 2007, en la que participa al menos un ingeniero en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). En este artículo se estudian los efectos simultáneos de diferentes dimensiones de la inserción de redes de cooperación en el transcurso del tiempo de manera individual, incluyendo los efectos simultáneos de los contactos directos, la frecuencia de los contactos, los agujeros estructurales y la centralidad de la red. El análisis utiliza datos longitudinales con un modelo econométrico de efectos fijos, lo que permite observar los mismos individualmente, controlando así las características no observadas como la habilidad o la institución de adscripción. Así también se incluyen los efectos en la productividad e impacto de los diversos tipos de colaboración: internacional, interinstitucional, intrainstitucional, academia-gobierno y academia-empresa.

Los resultados muestran que la colaboración internacional, intrainstitucional e interinstitucional influyen de manera positiva en la productividad y el impacto. Además que la colaboración academia-empresa sólo influye positivamente para la productividad; mientras que la de academia-gobierno no tiene efecto alguno con la productividad ni con el impacto. En cuanto a las características de las redes se encontró que el grado nodal o el número de coautores y la cercanía influyen positivamente en la productividad más no así en el impacto; en cambio, la intermediación tiene una relación positiva con el impacto pero no con la productividad y por último, los huecos estructurales dentro de la red de coautoría tienen una relación negativa para el impacto y la productividad.



1. Introducción

La colaboración en la investigación científica ha experimentado un gran incremento en las últimas décadas, debido a la complejidad de los problemas, que, entre otras cosas, requieren de un enfoque multidisciplinario y transdisciplinario para su solución, y el intercambio de ideas entre disciplinas es fundamental.

Sin embargo los beneficios de la colaboración no sólo se traducen en un intercambio de ideas, sino también en el acceso a recursos (Katz y Martin, 1997), la acumulación de experiencia o pericia (Beaver 2001; Birnholtz, 2007), el aprendizaje de nuevas habilidades (Heinze & kuhlman 2008), mayor productividad (Beaver y Rosen, 1978), mayor calidad en los resultados (Rigby y Eder 2005), acceso a fondos (Beaver, 2001) y prestigio (Beaver y Rosen, 1978).

Aunque no hay una definición como tal de lo qué es la colaboración y aún existe un debate de cómo medirla (Savanur y Sirikanth, 2009), y debido a que la naturaleza de aquélla depende de la iteración humana, determinar de forma precisa su forma y magnitud no podría ser fácilmente cuantificada por los métodos comunes como el de observación, entrevista o cuestionarios. Por tal motivo este trabajo utiliza como unidad de medición la coautoría o el análisis bibliométrico de artículos multiautor; a pesar de que sólo es un indicador parcial de la actividad colaborativa, tiene la ventaja de que es un método invariante y verificable, además de que el tamaño de la muestra puede ser grande y con ello obtener resultados estadísticamente significativos. El estudio de la colaboración en investigación no es nuevo; sin embargo, últimamente se ha prestado mayor atención a las redes de coautoría dentro de una comunidad académica, ya que éstas pueden ser más representativas de la estructura del conocimiento de dicha comunidad; es decir, por medio de la colaboración puede entenderse la estructura social de la comunidad científica como el de los “Colegios Invisibles” (Price 1963; Price y Beaver, 1966; Crane 1972) o el papel de la colaboración en el proceso de generación de conocimiento científico (Stephan y Levin, 1997). En este sentido, este trabajo retoma la definición de capital social, como referente a las conexiones entre individuos, redes sociales y normas de reciprocidad y confianza que se desprenden de ella (Putman, 2000).

La incorporación de la física a cuestiones sociales ha tenido gran importancia en las últimas décadas; el resultado de esta multidisciplinaria (Teoría de Grafos y Análisis Sociométricos) (Moreno, 1934) incorpora al análisis de redes sociales o *Social Networks Analysis* como una nueva herramienta para medir la estructura social y las colaboraciones.

En este artículo se analiza el capital social de los ingenieros en México y como éste influye en su productividad e impacto. Una parte crucial de esta investigación es que aplica un análisis de redes sociales a las redes de coautoría formadas por los ingenieros miembros del área VII del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).¹

El estudio incluye tres propiedades importantes del capital social: 1) centralidad o posición que ocupan los autores; 2) subgrupos a los que pertenecen, y 3) flujo de la red (Burt, 1980;

¹ El Sistema Nacional de Investigadores se creó en 1984 para dar estímulos económicos a los investigadores más productivos de México. El programa sigue vigente hasta hoy y representa hasta 30% del salario de los investigadores que pertenecen a él.



Marsden y Leuman, 1994). Los aspectos de centralidad cuantifican aspectos de los patrones de los lazos de los actores, lo que mide la importancia relativa de un nodo (actor) en la red. Para analizar los subgrupos de actores se consideran las propiedades de la colección de los lazos que existen entre los miembros del conjunto, como cercanía, intensidad y frecuencia relativa (Freeman, 1992; Granovetter, 1973).

Otro punto importante en el análisis es el tercer elemento de la red: flujo que se percibe mediante los lazos o relaciones dentro de una red, ya que estos lazos permiten el flujo de recursos materiales o no materiales entre los actores sociales, por medio de los lazos puede fluir información, conocimiento, recursos económicos etcétera (Granovetter, 1973).

Mientras los estudios existentes del impacto de la colaboración en la productividad científica mexicana clasifican el tipo de colaboración en internacional o nacional (González-Brambila y Veloso, 2007), este trabajo incorpora cinco tipos de colaboración (interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-gobierno y academia-empresa).

Una ventaja de este estudio es que utiliza una amplia base de datos que incluye a todos los investigadores que han publicado con algún ingeniero mexicano que haya sido parte del SNI de 1991 a 2007, por lo que el análisis permite utilizar una regresión binomial negativa de efectos fijos, que permite controlar por las características individuales no observadas en el transcurso del tiempo que influyen en la probabilidad de la colaboración y la medida de creación del conocimiento.

La siguiente sección muestra la metodología y los datos utilizados en el análisis, posteriormente se presentan los resultados obtenidos

2. Metodología y datos

2.1 Datos

Se tuvo acceso a la información de 2,150 Investigadores que han sido parte del Área VII (Ingeniería y Tecnología) del SNI, durante 1991 a 2007. El Área VII, abarca, a los investigadores que se abocan al estudio de la Ingeniería en sus diferentes subdisciplinas entre otras: Aeronáutica, Ambiental, Civil, de Comunicaciones, Electrónica y Control, Eléctrica, Computación, Industrial, de Materiales, Marina y Portuaria, Mecánica, Minera, Nuclear, Petrolera, Química y Textil, en sus vertientes tanto básica como aplicada.

Para medir la productividad e impacto de los ingenieros se buscaron todas las publicaciones y citas en el Instituto de Información Científica (ISI, por sus siglas en inglés) y en el *Atlas de la Ciencia Mexicana* de los investigadores en el periodo de 1981 a 2007. Este estudio considera la producción de 2,150 investigadores que han publicado 14,275 artículos.

2.2 Variables

Variables Dependientes

- Publicaciones. Número de artículos que un científico publica en coautoría anualmente.
- Impacto. Número de citas que recibe cada publicación en los siguientes 4 años a partir de su publicación.



VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLES DE TIPO COLABORACIÓN

- Coautoría internacional. Cuando un artículo tiene direcciones reportadas en más de un país.
- Coautoría intrainstitucional. Si un artículo tiene una sola dirección, pero más de un autor.
- Coautoría interinstitucional. Cuando un artículo tiene más de una dirección reportada, pero un solo país.
- Coautoría academia-empresa. Si un artículo reporta afiliación a una o más empresas.
- Coautoría academia-gobierno. Si un artículo reporta como afiliación a una entidad gubernamental.

VARIABLES DE CAPITAL SOCIAL

Para explicar la primera propiedad del capital social (Centralidad)

- Grado nodal. Número de coautores que tiene un investigador.
- Frecuencia de contactos directos. Es el cociente entre el número de coautores que tiene un investigador y el número total de publicaciones por año.
- Para explicar la Segunda Propiedad.
- Cercanía. Grado en que un actor está cerca de todos los demás actores a lo largo de la ruta más corta.

Para explicar la tercera propiedad (flujo de la red)

- Intermediación. Distancia más corta entre un actor A y un par de actores que pasan por el actor A.
- Agujeros Estructurales. Ausencia de un vínculo entre dos contactos, los cuales están asociados a un actor.

2.3 Modelo

Debido a que los datos se refieren a la producción y el impacto de individuos a lo largo del tiempo, se empleará la técnica de datos longitudinales cuyo modelo general es:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + X_{it}\beta + u_{it}$$

Con $i=1, \dots, N$;
 $t=1, \dots, T$.

Debido a que las variables dependientes toman valores enteros positivos, o el valor cero se les denominan variables de recuento, por esta razón el modelo econométrico a emplear es el de regresión. Para corregir el problema de heterogeneidad se emplea el modelo de efectos fijos, ya que este considera que existe un término constante diferente para cada individuo y supone que los efectos individuales son independientes entre sí.

Autores

En el periodo de investigación se analizó la producción de 2,150 autores del Área VII del SNI, sin embargo la cantidad de autores involucrados en la producción estudiada asciende aproximadamente a 22 mil autores; 2,379 pertenecen a las otras seis áreas del SNI y 17,190 no pertenecen al sistema; entre este grupo se encuentran investigadores extranjeros, y otro tanto son nacionales no pertenecientes al sistema y/o estudiantes de posgrado o licenciatura.

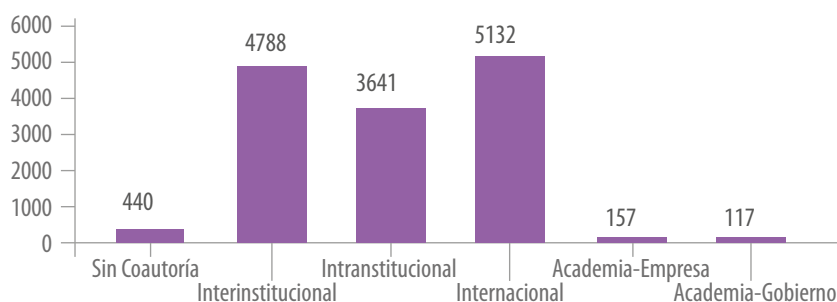


En cuanto a autores pertenecientes al SNI por área de conocimiento, la cooperación más activa es con investigadores del Área I: Ciencias Exactas (Física, Matemáticas y Ciencias de la Tierra) con mil 74 autores en coautoría; después con investigadores del Área II, Ciencias de la Vida (Química y Biología) con 664 autores en coautoría; seguidos por investigadores del Área IV, Ciencias Agronómicas y Biotecnología con 315 autores en coautoría, posteriormente por científicos del Área III, ciencias de la salud con 288 autores en coautoría. La colaboración más reducida es con investigadores de las Áreas IV, Humanidades y Ciencias de la Conducta y Área V, Ciencias Sociales y Económicas con 24 autores y 14 autores en coautoría, respectivamente.

Determinación del tipo colaboración

Conforme a la metodología antes descrita, los 14,275 artículos se clasificaron de acuerdo con el tipo de colaboración. Para ello se crearon seis grupos: con un solo autor, interinstitucional, intrainstitucional, internacional, academia-empresa y academia-gobierno. En la gráfica 1, se muestra el número de artículos por tipo de colaboración. El resultado del análisis de colaboración arroja que 440 artículos, que representan 3% de la producción, son de autor único; 4,778 (34% del total) tienen coautoría interinstitucional; 3,641, 25% tiene una coautoría interinstitucional; 5,312, 36% internacional; 157, 1% tiene una coautoría academia-empresa; y 117 artículos, aproximadamente 1% del total tiene coautoría academia-gobierno.

Gráfica 1. Distribución de la producción por tipo de colaboración.



Entre la coautoría academia-empresa hay 87 empresas que colaboraron con 43 universidades nacionales, la gráfica 2 muestra las empresas con más de dos colaboraciones con entidades académicas. En la gráfica se omiten 66 empresas que solamente colaboraron una o dos veces. La empresa con mayor colaboración, Nermak tiene una participación en 17 artículos relacionados con el área metal-mecánica; la segunda con mayor participación, Hylsa del área de aceros con 16, y la tercera Negromex del área de plásticos con 11.

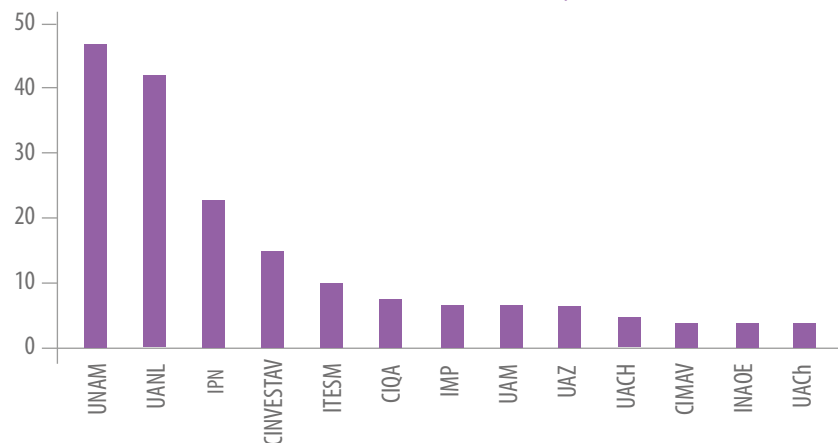
Gráfica 2. Empresas que colaboraron con más de una vez con el sector académico.





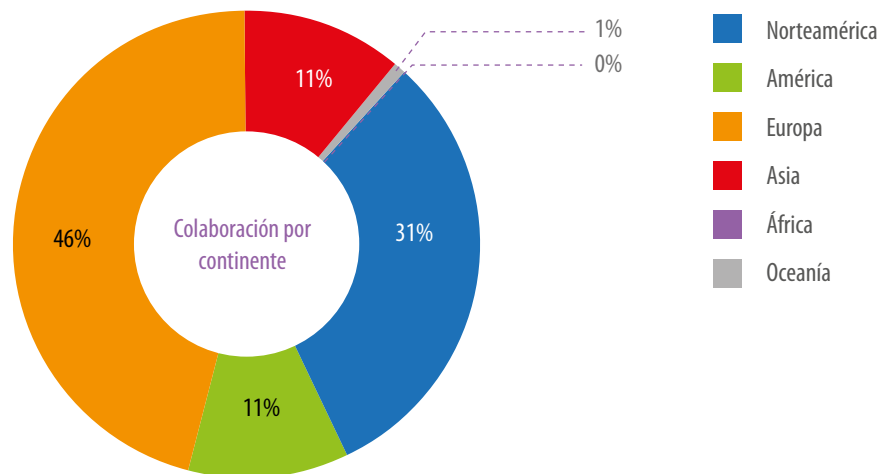
En contraparte la gráfica 3 muestra las universidades con más colaboración con el sector productivo; resalta la Universidad Nacional Autónoma de México en primer lugar con 47 artículos, en segundo lugar la Universidad Autónoma de Nuevo León con 42, y en tercer lugar el Instituto Politécnico Nacional con 23.

Grafica 3. Universidades con más de dos colaboraciones con el sector productivo.



La grafica 4 muestra la colaboración internacional por continente, en ésta se observa que el continente europeo tiene 46% de las colaboraciones, mientras el americano 42%, Asia 11%, seguido por Oceanía con 1% y finalmente África con una escasa colaboración.

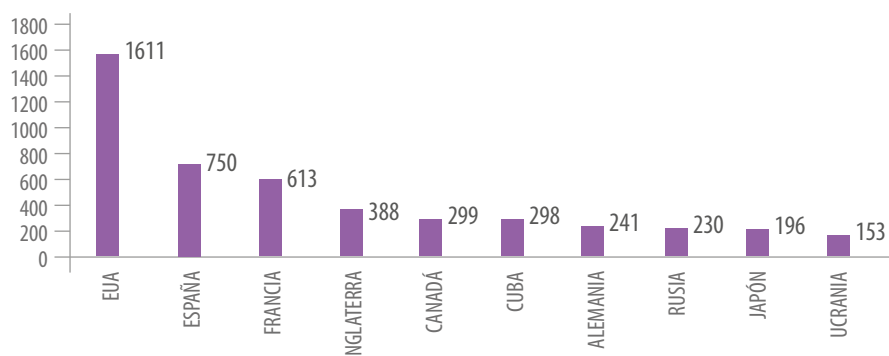
Gráfica 4. Distribución por continente de la colaboración internacional.



Si se analiza sólo por país, la gráfica 5 muestra los 10 países con mayor coautoría, a pesar de que Europa predominaba como continente con más participación, Estados Unidos es el país con mayor colaboración acumulando mil 611 artículos en coautoría; en segundo lugar, España con 750 coautorías se coloca como el país Europeo con más colaboración, Cuba con 298 coautorías se coloca como el país latinoamericano más activo.



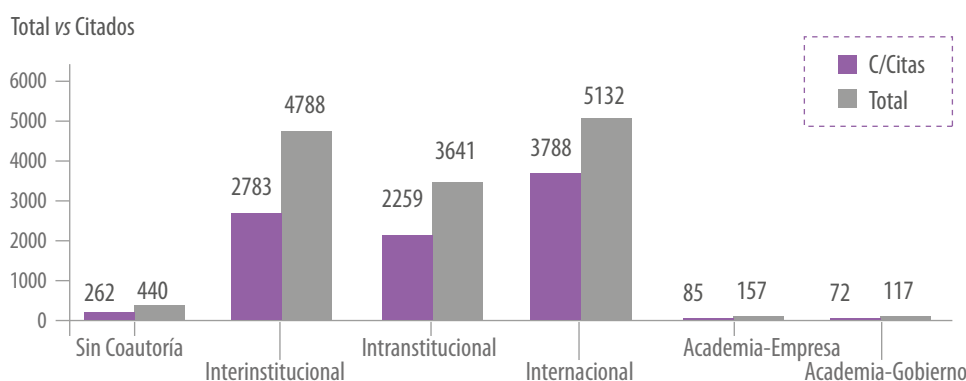
Grafica 5. Los 10 Países con mayor Coautoría.



Análisis de citas

Por último, el análisis de citas se realiza sobre la misma división de los artículos producidos por los investigadores del SNI en el área VII, un primer resultado se muestra en la gráfica 6, en ésta se compara el total de los artículos por tipo de colaboración, contra los artículos citados de cada categoría. De los 440 artículos con un solo autor (59%) sólo 262 (41%) recibieron cuando menos una cita. En cuanto a la colaboración interinstitucional: 2,783 (58%) artículos fueron citados de un total de 4,788 artículos. De los 3,641 artículos que tienen una colaboración intra-institucional, 2,259 (62%), fueron citados. De los 5,132 escritos en colaboración internacional 3,788 (73%) artículos fueron citados al menos una vez. De los 157 artículos escritos en colaboración academia-empresa 85 (54%) tienen cuando menos una cita y para el caso academia-gobierno 72 (61%) artículos de 117 fueron citados.

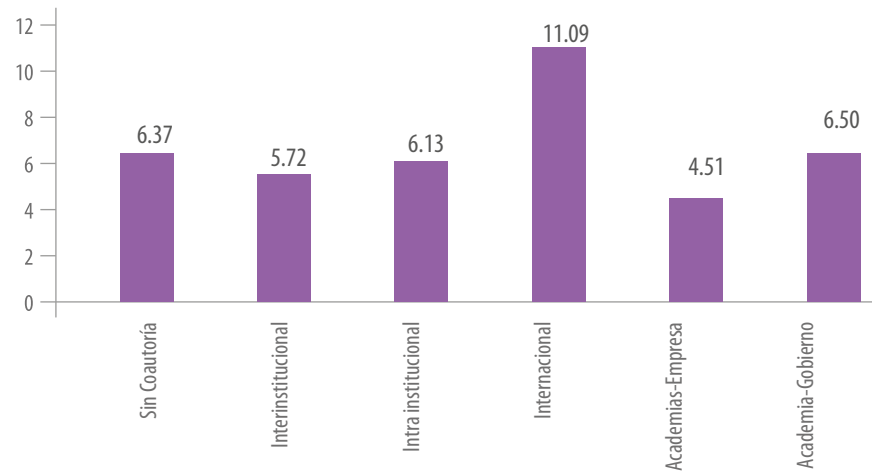
Grafica 6. Comparación del número de artículos citados contra el total por tipo de colaboración.



El promedio de citas obtenidas durante el periodo de 1981 a 2007 se puede ver en la gráfica 7. Como puede observarse, la colaboración internacional es el tipo que tiende a recibir el mayor número de citas por artículo (11, en promedio), después la colaboración academia-gobierno tiene un promedio de 6.5 cerca del de 6.3 citas de los artículos sin coautoría o 6 citas de la colaboración intranstitucional; después, con promedio de 5.7 citas se encuentra la colaboración interinstitucional, y finalmente el promedio más bajo es el del tipo de colaboración academia-empresa con 4.5 citas.



Grafica 7. Promedio de citas por Tipo de Colaboración.



3. Resultados

En la siguiente sección describiremos los resultados obtenidos por el modelo econométrico, primero hablaremos de la estadística descriptiva y subsecuentemente los resultados por el tipo de variable. Las tablas 1 y 2 muestran la estadística descriptiva de las variables de productividad y de citas respectivamente. La tabla 1 muestra que los investigadores tienen una media de 2.5 publicaciones por año con una desviación estándar de 3.3 artículos, con un promedio de 9.84 citas en los siguientes cuatro años de su publicación con una desviación estándar de 26.28 (tabla 2). El número promedio de coautores o grado nodal es de 17, y la cercanía promedio es de 0.076. La intermediación tiene un valor medio de 0.002 y los huecos estructurales una media de 0.474. De igual forma las tablas 1 y 2 muestran la correlación entre las variables, como puede verse no existe un problema de multicolinealidad.

3.1 Productividad

Los resultados del modelo se muestran en la tabla 3. El análisis sugiere que el único tipo de colaboración que no es estadísticamente significativo es el de academia-gobierno. En cuanto a los factores de redes, el número de contactos que mantiene un investigador tiene una relación positiva con la productividad, mientras que los huecos estructurales mantienen una relación negativa, la cercanía de un investigador en la red de coautoría influye de manera negativa para la producción futura mientras que la cercanía no tiene significancia estadística.

3.2 Citas

Los resultados para el impacto se muestran en la tabla 4. Estos muestran que sólo la colaboración interinstitucional, intrainstitucional e internacional tiene una relación positiva con el impacto, destacando que la internacional es la que tiene un coeficiente mayor. Por parte de las variables de redes, la intermediación y la cercanía tienen una relación positiva para el impacto, mientras los huecos estructurales tienen una relación negativa, y por último el número de contactos que tiene un investigador no influye de manera significativa para el impacto.



4. Conclusión

En este artículo hemos abordado el tema del capital social con un enfoque de estudio de redes sociales y de cómo éste influye en la productividad de los ingenieros en México a través de un análisis de coautoría. En forma adicional se incorporaron dos tipos de variables de colaboración que no se habían introducido en trabajos previos: la colaboración academia-empresa y la academia-gobierno. Los resultados obtenidos en esta investigación no son tan diferentes a los obtenidos en estudios previos. En general al igual que los estudios de Lotka (1926) la colaboración en sí tiene una relación positiva con la productividad, en nuestro estudio encontramos que la colaboración internacional influye positivamente a la productividad de los ingenieros mexicanos pero no tanto como la interinstitucional, esto puede explicarse por la facilidad de colaboración en una institución, ésta tiene menos inconvenientes que la internacional, como los debidos a problemas de distancia, costos asociados para visitas a los colegas entre otros; resultados similares a los de He Gang y Hunt (2009).

Un punto importante a destacar es que la colaboración academia-empresa impacta positivamente en la productividad. A pesar de las restricciones que implica el publicar para patentar, en México no se ve que esto limite a los ingenieros en la academia y en la industria a publicar los resultados de la colaboración.

La colaboración también influye positivamente en la citas recibidas (Hatz y Hicks, 1997; Wuchty, 2007) para nuestro estudio la colaboración internacional es la que más influencia positiva tiene en el impacto; seguida de la colaboración interinstitucional. Lo que refleja que colaborar con el extranjero tiende a verse como un trabajo de calidad y prestigio ante la comunidad científica.

Por último, el punto central del estudio es cómo las redes de colaboración influyen en la productividad y las citas recibidas, para esto se propusieron incluir las medidas de centralidad de una red en el estudio, (grado nodal, cercanía e intermediación) y los huecos estructurales.

Los trabajos previos han reportado que los vínculos directos, pueden influir en la creación de nuevo conocimiento (Cockburn y Henderson, 1998). Los resultados de nuestro trabajo confirman dicho resultados, ya que el grado nodal influye positivamente para la producción futura de conocimiento (artículos); sin embargo, esta medida de centralidad no tiene significancia estadística para las citas. La distribución de los contactos directos de un autor tiene efectos positivos en la cantidad y diversidad del conocimiento a la que un investigador tiene acceso (Bonacich, 1987), es por esto que la cercanía en la investigación posee un impacto altamente positivo para la productividad y para las citas recibidas en dicha producción, con esto podemos argumentar que un ingeniero con mayor acceso a la red de colaboración, tiende a una rica productividad (artículos) e inclusive mayor a las citas recibidas; en pocas palabras; gana prestigio ante la comunidad. Como última variable de centralidad, la intermediación sólo influye en las citas más no así en la productividad; lo que significa que entre más veces un investigador actuó como conector de un autor a otros autores influye de forma positiva para obtener prestigio. Por último los huecos estructurales, para ambas medidas de desempeño, impactan de forma negativa, esto contradice resultados previos. El argumento de Burt (1992) de que los huecos estructurales evitan información redundante, parece no aplicarse en los ingenieros mexicanos.

Con esta investigación podemos concluir que el capital social de un ingeniero perteneciente al SNI, influye en su productividad futura y en las citas recibidas a su trabajo.



Tabla 1 Estadística descriptiva para productividad

| | Mean | Std. Dev. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
|---------------------------------------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|------|
| (1) productividad | 2.552 | 3.350 | 1 | | | | | | | | | | |
| (2) interinstitucional | 1.106 | 1.696 | 0.381 | 1 | | | | | | | | | |
| (3) intrainstitucional | 1.166 | 2.150 | 0.461 | 0.222 | 1 | | | | | | | | |
| (4) internacional | 1.158 | 2.091 | 0.446 | 0.106 | 0.170 | 1 | | | | | | | |
| (5) academia-industria | 0.045 | 0.312 | 0.071 | 0.030 | 0.021 | 0.012 | 1 | | | | | | |
| (6) academia-gobierno | 0.033 | 0.237 | 0.019 | 0.021 | 0.030 | -0.018 | -0.016 | 1 | | | | | |
| (7) grado nodal | 17.765 | 46.303 | 0.315 | 0.212 | 0.390 | 0.349 | 0.043 | 0.019 | 1 | | | | |
| (8) huecos estructurales | 0.474 | 0.286 | -0.321 | -0.215 | -0.332 | -0.332 | -0.061 | -0.016 | -0.259 | 1 | | | |
| (9) cercanía | 0.076 | 0.063 | 0.287 | 0.169 | 0.417 | 0.218 | 0.056 | -0.004 | 0.291 | -0.45 | 1 | | |
| (10) intermediación | 0.002 | 0.006 | 0.404 | 0.305 | 0.461 | 0.351 | 0.074 | 0.023 | 0.620 | -0.346 | 0.297 | 1 | |
| (11) frecuencia de contactos directos | 4.745 | 14.263 | 0.009 | -0.025 | 0.026 | 0.032 | -0.0003 | -0.006 | 0.639 | -0.099 | 0.123 | 0.2707 | 1 |
| N 5802 | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 2 Estadística descriptiva para citas

| | Mean | Std. Dev. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
|--------------------------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|------|------|
| (1) citas | 9.870 | 26.283 | 1 | | | | | | | | | | |
| (2) interinstitucional | 1.106 | 1.696 | 0.256 | 1 | | | | | | | | | |
| (3) intrainstitucional | 1.166 | 2.150 | 0.322 | 0.219 | 1 | | | | | | | | |
| (4) internacional | 1.158 | 2.091 | 0.593 | 0.095 | 0.157 | 1 | | | | | | | |
| (5) academia-industria | 0.045 | 0.312 | 0.012 | 0.031 | 0.019 | 0.010 | 1 | | | | | | |
| (6) academia-gobierno | 0.033 | 0.237 | 0.006 | 0.026 | 0.033 | -0.018 | -0.016 | 1 | | | | | |
| (7) grado nodal | 17.765 | 46.303 | 0.367 | 0.205 | 0.383 | 0.341 | 0.041 | 0.020 | 1 | | | | |
| (8) huecos estructurales | 0.474 | 0.286 | -0.238 | -0.212 | -0.327 | -0.326 | -0.059 | -0.021 | -0.255 | 1 | | | |



| | Mean | Std. Dev. | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
|---------------------------------------|-------|-----------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|------|
| (9) cercanía | 0.076 | 0.063 | 0.217 | 0.169 | 0.416 | 0.211 | 0.052 | 0.001 | 0.290 | -0.442 | 1 | | |
| (10) intermediación | 0.002 | 0.006 | 0.376 | 0.299 | 0.454 | 0.342 | 0.072 | 0.023 | 0.616 | -0.349 | 0.296 | 1 | |
| (11) frecuencia de contactos directos | 4.745 | 14.263 | 0.1286 | -0.0278 | 0.0216 | 0.0285 | -0.0008 | -0.0068 | 0.6402 | -0.094 | 0.1183 | 0.2697 | 1 |
| N | 5802 | | | | | | | | | | | | |

Tabla 3 Regresión binomial negativa para productividad

| | BINOMIAL NEGATIVO (EFECTOS FIJOS) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| interinstitucional | 0.0721 *** |
| intrainstitucional | 0.0452 *** |
| internacional | 0.0623 *** |
| academia-industria | 0.0751 *** |
| academia-gobierno | 0.052 |
| grado nodal | 0.0009 ** |
| huecos estructurales | -0.7211 *** |
| cercanía | 2.915 *** |
| intermediación | -1.6757 |
| frecuencia de contactos directos | -0.0079 *** |

* Significancia a 10 % ** Significancia a 5% *** Significancia a 1%

Tabla 4 Regresión lineal binomial negativa para citas

| | BINOMIAL NEGATIVO (EFECTOS FIJOS) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| interinstitucional | 0.0624 *** |
| intrainstitucional | 0.0573 *** |
| internacional | 0.1039 *** |
| academia-industria | -0.01 |
| academia-gobierno | -0.0016 |
| grado nodal | -0.0009 |
| huecos estructurales | -0.9244 *** |
| cercanía | 2.154 *** |
| intermediación | 5.4198 *** |
| frecuencia de contactos directos | 0.0005 |

* Significancia a 10 % ** Significancia a 5% *** Significancia a 1%



Bibliografía

1. Marcus A. Ynalvez, Wesley M Shrum. Professional networks, scientific collaboration, and publication productivity in resource-constrained research institutions in a developing country. *Research Policy* 40 (2011) 204-215.
2. Bukvova, H. (2010). Studing Research collaboration: A literature Review. *Sprouts: Working Papers on Information systems*, 10(3). <http://sprouts.aisnet.org/10-3>.
3. J. Sylvan Katz and Ben R. Martin. What is research collaboration? *Research Policy* 26 (1997) 1-21518.
4. M. E J. Newman. C. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration.
5. Sooho Lee and Barry Bozeman. The impact of research collaboration on scientific Productivity. *Social studies of science* 35/5 (October 2005) 673-702.
6. Claudia González-Brambila, Francisco M. Veloso. The determinants of research output and impact: a study of Mexican researchers. *Research Policy* 36 (2007) 1035-1051.



5

INDICADORES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA Y EL SNI





La producción científica del Sistema Nacional de Investigadores de México: un análisis con la base de datos normalizada de SCOPUS

Gabriela Dutrénit
María Luisa Zaragoza
Patricia Zúñiga

Resumen

En este documento se detallan los antecedentes del proyecto Observatorio de Indicadores Cientímetricos del Sistema Nacional de Investigadores del Foro Consultivo Científico y Tecnológico (FCCyT) realizado con la base de datos de SCOPUS. Se describe la metodología empleada para la conformación de la base de producción científica y los principales resultados de la primera etapa de dicho proyecto. El objetivo es caracterizar la productividad científica de los investigadores del SNI durante 2003-2009. Los resultados muestran la persistencia de heterogeneidad y concentración de la producción científica mexicana en la región centro del país; además, en las áreas de conocimiento, la existencia de una relación cuadrática entre la edad del investigador y el nivel de producción científica. Finalmente se señalan algunas líneas de investigación a futuro.

1. Antecedentes y objetivo

En 2009, el FCCyT se planteó la necesidad de analizar la producción científica de los investigadores del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) en México. El objetivo del proyecto fue en primera instancia medir la productividad de los investigadores SNI y realizar una caracterización con base en su nivel, área del conocimiento, edad, entidad federativa y la adscripción institucional. Previo a definir el método a utilizar para dicha investigación, se hizo una revisión documental; se analizaron las formas de medición de la producción y productividad científica; se identificaron las posibles fuentes de información, y se revisaron trabajos de investigación relacionados con el tema.



Entre algunos estudios realizados destacan Levin y Stephan, 1991; Turner y Mairesse, 2003; Lee y Bozeman, 2005; González-Brambila y Veloso, 2007; Luna-Morales, 2012; Becerra-Rodríguez, 2011; Rivera-Huerta, Dutrénit, *et al.*, 2011, donde se analizan distintos factores desde edad, incentivos económicos, colaboración, nivel académico, entre otros. Las principales conclusiones de dichos estudios se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores que determinan la producción científica

| Referencia | Autores | Factores | Principales conclusiones |
|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Internacional | Levin y Stephan, 1991 | Edad | El envejecimiento es sólo cuestión de edad, no de atributos, valores, acceso a recursos, etcétera. El ciclo de vida de los investigadores parece estar determinada por "inversión-motivación". Plantea dudas sobre si la tecnología informática haría que los científicos de más edad, sean más productivos respecto a generaciones futuras. Los resultados del envejecimiento y la generación sugieren que durante los próximos 10 o 15 años los científicos estadounidenses no serían tan productivos como en la década 1960-1970, asumiendo que las condiciones de mercado no cambiaran. |
| | Turner y Mairesse, 2003 | Incentivos económicos | Los incentivos para la publicación parecen ser menores con el tiempo para aquellos investigadores que han alcanzado el estatus más alto. Tal vez a causa del incremento en las tareas administrativas. La productividad disminuye después de 52 años de edad. La tendencia contribuye significativamente a explicar que la productividad disminuye con la edad después de este umbral. La calidad media de las revistas está influenciada negativamente por la edad, es decir, no hay una relación cuadrática. Un entorno productivo puede estimular la productividad individual. Los factores determinantes de la productividad son: calidad de las publicaciones, género y las variables de educación, en menor medida la edad. La edad no tiene impacto en el número medio de citas por dos años. Ser mujer tiene un impacto negativo en las citas y publicaciones. La variable educación tiene un mayor efecto. |
| México | González-Brambila y Veloso, 2007 | Edad, nivel académico, incentivos económicos | La producción aumenta conforme a la edad del investigador hasta los 64 años, aproximadamente. Existe un punto máximo de producción y una tendencia decreciente en esos mismos niveles. Hay una relación cuadrática entre la edad del investigador y sus publicaciones. En México se encuentra una diferencia entre el Nivel III y Nivel II, lo que sugiere que los investigadores del II publican más en revistas ISI que los del III. Se identifica una relación positiva y significativa entre el presupuesto del año anterior y el número de publicaciones ISI. Sin embargo, esta variable no hace una distinción entre los recursos que se invierten en cada área de conocimiento o en los recursos que cada investigador tiene. |
| | Becerra-Rodríguez, 2011 | Vinculación academia-industria | La actividad empresarial de los investigadores afecta negativamente en el número de publicaciones científicas en México. Las ciencias agropecuarias y la actividad industrial tienen una correlación positiva. Los beneficios de la relación academia-industria sirven como fuente de nuevas ideas de investigación. La más importante implicación pudiera ser política, en términos de construcción de un círculo virtuoso entre la ciencia y la industria, obteniendo beneficios ambas partes. Los investigadores que trabajan en investigaciones de actividades básicas publican más respecto a los que trabajan en investigación de actividad aplicada y tecnológica. En México, el sistema de incentivos en las últimas dos décadas ha permitido aumentar la productividad científica. |
| | Rivera-Huerta, Dutrénit, <i>et al.</i> , 2011 | Vínculos entre académicos y agricultores | Los investigadores pueden relacionarse con los agricultores de 3 maneras: <ul style="list-style-type: none"> • Interactuar intensamente con unos pocos agricultores • Interacción débil con un gran número de agricultores • Interacciones que significan beneficios a los agricultores sin que existe una interacción como tal. Los investigadores que tienen más interacción (aunque débil) tienden a publicar menos artículos en revistas ISI, que los investigadores que tienen interacción más estrecha, pero elaboran otros productos de investigación. El tipo de investigación tiene influencia en los patrones de publicación. El objetivo de este documento es caracterizar la productividad científica de los investigadores del SNI |

Fuente: Elaboración propia.



2. Metodología

Se determinó el uso de la base de datos SCOPUS debido al mayor número de revistas arbitradas contenidas, al ser dicha base más incluyente respecto a la base de datos de ISI. Para ello se contactó a Scimago Research Group (Scimago), consultora española que genera indicadores científicos considerando como fuente la base de datos SCOPUS. Fue así como en 2010 se firma el convenio de colaboración entre FCCyT-SCIMAGO, el cual contempló desde la capacitación al personal para la normalización o desambiguación de investigadores mexicanos y extranjeros residentes en México; la adaptación de la aplicación Web diseñada por Scimago para la normalización de autores e instituciones; la generación de indicadores científicos de cada uno de los investigadores y una actualización anual de los datos.

Es así como el proyecto tiene dos fases de desarrollo: la primera consta del periodo 2003-2009 y la segunda 2003-2011. En la primera etapa se utilizó el padrón SNI de 2010, con 16,519 investigadores adscritos; en la segunda, se empleó el de 2012 con 18,477 investigadores. Asimismo, en la primera etapa se reportan datos hasta 2011. De esta manera la primera base de datos generada es un panel de datos anualizado de 2003 a 2009 que contiene la producción científica de cada uno de los investigadores del SNI del padrón 2010.

Para el proceso de normalización, se requirió previamente la agrupación de las afiliaciones institucionales. De esta manera en la primera etapa se normalizaron cerca de mil 300 instituciones mexicanas. Asimismo, para la normalización de las mismas fue necesario establecer una sectorización, la cual comprendió 4 sectores: salud, educativo, gobierno y empresarial. Posteriormente se normalizaron los nombres de todos los integrantes del padrón de investigadores del SNI 2010.

Con la primera etapa del proyecto el FCCyT y CONACYT contribuyeron a la normalización de 10% de las instituciones mexicanas, lo cual permitió alcanzar 98% de los registros. Para esto fue necesario proveerse de la información del padrón de investigadores SNI y del buscador SCOPUS de Elsevier, de esta manera se identificaron todas aquellas publicaciones relacionadas con los autores. De la misma forma se realizaron búsquedas en la Web para afinar detalles de afiliaciones institucionales.

Es así como la información disponible de la primera etapa comprende los indicadores: investigadores con producción y sin producción científica; producción total, citas, colaboración nacional, colaboración internacional, colaboración nacional e internacional, no colaboración, publicación en revistas por cuartil, producción por año, citas por año, distribución por sector de institución y citas recibidas por país. Con dicha información fue posible realizar los cruces de información por entidad federativa, área y nivel del SNI, género y edad.

3. Resultados: caracterización de la producción científica mexicana de los investigadores SNI, 2003-2009

Con base en la información obtenida del proceso de normalización se encuentra que el número de artículos mexicanos registrados en la base SCOPUS, comprendidos en el periodo 2003-2009, fueron 79,202 artículos, de los cuales 57,724 están asociados con al menos un investigador del SNI del padrón 2010, lo cual representa una participación de 72.8%. Cabe resaltar que este dato ya está limpio del efecto traslape.



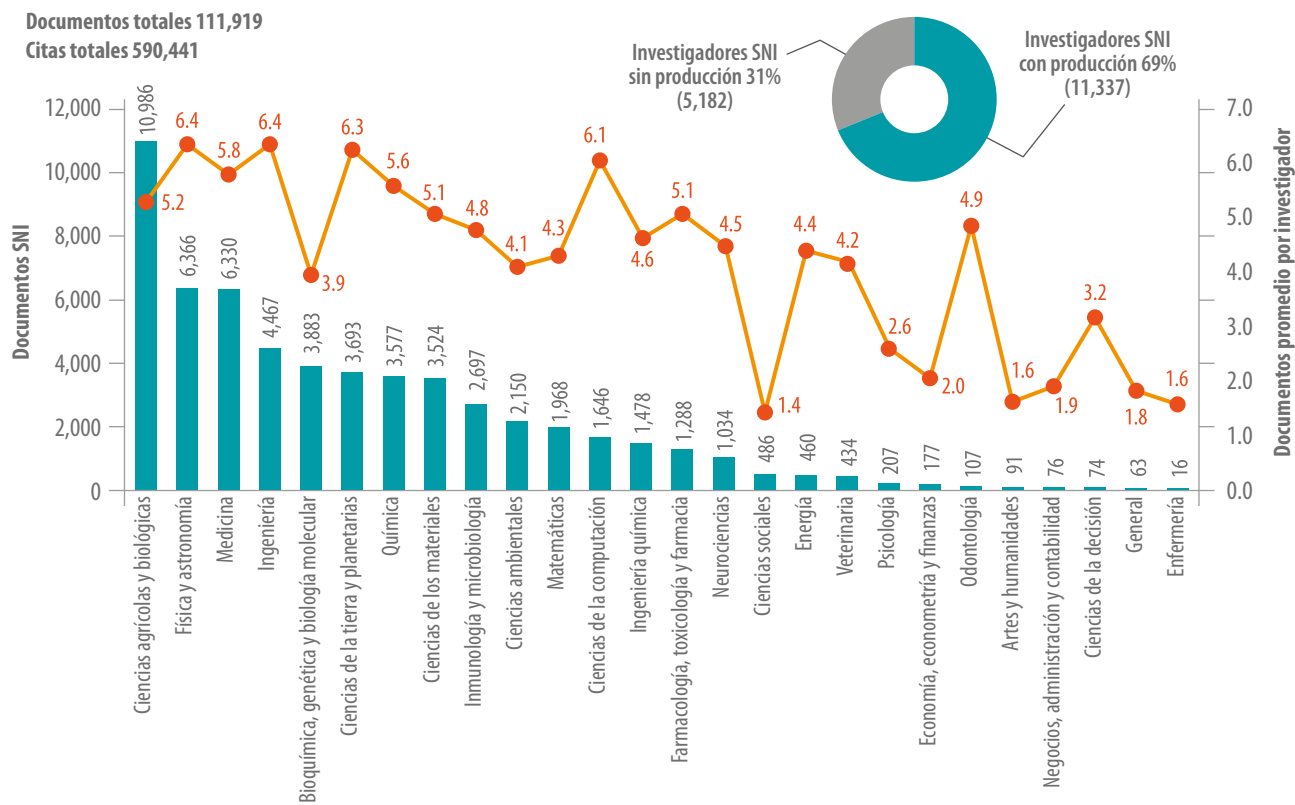
Se destaca que el crecimiento de la producción científica de los investigadores adscritos al SNI para el periodo 2003-2009 tuvo un desempeño menor al ritmo del incremento de la producción nacional, 6.30% contra 7.93% en promedio anual, respectivamente, razón por la cual la participación de la producción SNI fue descendente durante el periodo, pasando de 74.4% a 67.9% (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Producción científica de los Investigadores SNI 2003-2009

| Año | Producción México | Producción científica asociada a los investigadores SNI | Participación SNI/ producción México |
|--------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 2003 | 8,464 | 6,302 | 74.4% |
| 2004 | 9,452 | 7,031 | 74.3% |
| 2005 | 10,636 | 7,884 | 74.1% |
| 2006 | 11,823 | 8,657 | 73.2% |
| 2007 | 12,165 | 8,966 | 73.7% |
| 2008 | 13,274 | 9,793 | 73.7% |
| 2009 | 13,379 | 9,091 | 67.9% |
| Total del periodo | 79,202 | 57,724 | 72.8% |

Fuente: FCCyT-SCLImago Research Group

Gráfico 1. Caracterización de la producción científica del SNI 2003-2009



Fuente: FCCyT



Se encontró que, del total de investigadores SNI, 69% cuentan con al menos un documento publicado en la base de datos de SCOPUS, mientras que 31% no cuenta con dicha característica. Se identificaron 111,919 artículos y 590,441 citas durante el periodo, por otra parte el área temática con mayor producción es Ciencias Agrícolas y Biológicas (Gráfico 1); en segundo lugar se encuentran Física y Astronomía y en tercer lugar Medicina, estas áreas agrupan poco más de 23 mil artículos.

Las áreas de Ingeniería, Física y Astronomía presentan las mayores tasas promedio de artículos por investigador, entre 6.4 y 6.3 artículos en promedio.

3.1 Indicadores cuantitativos por entidad federativa

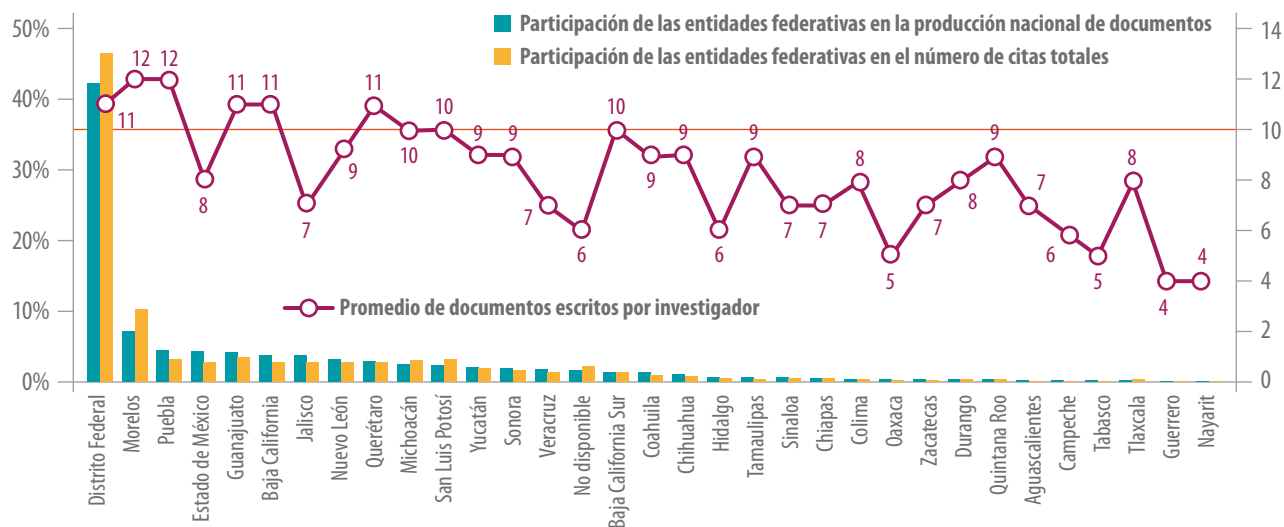
Los indicadores de producción científica en el ámbito regional son de suma importancia, ya que permiten medir la generación de conocimiento en las entidades federativas del país. La manera de asociar la producción científica al aspecto territorial fue considerando la residencia de los investigadores adscritos al SNI por el periodo de estudio.

Con base en los resultados obtenidos se tiene que:

- El Distrito Federal, Morelos y Puebla son las entidades donde se concentra cerca de 54% de la producción científica mexicana de los investigadores SNI. Mientras que en citas recibidas, los artículos de los investigadores con residencia en el Distrito Federal, Morelos y Guanajuato son los que recibieron el mayor número de éstas durante el periodo. En conjunto los artículos producidos en estas tres entidades recibieron cerca de 60% de citas totales del periodo.
- Asimismo, Puebla, Morelos y Guanajuato presentan las mayores tasas promedio de documentos producidos por investigador, es decir, en promedio los investigadores con residencia en estas tres entidades produjeron 11.6 artículos en el periodo. Morelos, San Luis Potosí y el Distrito Federal son los que muestra las mayores tasas promedio de citación, es decir, aproximadamente los artículos generados por residentes de estas tres entidades reciben en promedio 81 citas, mientras la tasa promedio nacional es de 56.
- Se destaca también que los tres estados que reportan un mayor dinamismo en producción científica son Guerrero, Nayarit y Campeche, dichas entidades muestran una tasa de crecimiento promedio geométrica anual de 40, 36 y 30%, respectivamente, mientras que la tasa nacional del periodo fue de 7%. Guanajuato, Puebla y Morelos son las que presentan una tasa de crecimiento similar a la nacional. Mientras que Tabasco, San Luis Potosí, Baja California, Distrito Federal y Quintana Roo tienen un desempeño menor al promedio nacional. Sólo Baja California Sur presenta una disminución en su nivel de producción científica, ya que en 2003 se contabilizaron 234 artículos y en 2009, 201.
- No obstante persiste una alta concentración de la producción científica mexicana, en el Distrito Federal se encuentra 42.3% del total de la producción.
- Finalmente se destaca que Baja California, Durango y Morelos presentan las mayores tasas de investigadores con artículos publicados en la base SCOPUS durante el periodo de estudio. Es decir, del total de investigadores adscritos al SNI del estado de Baja California Sur, 90% cuenta con al menos un documento publicado en dicha base, la tasa de Durango es de 84% y de Morelos de 81% (ver Gráficos 2 y 3).

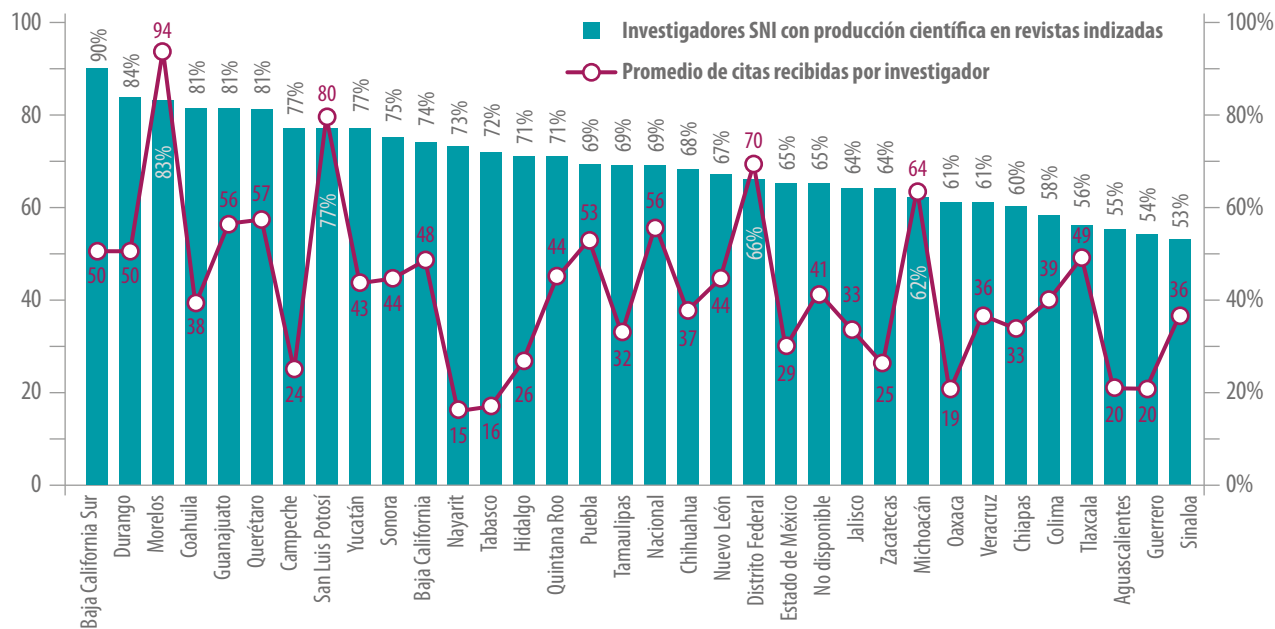


Gráfica 2. Algunos indicadores de la caracterización de la producción científica SNI, 2003-2009



Fuente: FCCyT.

Gráfica 3. Producción científica de los investigadores SNI por entidad federativa, 2003-2009



Evolución de la productividad científica y tasa de crecimiento promedio de entidades seleccionadas, 2003-2009

| Entidad Federativa | Producción por año | | | | | | | Tasa de Crecimiento Promedio Geométrica |
|-----------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | |
| 1. Guerrero | 4 | 6 | 9 | 17 | 19 | 21 | 30 | 40% |
| 2. Nayarit | 5 | 5 | 6 | 21 | 24 | 25 | 31 | 36% |
| 3. Campeche | 11 | 21 | 51 | 63 | 63 | 73 | 54 | 30% |
| Total Nacional | 11,780 | 13,441 | 15,103 | 16,822 | 17,435 | 19,208 | 17,206 | 7% |

Fuente: FCCyT.



3.2 Producción Científica por área y nivel del SNI

El SNI cuenta con siete diferentes áreas científicas: I) Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra, II) Biología y Química, III) Medicina y Ciencias de la Salud, IV) Humanidades y Ciencias de la Conducta, V) Ciencias Sociales, VI) Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y VII) Ingeniería. De acuerdo con el padrón base 2010 la mayor participación de los investigadores SNI es en Biología y Química con 17.5% de representación; en segundo lugar, las áreas de Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra, con 16.29% y, en tercer lugar, Ciencias Sociales tiene una participación de 15.77%.

Para realizar el análisis de producción por área del conocimiento, se hizo una homologación con base en las áreas temáticas de la base SCOPUS y las del SNI. Con base en este tratamiento se observa que el área de Medicina y Ciencias de la Salud tiene mayor participación de investigadores con documentos indizados; en segundo lugar, Biología y Química y, en tercero, Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra. Es en esta última área donde se encuentra el mayor volumen de producción científica, mientras que Biología y Química es la que recibe más citas en total. No obstante, el área de Medicina y Ciencias de la salud es la que reporta una tasa promedio de artículos por investigador más alta, incluso mayor que el promedio nacional 12.2 y 9.9 artículos por investigador, respectivamente. En este mismo sentido, el área con mayor tasa de citas promedio por artículo es también Medicina y Ciencias de la Salud, con una tasa de 7.3 citas, en tanto que la tasa nacional es de 5.3 (ver Cuadro 2).

Por otra parte, si bien las áreas que durante todo el periodo presentan la mayor participación en artículos indizados, son Ingenierías y físico matemáticas, así como también Biología y Química, es el área de Ingeniería la que muestra la mayor tasa de crecimiento promedio, 11.56%.

Cuadro 2. Principales indicadores de producción científica por área del SNI 2003-2009

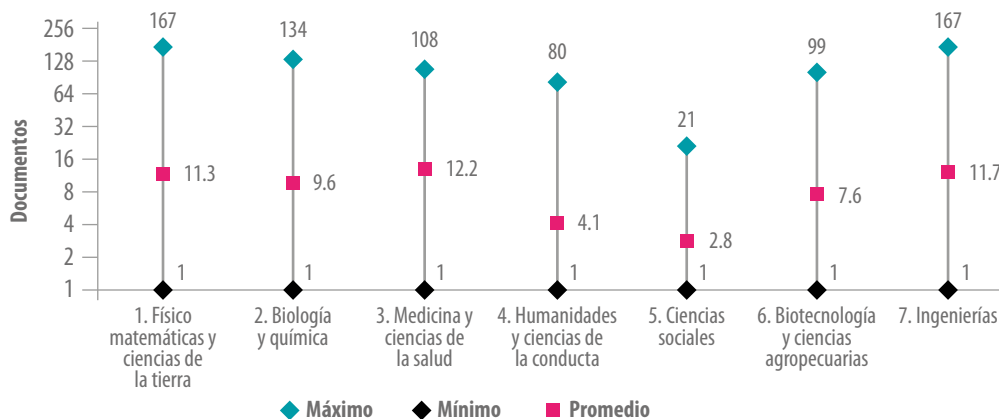
| Área del investigador | Investigadores con producción científica en revistas indizadas | Investigadores sin producción científica en revistas indizadas | Participación de las áreas en la producción nacional de documentos de los investigadores SNI | Participación de las áreas en el número de citas totales de los investigadores SNI | Promedio de documentos producidos por área del conocimiento | Promedio de citas recibidas por área del conocimiento | Promedio de citas por documento según área del conocimiento |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| I. Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra | 89% | 11% | 24% | 22% | 11.3 | 54.0 | 4.8 |
| II. Biología y Química | 92% | 8% | 23% | 30% | 9.6 | 67.0 | 7.0 |
| III. Medicina y Ciencias de la Salud | 96% | 4% | 17% | 23% | 12.2 | 89.2 | 7.3 |
| IV. Humanidades y Ciencias de la Conducta | 18% | 82% | 2% | 1% | 4.1 | 14.3 | 3.5 |
| V. Ciencias Sociales | 20% | 80% | 1% | 1% | 2.8 | 8.2 | 2.9 |
| VI. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias | 89% | 11% | 11% | 9% | 7.6 | 32.1 | 4.2 |
| VII. Ingenierías | 88% | 12% | 22% | 14% | 11.7 | 39.4 | 3.4 |
| Nacional | 69% | 31% | - | - | 9.9 | 52.1 | 5.3 |

Fuente: FCCyT.



No obstante, existe una alta heterogeneidad de los niveles de producción científica entre las áreas del conocimiento, es decir, en las áreas de Biología y Química y, Medicina y Ciencias de la Salud se encuentra que más de 90% de los investigadores tienen al menos un documento publicado en revistas indizadas. Mientras que en Humanidades y Ciencias Sociales menos de 20% de los investigadores tienen al menos un documento publicado en revistas indizadas (ver Gráfica 4).

Gráfica 4. Distribución de producción científica por área de conocimiento, 2003-2009



Fuente: FCCyT.

En relación con los niveles SNI de los investigadores, se encuentra que en el Nivel II se agrupa la mayor cantidad de investigadores con producción científica indizada (73% del total de investigadores de este nivel), aunque es en el Nivel I donde se identifica la mayor cantidad de artículos indizados (45% del total). En el nivel III es donde se registra la mayor tasa promedio de documentos producidos por investigador (22.10 artículos en promedio), en tanto que en el Nivel II donde se encuentra la mayor tasa promedio de citas recibidas (175 citas en promedio). No obstante hablando de la tasa promedio de citas por documento por investigador, son los investigadores del Nivel III los que muestran la mayor tasa (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales indicadores de producción científica por nivel del SNI 2003-2009

| Nivel del SNI | Investigadores con producción científica en revistas indizadas | Investigadores sin producción científica en revistas indizadas | Participación de los investigadores por nivel en el SNI en la producción nacional de documentos | Participación de los investigadores por nivel en el SNI en el número de citas totales | Promedio de documentos producidos por investigador según su nivel en el SNI | Promedio de citas recibidas por nivel del SNI | Promedio de citas por documento por investigador según nivel del SNI |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Candidato | 65% | 35% | 6% | 5% | 3.7 | 4.40 | 3.80 |
| Nivel I | 69% | 31% | 45% | 39% | 8.10 | 107.60 | 4.70 |
| Nivel II | 69% | 31% | 29% | 30% | 14.90 | 175.30 | 5.40 |
| Nivel III | 73% | 27% | 20% | 26% | 22.10 | 78.0 | 6.90 |
| Nacional | 69% | 31% | - | - | 9.90 | 52.10 | 5.30 |

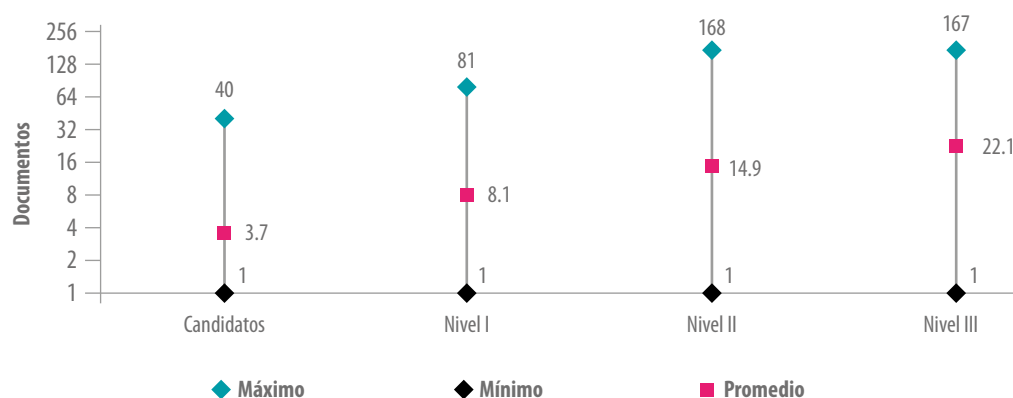
Fuente: FCCyT.



Por otra parte, durante todo el periodo se encuentra que es en el Nivel I donde se sitúa el mayor volumen de artículos indizados (45%), siendo el Nivel Candidato el que tuvo la mayor tasa de crecimiento del periodo, 23% en promedio anual (ver Cuadro A4 del Anexo).

Sin embargo, el nivel de producción científica medido por los artículos no es el único elemento que determina el nivel académico que se otorga a los investigadores del SNI, ya que se consideran otras características, como publicaciones en libros, formación de capital humano, etcétera. Eso puede explicar que se identifique en la base a investigadores con 40 artículos publicados y Nivel Candidato, mientras que otros investigadores con menor número de artículos tienen niveles SNI de I, II y hasta III (ver gráfica 5).

Gráfica 5. Producción científica y nivel académico otorgado por el SNI



Fuente: FCCyT.

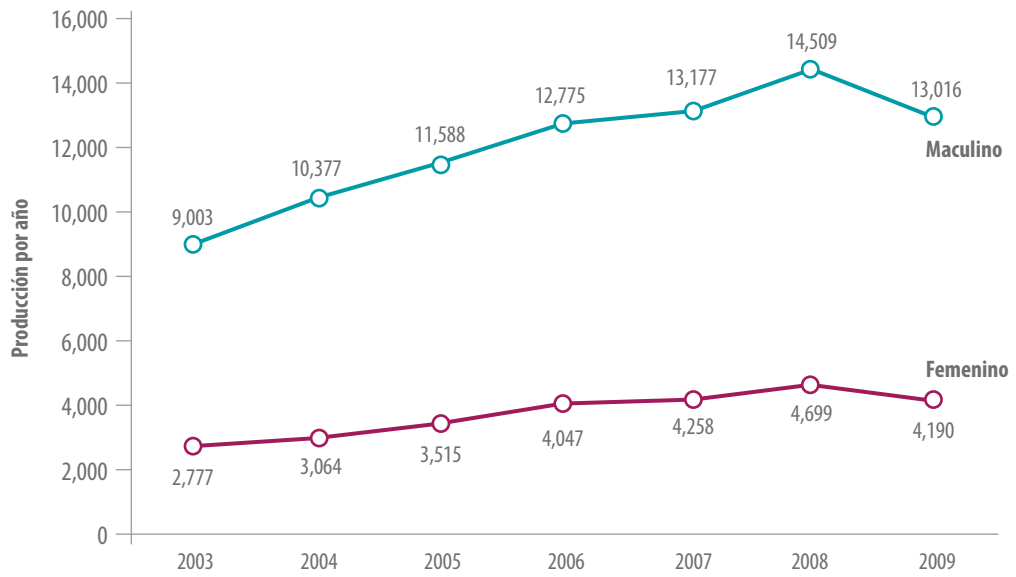
3.3 Producción Científica por género y rangos de edad

Con base en la distribución por género, se observa que el grupo masculino es el que cuenta con mayor participación en el grupo de investigadores con producción, volumen de producción científica y citación, así como mayores tasas promedio de artículos publicados y tasas promedio de citación. Sin embargo, el grupo femenino ha presentado una tasa de crecimiento promedio anual de 7.1% del volumen de producción científica anual, posicionándose por encima del grupo masculino con un crecimiento promedio de 6.3% (ver gráfica 6).

Respecto a la distribución por grupos de edad, se encuentra que es en el bloque de 30 a 39 años de edad donde existe el mayor número de investigadores con producción científica (73% del total de investigadores del grupo), mientras que en el de 40 a 49 años de edad es donde está el mayor volumen de producción científica, así como la mayor cantidad de citas recibidas, 35.9% y 36.9%, respectivamente. Sin embargo es en el grupo de edad de 27-29 años donde se registra la mayor tasa promedio de documentos por investigador, y en el grupo de 40-49 y 50 a 59 años se registra la mayor tasas de citas por documento promedio recibidas (ver cuadro 4). Mientras que en el grupo de edad de 30 a 39 años es donde se ubica la mayor tasa de crecimiento en publicaciones con una tasa de 19% (ver gráfica 7).

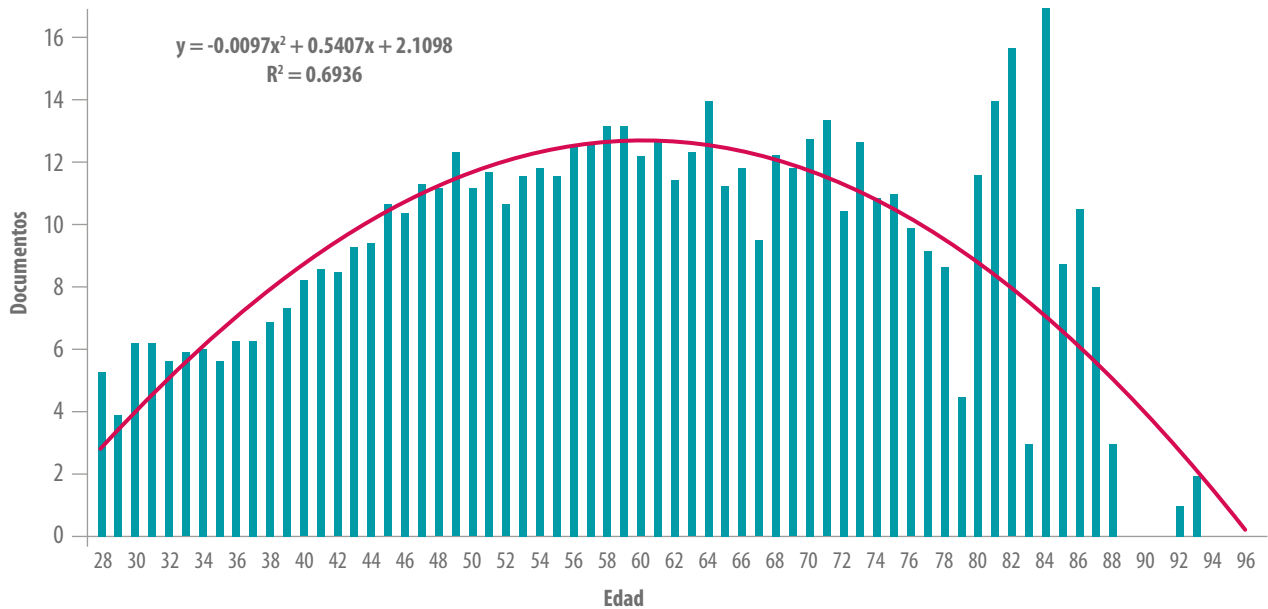


Gráfica 6. Producción científica por año según género del investigador



Fuente: FCCyT.

Gráfica 7. Producción según edad del investigador, 2003-2009



Fuente: FCCyT.

Por otra parte, de acuerdo con la base de datos se encuentra que la producción aumenta conforme aumenta la edad del investigador hasta los 64 años, aproximadamente y el rango de edad productiva de los investigadores del SNI es de entre los 28 y 96 años.



Cuadro 4. Indicadores de producción científica por rangos de edad, 2003-2009

| Rango de Edad de los Investigadores | Investigadores con producción científica en revistas indizadas | Investigadores sin producción científica en revistas indizadas | Participación de los investigadores SNI distribuidos por rangos de edad en la producción nacional de documentos | Participación de los investigadores SNI distribuidos por rangos de edad en el número de citas totales de los investigadores | Distribución de la producción promedio de documentos según rango de edad | Distribución de las citas promedio recibidas según rango de edad del investigador | Distribución de las citas/documentos promedio recibidas según rango de edad del investigador |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 27-29 | 70% | 30% | 0% | 0% | 14 | 53 | 4 |
| 30-39 | 73% | 27% | 15% | 14% | 6 | 31 | 5 |
| 40-49 | 72% | 28% | 36% | 37% | 10 | 54 | 5 |
| 50-59 | 68% | 32% | 34% | 35% | 12 | 64 | 5 |
| 60-69 | 57% | 43% | 12% | 11% | 12 | 61 | 5 |
| 70-79 | 56% | 44% | 3% | 2% | 11 | 56 | 5 |
| 80-89 | 43% | 57% | 1% | 0% | 12 | 46 | 4 |
| 90-96 | 17% | 83% | 0% | 0% | 2 | 2 | 1 |
| Nacional | 69% | 31% | | | | | |

Fuente: FCCyT.

3.3 Recepción de citas de los investigadores SNI por país

Finalmente, en la base se encuentra que los principales países de donde se recibe la mayor cantidad de citas son Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia, mientras que las naciones donde se tiene menor visibilidad con Suiza, Bélgica y Suecia (ver gráfica 8).

Gráfica 8. Top 20 de los países donde reciben citas los investigadores SNI, 2003-2009



Fuente: FCCyT.



4. Conclusiones y líneas de investigación a futuro

Entre las principales conclusiones se destacan las siguientes:

- Persiste una gran heterogeneidad y concentración de la producción científica mexicana en la región centro del país.
- Se confirma la relación cuadrática que existe entre la edad del investigador y su producción científica.
- 72.8% de la producción científica está asociada a los investigadores del SNI.
- Existe una alta heterogeneidad de los niveles de producción científica entre las áreas del conocimiento.
- La producción por año de los investigadores SNI con nivel candidato, presenta la mayor tasa de crecimiento del periodo: 23%.
- La tasas de crecimiento de la producción científica de los investigadores SNI por género indica que las mujeres tienen ligeramente un mejor desempeño que los hombres, 6.05% y 5.41%, respectivamente.
- La producción aumenta conforme avanza la edad del investigador hasta los 64 años, aproximadamente.
- El mejor desempeño por grupos de edad se encuentra entre los 30 y 39 años de edad.
- Los países donde se reciben el mayor número de citas son Estados Unidos y Gran Bretaña.

Asimismo, algunas posibles líneas de investigación a futuro pueden ser:

- Llevar al plano regional el análisis de la relación entre la edad del investigador y su producción científica, el objetivo sería confirmar o refutar la relación cuadrática que se encontró en el ámbito nacional.
- Explorar otras formas de producción de conocimiento de las áreas de Humanidades y Ciencias Sociales con el objetivo de caracterizarlas con base en la producción que realizan.
- Incluir la calidad de la producción científica (e.g. citas)
- Profundizar en el análisis de la relación que existe entre el nivel académico otorgado por el SNI y la producción científica por área de conocimiento.

Bibliografía

- Becerra-Rodríguez, N. (2011). *Is there a trade-off between Academy-Industry linkages and scientific productivity? Empirical evidence from mexican researchers.*
- FCCyT (2006), *Diagnóstico de la Política Científica Tecnológica y de Fomento a la Innovación en México (2000-2006).*
- FCCyT (2011), *Ranking de la Producción Científica Mexicana.*
- FCCyT (2013), *Estudio sobre las perspectivas de jubilación de los miembros del SNI.*
- FCCyT-AMC (2005), *Una reflexión sobre el Sistema Nacional de Investigadores a 20 años de su creación.*
- González-Brambila C, Veloso FM (2007), *The determinants of research output and impact: a study of Mexican Researchers*, Res. Policy 36: 1035-1051.



- Lee S. y Bozeman B. (2005); *The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity; Social Studies of Science*, October 2005 35: 673-702.
- Levin, S.H. y Stephan, P.E. (1991), *Research Productivity Over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists*, *The American Economic Review*, Vol. 81, No. 1 (Mar., 1991), pp. 114-132.
- Luna-Morales, M. E. (octubre de 2012). *Determinantes of the maturing process of the mexican research output: 1980-2009*. *Inerciencia*, 37(10), 736-742.
- Pérez-Angón MA (2010) *Atlas de la Ciencia Mexicana 2010*. México.
- Pérez-Angón MA (2012), *Atlas de la Ciencia Mexicana 2012*, volumen I y II. México
- Rivera-Huerta, R., Dutrénit, G., Ekboir, J. M., Sampedro, J. L., & Vera-Cruz, A. O. (2011). *Do linkages between farmers and academic researchers influence researcher productivity? The Mexican case*. *Research Policy*, 40(7).
- Turner, L., Mairesse, J., 2003. *Explaining individual productivity differences in scientific research productivity: how important are institutional and individual determinants? An econometric analysis of the publications of French CNRS physicists in condensed matter (1980–1997)*. *Annales d'Economie et de Statistiques* (special issue in honor of Zvi Griliches).

5. Anexo

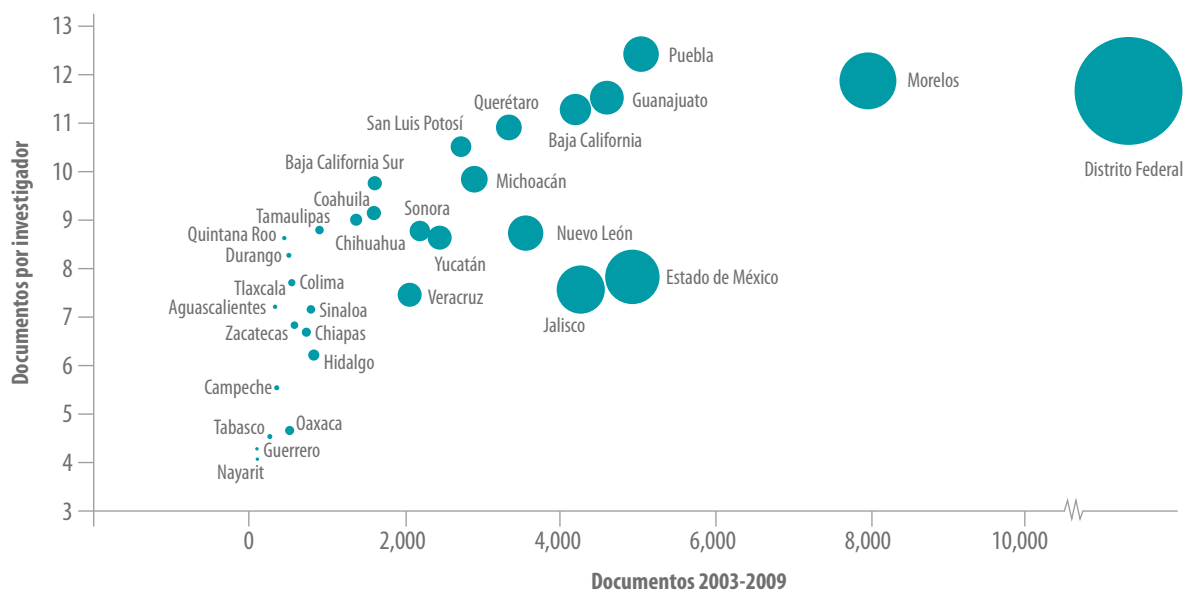
Cuadro A1. Producción por año según entidad federativa, 2003-2009

| Entidad Federativa | Producción por año | | | | | | | Tasa de Crecimiento Promedio Geométrica |
|-------------------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------------|
| | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | |
| 1. Guerrero | 4 | 6 | 9 | 17 | 19 | 21 | 30 | 40% |
| 2. Nayarit | 5 | 5 | 6 | 21 | 24 | 25 | 31 | 36% |
| 3. Campeche | 11 | 21 | 51 | 63 | 63 | 73 | 54 | 30% |
| 4. Tamaulipas | 61 | 92 | 104 | 136 | 141 | 195 | 196 | 21% |
| 5. Aguascalientes | 23 | 27 | 28 | 46 | 67 | 66 | 73 | 21% |
| 6. Durango | 38 | 64 | 57 | 73 | 87 | 91 | 92 | 16% |
| 7. Tlaxcala | 32 | 54 | 36 | 47 | 54 | 83 | 74 | 15% |
| 8. Oaxaca | 40 | 66 | 79 | 79 | 80 | 73 | 92 | 15% |
| 9. Estado de México | 404 | 538 | 617 | 785 | 878 | 837 | 829 | 13% |
| 10. Chihuahua | 134 | 174 | 155 | 173 | 199 | 278 | 257 | 11% |
| 23. Querétaro | 357 | 379 | 469 | 517 | 502 | 580 | 564 | 8% |
| 24. Guanajuato | 467 | 599 | 646 | 724 | 644 | 871 | 704 | 7% |
| 25. Puebla | 547 | 626 | 751 | 778 | 759 | 814 | 819 | 7% |
| 26. Morelos | 840 | 999 | 1,057 | 1,285 | 1,233 | 1,364 | 1,241 | 7% |
| 27. Tabasco | 34 | 30 | 34 | 40 | 38 | 55 | 49 | 6% |
| 28. San Luis Potosí | 315 | 330 | 375 | 378 | 419 | 478 | 431 | 5% |
| 29. Baja California | 501 | 476 | 541 | 557 | 690 | 787 | 650 | 4% |
| 30. Distrito Federal | 5,432 | 6,028 | 6,753 | 7,168 | 7,433 | 7,761 | 6,803 | 4% |
| 31. Quintana Roo | 61 | 53 | 57 | 69 | 76 | 82 | 66 | 1% |
| 32. Baja California Sur | 234 | 240 | 205 | 294 | 219 | 225 | 201 | -3% |
| Total nacional | 11,780 | 13,441 | 15,103 | 16,822 | 17,435 | 19,208 | 17,206 | 7% |

Fuente: FCCyT.



Gráfica A1. Documentos vs Documentos por investigador



Fuente: FCCyT.

Cuadro A2. Investigadores SNI con producción y sin producción científica en revistas indizadas, por área del conocimiento, 2003-2009

| Área del investigador | Con producción científica en revistas indizadas | Sin producción científica en revistas indizadas | Total de investigadores |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| I. Físico Matemáticas y Ciencias de la Tierra | 2,398 | 294 | 2,692 |
| II. Biología y Química | 2,658 | 236 | 2,894 |
| III. Medicina y Ciencias de la Salud | 1,512 | 71 | 1,583 |
| IV. Humanidades y Ciencias de la Conducta | 439 | 2,005 | 2,444 |
| V. Ciencias Sociales | 530 | 2,076 | 2,606 |
| VI. Biotecnología y Ciencias Agropecuarias | 1,658 | 204 | 1,862 |
| VII. Ingenierías | 2,142 | 296 | 2,438 |
| Nacional | 11,337 | 5,182 | 16,519 |

Fuente: FCCyT.

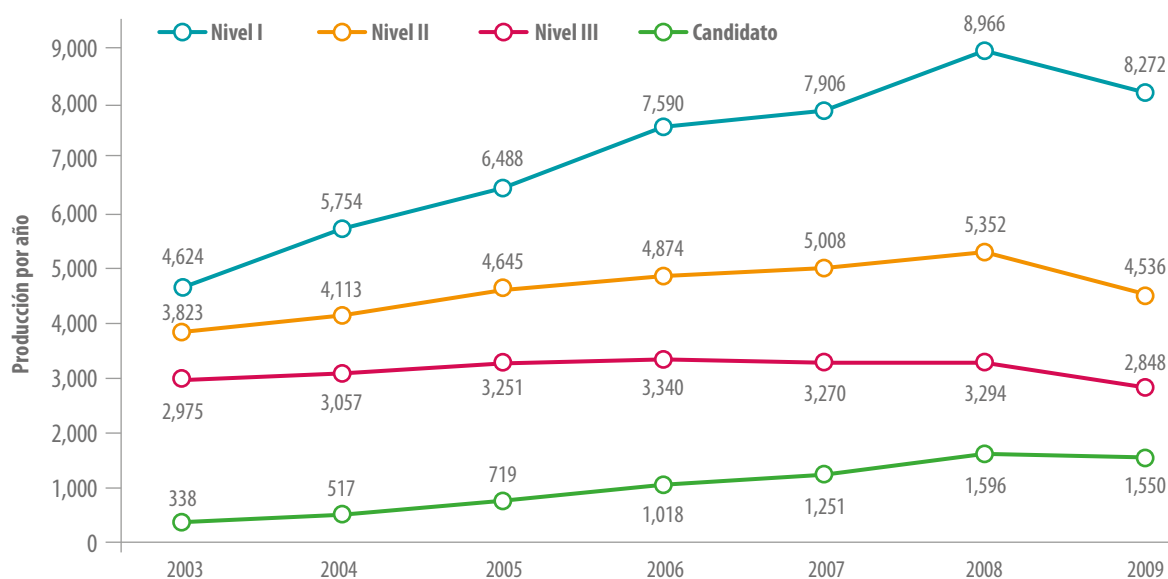
Cuadro A3. Investigadores SNI con producción y sin producción científica en revistas indizadas, por nivel, 2003-2009

| Nivel del SNI | Con producción científica en revistas indizadas | Sin producción científica en revistas indizadas | Total de investigadores |
|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| Candidato | 1,969 | 1,077 | 3,046 |
| Nivel I | 6,192 | 2,759 | 8,951 |
| Nivel II | 2,175 | 973 | 3,148 |
| Nivel III | 1,001 | 373 | 1,374 |
| Nacional | 11,337 | 5,182 | 16,519 |

Fuente: FCCyT.



Gráfica A2. Producción por año según nivel del investigador, 2003-2009



Fuente: FCCyT.

Cuadro A4. Tasa de crecimiento de la producción científica por nivel del SNI, 2003-2009

| Nivel del SNI | TC 2003-2009 |
|---------------|--------------|
| Nivel I | 9% |
| Nivel II | 2% |
| Nivel III | -1% |
| Candidato | 23% |

Fuente: FCCyT.

Cuadro A5. Investigadores SNI con producción y sin producción científica en revistas indizadas, por género, 2003-2009

| Género del investigador | Con producción científica en revistas indizadas | Sin producción científica en revistas indizadas | Total de investigadores |
|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| Femenino | 3,455 | 2,035 | 5,490 |
| Masculino | 7,882 | 3,147 | 11,029 |
| Nacional | 11,337 | 5,182 | 16,519 |

Fuente: FCCyT.

Cuadro A6. Distribución porcentual de los investigadores SNI con producción y sin producción científica en revistas indizadas, por rango de edad, 2003-2009

| Rango de Edad de los Investigadores | Con producción científica en revistas indizadas | Sin producción científica en revistas indizadas | Total de investigadores |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|
| 27-29 | 14 | 6 | 20 |
| 30-39 | 2,675 | 1,014 | 3,689 |
| 40-49 | 4,045 | 1,538 | 5,583 |
| 50-59 | 3,217 | 1,543 | 4,760 |
| 60-69 | 1,085 | 813 | 1,898 |
| 70-79 | 253 | 198 | 451 |
| 80-89 | 46 | 60 | 106 |
| 90-96 | 2 | 10 | 12 |
| Nacional | 11,337 | 5,182 | 16,519 |

Fuente: FCCyT.





Análisis de la productividad científica en el Área IV del SNI

Eugenio Frixione
Lourdes Ruiz Zamarripa
Miguel Sosa
Gerardo Hernández

Introducción

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) fue creado por el gobierno mexicano mediante acuerdo presidencial publicado el 26 de julio 1984 con el propósito de “promover y fortalecer, a través de la evaluación, la calidad de la investigación científica y tecnológica, y la innovación” (CONACYT, s/f). El principal estímulo para favorecer este objetivo consiste en otorgar a los académicos que cumplan con los requisitos exigidos un nombramiento como Investigador Nacional, al que se asocia un complemento salarial de distintos montos correspondientes a cuatro diferentes niveles según la obra científica desarrollada a juicio de Comisiones Dictaminadoras en 7 áreas del conocimiento.

En sus casi 30 años de existencia, el SNI ha venido a significar una parte sustantiva de los ingresos regulares de académicos que hoy suman casi 20 mil y, por consiguiente, una pauta para el desarrollo individual de investigadores en prácticamente todas las disciplinas. Al mismo tiempo, la fracción de la planta académica perteneciente al SNI se ha convertido en un índice para la valoración (*ranking*) de instituciones de educación superior y para estimaciones globales sobre la realidad nacional en ciencia y tecnología (CyT) (Santiago, 2006) (Vega y León, 2012).

A pesar del papel determinante del SNI para el aparato mexicano de CyT, son todavía escasos los análisis específicos sobre la uniformidad y confiabilidad de sus métodos de calificación (Reyes y Suriñac, 2012) (Reyes y Suriñac, 2012b). Este artículo presenta resultados iniciales de un estudio sobre la producción científica de investigadores pertenecientes al Área IV del SNI



“Humanidades y Ciencias de la Conducta”, una de las cuatro originalmente establecidas y por lo tanto más consolidadas. Dado que esta área incluye desde historiadores hasta especialistas en matemáticas educativas, es también quizás una de las que comprenden una más amplia variedad de disciplinas, siendo así análoga a la diversidad que presenta el SNI en su conjunto.

Metodología

A partir de los *curricula vitarum* unificados (CVU) proporcionados por el propio SNI, especialmente para este estudio, así como de las principales bases de datos sobre publicaciones científicas (*WorldCat* (s/f), *Scholarly Publishers Indicators* (s/fc), *Web of Knowledge* (s/f), *Journal of Citation Reports* y de los Criterios Específicos de Evaluación (CEE) vigentes oficialmente para esta área (CONACYT, s/fb), se comparan las producciones científicas de tres conjuntos de investigadores afiliados al Área IV: a) los integrantes de la Comisión Dictaminadora activa en 2012, como representantes de excelencia en ella; b) los investigadores de los 4 niveles SNI adscritos a un conocido instituto de investigación (Cinvestav); c) una muestra estadística tomada al azar entre toda la población de casi 3 mil miembros pertenecientes a dicha área.

Con base en dichos datos se examina la congruencia entre los perfiles de los investigadores evaluados y los niveles que les han sido asignados en la jerarquía como resultado de su evaluación. En el momento de participar en el presente coloquio está todavía en marcha el análisis del tercer conjunto de investigadores, por lo que no se incluyen los resultados correspondientes aunque los datos hasta ahora recabados indican un comportamiento similar al de los otros dos conjuntos. La fecha de corte para la producción científica aquí evaluada es 2011, y los datos consignados están actualizados hasta 2013.

Resultados

El vehículo que se valora en primer término para la difusión de investigación original en las disciplinas que comprende el Área IV son “Libros especializados... publicados en editoriales de reconocido prestigio académico, con comité editorial, dictamen, registro ISBN y circulación nacional y/o internacional.” (CEE, III, 3.1.a) (CONACYT, s/fb). La tabla 1 muestra, en el formato general empleado para la consignación de datos en este estudio, la producción de este tipo de libros por los investigadores aquí examinados. Como puede verse, aunque la producción total de libros es significativa y una buena parte de ellos figura en la base mundial del *WorldCat* (s/f), las contribuciones individuales son desiguales entre los diferentes conjuntos de investigadores y entre quienes comprenden cada grupo examinado. Incluso entre los integrantes de la Comisión Dictaminadora, quienes por reglamento deben ser investigadores del más alto nivel y demostrada experiencia, las cifras varían desde 25 hasta cero libros producidos.

Las disparidades son aún mayores si se consideran criterios de calidad acordes con los CEE (CONACYT, s/fb). Así, hay miembros de la Comisión Dictaminadora con una producción relativamente abundante de libros (investigadores 3, 5, 6, 7), la mayoría de los cuales han sido publicados por editoriales de prestigio reconocido por los *Scholarly Publishers Indicators* (SPI, s/f). Junto a ellos, sin embargo, se encuentran otros Dictaminadores (investigadores 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12) que únicamente han publicado menos de la mitad de sus obras en esta clase de editoriales. Ninguno de los 14 libros de otro miembro de la Comisión (investigador 9) ha sido



Tabla 1. Libros especializados publicados en editoriales de reconocido prestigio académico con ISBN

| Inv. | Comisión Dictaminadora | | | Investigadores Nivel III | | | Investigadores Nivel II | | | Investigadores Nivel I | | | Candidatos | | | No Miembros | | | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|---|
| | CVU | Woc | SPI | Ex | CVU | Woc | SPI | Ex | CVU | Woc | SPI | Ex | CVU | Woc | SPI | Ex | CVU | Woc | SPI | Ex | | | | | |
| 1 | 8 | 7 | 2 | 2 | 25 | 24 | 7 | 7 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | |
| 2 | 5 | 4 | 2 | 0 | 31 | 2 | 1 | 1 | 8 | 5 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 25 | 21 | 17 | 15 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 4 | 13 | 7 | 1 | 1 | 10 | 8 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 0 | 4 | 2 | 1 | 0 | | | | | 5 | 4 | 0 | 0 | |
| 5 | 15 | 8 | 7 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 1 | 5 | 5 | 3 | 3 | 8 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 7 | 9 | 9 | 9 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 8 | 6 | 6 | 1 | 0 | 8 | 7 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 14 | 13 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2 | 2 | 6 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 7 | 7 | 3 | 3 | | | | | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | 4 | 2 | 2 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 6 | 4 | 2 | 2 | | | | | 16 | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 2 | 0 | 0 | 0 | |
| 13 | 2 | 2 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 1 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | | | | |
| Total | 121 | 97 | 53 | 27 | 88 | 55 | 18 | 18 | 59 | 34 | 7 | 4 | 35 | 24 | 13 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 | 15 | 12 | 1 | 1 | |
| Promedio | 8.64 | 6.93 | 3.79 | 1.93 | 9.78 | 6.11 | 2.00 | 2.00 | 4.54 | 2.62 | 0.54 | 0.31 | 1.67 | 1.14 | 0.62 | 0.52 | 0.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.8 | 0.07 | 0.07 | |
| % | 100 | 80 | 44 | 21 | 100 | 62 | 20 | 20 | 100 | 64 | 13 | 8 | 100 | 68 | 37 | 31 | 100 | 0 | 0 | 0 | 100 | 80 | 6 | 6 | |

Productos registrados como "Libros especializados... publicados en editoriales de reconocido prestigio académico" en los CVU de los investigadores examinados. Se incluyen datos de a) los integrantes de la Comisión Dictaminadora; b) los investigadores del instituto ubicados en cada uno de los 4 niveles del SNI (III, II, I, y candidatos), y c) investigadores del instituto que por decisión propia, eliminación o alguna otra razón no pertenecen al SNI. Para cada investigador se asientan 4 distintos valores: 1) total de libros registrados en su *curriculum vitae* oficial (CVU); 2) número de sus libros que aparecen registrados en el catálogo internacional *WorldCat* (Woc, s/f), como un índice de la visibilidad relativa de esos productos; 3) número de sus libros publicados por editoriales listadas en los *Scholarly Publishers Indicators* (SPI, s/f), indicativo de la apreciación de las mismas en los medios académicos; 4) número de sus libros publicados por editoriales externas a su propia universidad o institución de adscripción (Ex), puesto que no todos los investigadores están adscritos a instituciones que cuenten con la facilidad de una editorial interna. Dado que el SNI no cuenta con CVU de investigadores no afiliados, tanto la columna respectiva como la fila de porcentajes aparecen con celdas vacías.



Tabla 2. Artículos de investigación publicados en revistas con arbitraje riguroso y amplia circulación

| Inv. | Comisión Dictaminadora | | | Investigadores Nivel III | | | Investigadores Nivel II | | | Investigadores Nivel I | | | Candidatos | | | No Miembros | | |
|-----------------|------------------------|-------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| | CVU | Wok | JCR | CVU | Wok | JCR | CVU | Wok | JCR | CVU | Wok | JCR | CVU | Wok | JCR | CVU | Wok | JCR |
| 1 | 44 | 10 | 0 | 75 | 5 | 3 | 17 | 0 | 0 | 10 | 7 | 5 | 4 | 1 | 1 | 23 | 0 | 0 |
| 2 | 45 | 0 | 0 | 95 | 3 | 2 | 49 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 11 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 50 | 5 | 4 | 68 | 0 | 0 | 35 | 3 | 3 | 11 | 5 | 5 | 7 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| 4 | 131 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 22 | 2 | 2 | 14 | 0 | 0 | | | | 17 | 0 | 0 |
| 5 | 90 | 0 | 0 | 79 | 1 | 0 | 15 | 5 | 5 | 18 | 0 | 0 | | | | 0 | 8 | 8 |
| 6 | 125 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 10 | 9 | 6 | | | | 63 | 0 | 0 |
| 7 | 38 | 0 | 0 | 120 | 3 | 1 | 43 | 0 | 0 | 35 | 3 | 3 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 43 | 0 | 0 | 54 | 4 | 4 | 18 | 3 | 3 | 46 | 3 | 3 | | | | 8 | 2 | 0 |
| 9 | 30 | 0 | 0 | 117 | 1 | 0 | 116 | 12 | 12 | 15 | 1 | 1 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 48 | 1 | 0 | | | | 94 | 3 | 3 | 198 | 0 | 0 | | | | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 40 | 2 | 2 | | | | 70 | 6 | 5 | 51 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 79 | 1 | 0 | | | | 50 | 3 | 0 | 83 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 92 | 35 | 26 | | | | 97 | 0 | 0 | 46 | 0 | 0 | | | | 8 | 0 | 0 |
| 14 | 70 | 0 | 0 | | | | | | | 30 | 2 | 2 | | | | 3 | 0 | 0 |
| 15 | | | | | | | | | | 18 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 16 | | | | | | | | | | 22 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 |
| 17 | | | | | | | | | | 47 | 0 | 0 | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | 58 | 0 | 0 | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | 31 | 1 | 1 | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | 21 | 1 | 1 | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | 56 | 37 | 27 | | | | | | |
| Total | 925 | 54 | 32 | 688 | 17 | 10 | 658 | 37 | 33 | 861 | 69 | 54 | 22 | 8 | 8 | 122 | 12 | 9 |
| Promedio | 66.07 | 3.85 | 2.28 | 76.44 | 1.88 | 1.11 | 50.61 | 2.84 | 2.53 | 41 | 3.28 | 2.57 | 7.33 | 2.66 | 2.66 | 8.13 | 0.8 | 0.6 |
| % | 100 | 5.83 | 3.45 | 100 | 2.47 | 1.45 | 100 | 5.62 | 5.01 | 100 | 8.01 | 6.27 | 100 | 36.36 | 36.36 | 100 | 9.83 | 7.37 |

Productos registrados como "Artículos de investigación publicados en revistas... con arbitraje riguroso y amplia circulación" en los CVU de los investigadores examinados. Se incluyen los datos siguientes para cada investigador: 1) total de artículos registrados en su CVU; 2) número de artículos registrados en la Web of Knowledge (Wok, s/f), es decir la base de datos más completa en esta materia, como un índice de la visibilidad relativa del autor; 3) número de artículos publicados en revistas clasificadas en el *Journal of Citation Reports* (JCR, s/f), indicativo de su repercusión en los medios científicos. Celdas vacías para investigadores no afiliados al SNI por la razón mencionada en el pie de la tabla 1.



publicado por editoriales con reconocimiento académico avalado por los SPI. Algunos de estos académicos distinguidos (investigadores 2, 8, 9, 13) parecen tener preferencias exclusivas por las editoriales internas de sus propias instituciones para publicar libros con los resultados de su investigación.

Por otra parte, la eficiencia de los diferentes grupos en la publicación de libros con editoriales de prestigio reconocido en los SPI es contraria a la esperada, pues constituye sólo 20% del total producido por los investigadores Nivel III adscritos al instituto, en contraste con 37% del total por los investigadores Nivel I adscritos al propio instituto, y con 44% del total por los integrantes de la Comisión Dictaminadora.

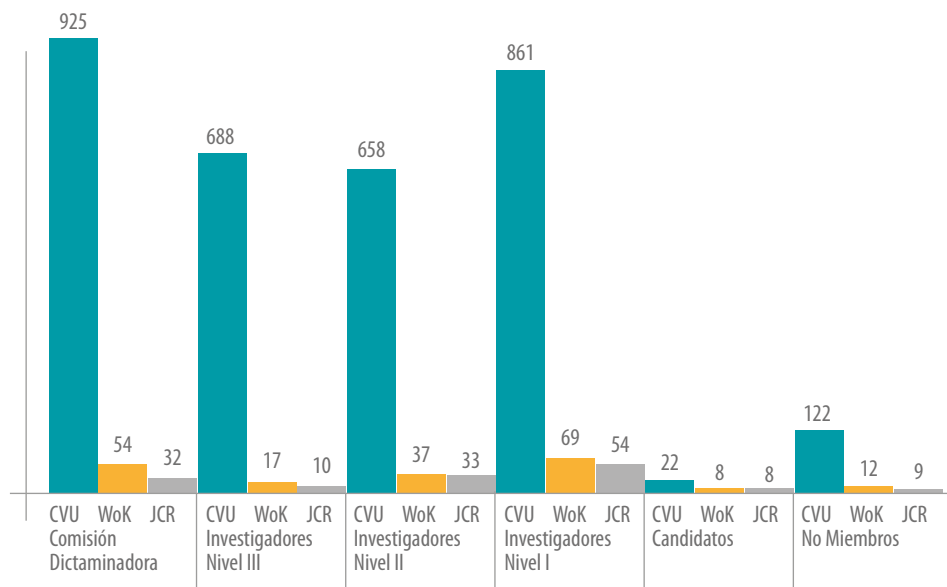
Un panorama igualmente confuso se encuentra al examinar el segundo elemento central para la evaluación de los productos de investigación, es decir, la producción individual de "Artículos de investigación publicados en revistas especializadas (impresas y electrónicas) de alta calidad, con arbitraje riguroso y amplia circulación" (CEE, III, 3.1.b) (CONACYT, s/fb, tabla 2). Una vez más sorprenden no sólo la falta de homogeneidad entre los datos de investigadores pertenecientes a cada uno de los grupos examinados, quienes por consiguiente debieran en principio tener *curricula* aproximadamente equivalentes, sino sobre todo las inconsistencias entre los números de artículos registrados en los CVU por los propios investigadores y aquellos que aparecen consignados en las fuentes externas. Esos contrastes tajantes son aún más evidentes en representaciones gráficas de los mismos resultados, como se ilustra en la figura 1 para el caso de la Comisión Dictaminadora.

Seis investigadores de los distintos conjuntos declaran en sus CVU haber publicado más de cien artículos cada uno, pero únicamente 12 de estas publicaciones y de sólo uno de tales autores (investigador 9 del Nivel II adscrito al instituto) aparecen en revistas indizadas en el JCR (s/f). La mayoría de las publicaciones en este apartado están ausentes incluso de los registros de la comparativamente más incluyente Web of Knowledge (s/f). Tan sólo 2 de los investigadores aquí examinados tienen fracciones significativas de su producción de artículos publicadas en revistas científicas visibles en la Web of Knowledge e indizadas en el JCR, pero estos investigadores se ubican en extremos opuestos de la jerarquía del SNI (investigador 13 de la Comisión Dictaminadora, e investigador 21 del Nivel I adscrito al instituto). De hecho, en términos de artículos publicados en revistas indizadas en el JCR, en relación con los artículos totales declarados en los CVU, los varios conjuntos de investigadores siguen un orden casi inverso al predecible: en primer lugar los investigadores del Nivel I adscritos al instituto (6.27%), seguidos por los investigadores del Nivel II en el propio instituto (5.01%), luego los integrantes de la Comisión Dictaminadora (3.45%), y finalmente los investigadores del Nivel III adscritos al instituto (1.45%).

La comparación de casos particulares en las tablas 1 y 2 (por ejemplo, investigadores 3 y 13 de la Comisión Dictaminadora) revela que algunos de estos académicos son fecundos productores de libros, mientras otros se inclinan claramente por la producción de artículos, sin que pueda haber en ambos casos duda alguna sobre una contribución importante mediante el vehículo de comunicación de su preferencia. Pero hay, por otra parte, quienes declaran elevadas productividades por una o incluso por ambas vías, sin evidencias objetivas de calidad en ninguna de ellas (investigadores 9 y 14 de la Comisión Dictaminadora; investigadores 2 y 4 con Nivel III adscritos al instituto, e investigador 13 con Nivel II en el propio instituto).



Figura 1. Artículos de investigación publicados en revistas con arbitraje riguroso y amplia circulación



Productos registrados como “Artículos de investigación publicados en revistas... con arbitraje riguroso y amplia circulación” en los CVU de los miembros de la Comisión Dictaminadora. Las columnas indican los totales de artículos registrados en el CVU de cada investigador (azul), el número de artículos registrados en la Web of Knowledge (s/f) (rojo), y el de dichos artículos publicados en revistas listadas en el *Journal of Citation Reports* (s/f) (verde).

Otro indicador significativo de la relevancia de la obra de un investigador, como se reconoce en los criterios específicos de evaluación del Área IV (CEE, II, 11) (CONACYT, s/fb), es por supuesto el número de citas a sus trabajos acumuladas en la literatura internacional, que puede también consultarse en la Web of Knowledge (tabla 3). Lo más notable en este aspecto del estudio es que uno o a lo sumo dos investigadores de cada grupo cuentan con números significativos de citas, mientras que la mayoría de ellos carece por completo de repercusión en este sentido. Sorprende también que uno de los investigadores más citados entre todos los grupos aquí analizados esté clasificado como Nivel I del SNI.

Además de arbitrar sobre los productos de investigación que declaran los solicitantes de admisión o promoción en el SNI, las Comisiones Dictaminadoras son enfáticas en la necesidad de que los investigadores contribuyan a fortalecer el aparato nacional de ciencia y tecnología mediante la formación de nuevos investigadores. Un rendimiento juzgado como pobre en este renglón puede constituir un freno para la promoción de un académico, aun cuando sea productivo en investigación. El requisito de formar recursos humanos capacitados en investigación se entiende en el Área IV concretamente como “la pertenencia al SNI o la trayectoria distinguida del personal formado que ha contado con la tutoría del investigador” [CEE, II, 11]. Por consiguiente, el cumplimiento de esta obligación por los investigadores comprendidos en los grupos aquí examinados fue valorado por el número de sus exalumnos que hoy pertenecen al SNI después de haberse graduado como maestros o doctores en Ciencias con trabajos de tesis dirigidos oficialmente por ellos. A fin de obtener además un estimado de la calidad formativa del investigador evaluado, se rastrearon también los investigadores SNI formados a su vez por esos exalumnos, y los que éstos por su parte formaron en una tercera generación.



Tabla 3. Citas en revistas de amplia circulación internacional

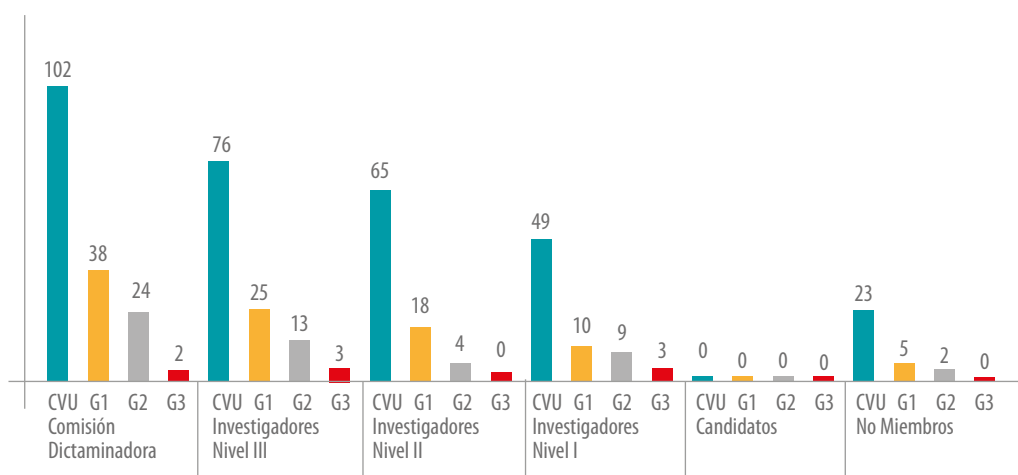
| Inv. | Comisión Dictaminadora | | | | Investigadores Nivel III | | | | Investigadores Nivel II | | | | Investigadores Nivel I | | | | Candidatos | | | |
|-----------------|------------------------|-------------|--------------|-------------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------------|------------------------|-------------|--------------|-------------------|---------------|--------------|--------------|-------------------|
| | Artículos CVU | Wok | Veces citado | Citas / Artículos | Artículos CVU | Wok | Veces citado | Citas / Artículos | Artículos CVU | Wok | Veces citado | Citas / Artículos | Artículos CVU | Wok | Veces citado | Citas / Artículos | Artículos CVU | Wok | Veces citado | Citas / Artículos |
| 1 | 44 | 10 | 1 | 0.1 | 75 | 5 | 28 | 5.6 | 17 | 0 | 0 | 0 | 10 | 7 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 45 | 0 | 0 | 0 | 95 | 3 | 5 | 1.66 | 49 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 11 | 5 | 23 | 4.6 |
| 3 | 50 | 5 | 2 | 0.4 | 68 | 0 | 0 | 0 | 35 | 3 | 10 | 3.33 | 11 | 5 | 2 | 0.4 | 7 | 2 | 17 | 8.5 |
| 4 | 131 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 22 | 2 | 5 | 2.5 | 14 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 5 | 90 | 0 | 0 | 0 | 79 | 1 | 1 | 1 | 15 | 5 | 174 | 34.8 | 18 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 6 | 125 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 10 | 9 | 21 | 2.33 | | | | |
| 7 | 38 | 0 | 0 | 0 | 120 | 3 | 7 | 2.33 | 43 | 0 | 0 | 0 | 35 | 3 | 1 | 0.33 | | | | |
| 8 | 43 | 0 | 0 | 0 | 54 | 4 | 8 | 2 | 18 | 3 | 45 | 15 | 46 | 3 | 16 | 5.33 | | | | |
| 9 | 30 | 0 | 0 | 0 | 117 | 1 | 1 | 1 | 116 | 12 | 18 | 1.5 | 15 | 1 | 2 | 2 | | | | |
| 10 | 48 | 1 | 0 | 0 | | | | | 94 | 3 | 4 | 1.33 | 198 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 11 | 40 | 2 | 0 | 0 | | | | | 70 | 6 | 616 | 102.6 | 51 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 12 | 79 | 1 | 1 | 1 | | | | | 50 | 3 | 2 | 0.66 | 83 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 13 | 92 | 35 | 254 | 7.25 | | | | | 97 | 0 | 0 | 0 | 46 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 14 | 70 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | 30 | 2 | 1 | 0.5 | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | 18 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | 22 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | 47 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | 58 | 0 | 0 | 0 | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | 31 | 1 | 0 | 0 | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | 21 | 1 | 5 | 5 | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | 56 | 37 | 536 | 14.48 | | | | |
| Total | 925 | 54 | 258 | 8.75 | 688 | 17 | 50 | 13.59 | 658 | 37 | 874 | 161.8 | 861 | 69 | 584 | 30.37 | 22 | 8 | 40 | 13.1 |
| Promedio | 66.07 | 3.85 | 18.42 | 0.63 | 76.44 | 1.88 | 5.55 | 1.51 | 50.61 | 2.85 | 67.23 | 12.44 | 41.0 | 3.28 | 27.8 | 1.44 | 7.33 | 2.66 | 13.33 | 4.36 |
| % | 100 | 5.83 | | | 100 | 2.47 | | | 100 | 5.62 | | | 100 | 8.01 | | | 100 | 36.36 | | |

Se incluyen los datos siguientes para cada investigador: 1) total de artículos registrados en su CVU; 2) número de artículos registrados en la Web of Knowledge (WoK) (s/f); 3) total de citas registradas en la Web of Knowledge (WoK, s/f), y 4) promedio de citas por artículo. Celdas vacías para investigadores no afiliados al SNI por la razón mencionada en el pie de la tabla 1.



La figura 2 muestra los resultados de este análisis con datos unificados para cada grupo de investigadores, y cuya lectura detallamos enseguida para el caso de la Comisión Dictaminadora como guía para la interpretación de los datos de todos los demás grupos. De un total de 102 graduados como doctores en ciencias con tesis dirigidas por los miembros de esta Comisión, únicamente 38 se encuentran hoy como investigadores afiliados al SNI. Éstos a su vez dirigieron las tesis doctorales de 24 investigadores reconocidos actualmente por el SNI, quienes han contribuido ya con 2 nuevos investigadores admitidos también en el SNI. Las columnas restantes indican los datos correspondientes en este renglón para los investigadores adscritos al instituto. Estos resultados muestran que existe una notable diferencia entre la graduación de alumnos de posgrado y la formación de investigadores como los que desea y reconoce el propio SNI.

Figura 2. Alumnos graduados que hoy forman parte del SNI



Se presentan los datos siguientes para cada grupo de investigadores: 1) total de alumnos de posgrado registrados en los CVU de los investigadores como graduados bajo su dirección (CVU); 2) número de tales ex-alumnos hoy adscritos al SNI (G1); 3) número de ex-alumnos de estos últimos investigadores que hoy están adscritos al SNI (G2); 4) número de ex-alumnos de estos últimos investigadores adscritos hoy al SNI (G3).

Discusión

Antes de analizar los resultados y posibles conclusiones del presente estudio conviene detenerse en algunas consideraciones metodológicas, porque con razón pudiera señalarse que las discrepancias encontradas entre nuestros datos y la distribución por niveles de los investigadores examinados en el Área IV del SNI derivan sobre todo de que las valoraciones se basan en documentos diferentes. Aquí se revisaron los CVU y bases públicas de datos bibliográficos bien conocidas en el contexto internacional, mientras que las Comisiones Dictaminadoras del SNI deciden con base en solicitudes específicas apoyadas con anexos probatorios de las producciones individuales. Efectivamente no tuvimos acceso a dichas solicitudes, ni existe posibilidad práctica para ello, porque el SNI devuelve o destruye todas las solicitudes al término de cada ciclo anual de evaluación.



Es discutible, sin embargo, cuál de estos dos distintos tipos de fuentes de información resulta más objetiva y realista para evaluar aportaciones científicas. Nadie conoce mejor la obra de un investigador que el propio autor, y dado que los investigadores deben mantener actualizado su CVU, que es de hecho el instrumento por medio del cual debe presentarse una solicitud de evaluación CONACYT, s/fc, el mismo tiene carácter oficial en el ámbito del propio SNI y con ese nivel de certidumbre se tomó en este estudio. Pero aun si tales datos fueran inciertos porque no todos los investigadores cuidaran de mantener actualizado su CVU, el peso principal de la evidencia se encuentra desde luego en los datos obtenidos a partir de fuentes externas e independientes.

El criterio más sólido para valorar publicaciones es por definición su proyección y efectos sobre el público al que están dirigidas, en este caso uno o más sectores de la comunidad científica internacional. Por consiguiente, la presencia de un investigador en la literatura científica de amplia circulación es la medida más confiable del valor y la efectividad de sus publicaciones. Sin duda muchas investigaciones valiosas han pasado y seguirán pasando inadvertidas por sus públicos destinatarios, o bien éstos son demasiado restringidos como para incidir sobre las cifras globales, pero desafortunadamente las contribuciones no son computables.

Otra posible objeción a considerar aquí es que nuestra evaluación no toma en cuenta algunos productos de investigación. Este es el caso principalmente con los “Capítulos de libro especializados, dictaminados y publicados en editoriales de reconocido prestigio académico”, los cuales figuran en tercer lugar como criterios de evaluación en el Área IV del SNI, inmediatamente después de los libros de autor y los artículos en revistas especializadas (CEE, III, 3.1.c) (CONACYT, s/fb). Sin embargo, hasta donde sabemos no existen bases de datos que compilen de manera amplia y sistemática fichas bibliográficas de capítulos de libros, por lo que resulta difícil determinar en términos objetivos la visibilidad y utilidad relativas de estas aportaciones. Debido a esta misma razón muchos académicos prefieren comunicar el nuevo conocimiento producto de su investigación por medio de libros monográficos o artículos en revistas indizadas.

Por último, cabe también la observación de que algunos de nuestros datos, en particular para los artículos de investigación, pudieran ser subestimaciones de las cifras reales. Esto puede en efecto ocurrir debido a que la captura de datos por los sistemas de compilación es incesante y se realiza en orden cronológico inverso, es decir, incorporando progresivamente ediciones cada vez más antiguas de las revistas incluidas. En consecuencia, es posible que la búsqueda en cierto momento no encuentre publicaciones aparecidas en fechas atrasadas, aunque esos artículos pudieran ser recuperables en búsquedas posteriores. Otra posibilidad es que las publicaciones hayan aparecido en revistas todavía no cubiertas por los sistemas de compilación en el momento de la búsqueda, aunque quizás lo sean en el futuro. Como se indica arriba en el resumen de la metodología utilizada, este estudio incluye datos disponibles hasta 2013 sobre producción publicada hasta 2011.

El principal hallazgo de este trabajo es que, al menos para las muestras hasta ahora examinadas del Área IV, el SNI es notoria y paradójicamente asistemático. Se encuentra una amplia desigualdad de producción individual en cada uno de los cuatro niveles, y por otro lado los indicadores de calidad para cada conjunto no corresponden con la supuesta gradación de los investigadores SNI como candidatos, principiantes, maduros y consumados. Estos resultados coinciden con conclusiones alcanzadas en un estudio menos detallado pero más amplio en



todas las Áreas del SNI (Reyes y Suriñac, 2012) (Reyes y Suriñac, 2012b), en el sentido de que la producción científica de los investigadores evaluados no corresponde con los nombramientos otorgados, especialmente en los niveles II y III.

Lo anterior parece confirmar entonces que al menos en esta Área IV se otorgan iguales distinciones y recompensas a individuos con *curricula* dispares, como se ha venido señalando por muchos críticos del SNI. Dado que el número y la jerarquía de los miembros del personal académico que son aceptados como miembros del SNI tienen un papel importante en las negociaciones presupuestales de las instituciones de investigación dependientes del sector público, es probable que la irregularidad en los nombramientos del SNI se refleje también en la asignación de recursos institucionales.

Este escenario plantea a su vez algunas preguntas fundamentales. En primer término cabe la cuestión de hasta qué punto son estos resultados, obtenidos para dos grupos específicos de investigadores (integrantes de una Comisión Dictaminadora del SNI y personal académico de un instituto de investigación), representativos del Área IV en general. Por otra parte, surge el interrogante de si acaso el Área IV puede ser considerada como representativa del SNI en su conjunto. En cuanto al primer punto, en breve estaremos en posibilidad de ofrecer una respuesta inequívoca con base en la muestra estadística tomada al azar entre los casi 3 mil investigadores afiliados al Área IV. Por ahora sólo podemos adelantar que el análisis en curso de dicha muestra presenta características similares a las aquí mostradas, así como las hay también entre los grupos ya examinados en cuanto a la carencia de un esquema inteligible.

Sobre el segundo punto no contamos hasta ahora con información, pero existen dos posibilidades: 1) que el Área IV constituya una singularidad, en cuyo caso se tendría una grave falta de equidad en un sistema que no obstante su diversidad supone equivalencias de exigencia y reconocimiento para los distintos niveles en todas sus Áreas, y 2) que las discrepancias encontradas en esta Área ocurran también en diferentes medidas en otras Áreas del SNI, de manera que el sistema entero sería entonces disfuncional. Los datos obtenidos por una investigación independiente (Reyes y Suriñac, 2012) (Reyes y Suriñac, 2012b) apuntan en la dirección de esta segunda alternativa. En cualquiera de las dos posibilidades, sin embargo, resulta evidente que se requiere una profunda revisión de la congruencia entre los supuestos teóricos que rigen al SNI y sus resultados en la práctica.

Bibliografía

1. CONACYT, s/f. Sistema Nacional de Investigadores <http://www.conacyt.gob.mx/SNI/Paginas/default.aspx>
2. CONACYT, s/fb. Inciso 2 y Anexo 1. Convocatoria 2014 para ingreso o permanencia en el SNI. Sistema Nacional de Investigadores. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. http://www.conacyt.gob.mx/SNI/2014/CONVOCATORIA_2014_INGRESO_O_PERMANENCIA.pdf
3. CONACYT, s/fc. Criterios Específicos de Evaluación (CEE). Área IV: Humanidades y Ciencias de la Conducta. Sistema Nacional de Investigadores. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. http://www.conacyt.gob.mx/SNI/SNI_CriteriosInternosdeEvaluacion/Documents/CriteriosEspecíficos_AREIV.pdf



4. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España (s/f). Scholarly Publishers Indicators (SPI). Proyecto de "Categorización de Publicaciones Científicas en Ciencias Humanas y Sociales". <http://epuc.cchs.csic.es/SPI/proyecto.html>
5. Reyes Ruiz, G., y Suriñac Caralt, J (2012) Un análisis crítico sobre las evaluaciones internas del SNI de México a partir de distintas técnicas de análisis de datos. Memorias XVII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática. México: Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Contaduría y Administración), Octubre 3-5, 2012.
6. Reyes Ruiz, G., y Suriñac Caralt, J (2012b). Las evaluaciones internas del SNI: coherencias o coincidencias. Secuencia 83: 179-217.
7. Santiago Rodríguez, F (2006)- Estudio 2. Valoración del Sistema Nacional de Investigadores. En: Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación en México (2000-2006). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México, pp. 158-174.
8. Vega y León, S (Coord. 2012) Sistema Nacional de Investigadores. Retos y perspectivas de la ciencia en México. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
9. *WorldCat* (WoC, s/f). The World's Largest Library Catalog. <http://www.worldcat.org/>
10. *Web of Knowledge* (WoK, s/f). Thomson Reuters. <http://wokinfo.com/>
11. *Journal of Citation Reports* (JCR). <http://thomsonreuters.com/journal-citation-reports/>





La diáspora científica mexicana: patrones de colaboración científica en las áreas de Ciencias Biológicas y Ciencias Físicas

Rafael Marmolejo Leyva
Jane Russel Barnard
Miguel Ángel Pérez Angón

Resumen

Este estudio examina los patrones de colaboración de los investigadores del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) que laboraron en el extranjero –de 2010 a 2013– de las áreas de Ciencias Biológicas y Ciencias Físicas. Para ello, se analizan los registros bibliométricos obtenidos, utilizando una base de datos que contiene la información de alrededor de 500 investigadores actualmente en el extranjero. La gran mayoría de los que disponemos en la base, se encuentran haciendo una estancia posdoctoral con beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) o con apoyos por parte de las instituciones que los reciben. Generamos las redes de colaboración de investigadores ubicados en el extranjero con quienes se encuentran en México o en otras partes del mundo. Lo cual, desde una perspectiva socio-económica, nos permitirá estudiar detalladamente los patrones de movilidad de los investigadores del SNI en cuestión.

Introducción

Dos de los aspectos fundamentales por los que un investigador realiza estancias en el extranjero son: adquirir nuevos conocimientos que contrasten con su formación, con el afán de poseer nuevas herramientas de solución y nuevas perspectivas sobre los problemas en el ámbito científico del país, y ampliar sus horizontes socio-económicos. De ahí que, para este trabajo, surjan dos preguntas fundamentales de investigación:

- ¿Cuál es la movilidad académica y los temas de investigación predominantes de los investigadores en el extranjero?
- ¿Los investigadores mexicanos en el extranjero favorecen de alguna manera la migración de investigadores ubicados en México?
- Producción científica de investigadores en el extranjero vs. investigadores ubicados en México



De las anteriores preguntas de investigación se desprenden las siguientes hipótesis:

1. La colaboración externa propicia un aumento en las redes interpersonales de los investigadores en pro de sus publicaciones, de tal suerte que eventualmente le permite trabajar en diferentes universidades y establecerse en ellas durante algún tiempo.
2. La colaboración externa proporciona la oportunidad para la creación de nuevos conocimientos a través de nuevas combinaciones de conocimientos existentes dispersos entre diferentes científicos y/o comunidades, con base en la Diáspora.
3. La productividad de los investigadores en el extranjero, difiere sustancialmente de los que se encuentran en el país, dadas las formas en que se trabaja afuera según la institución de pertenencia. (Observación de las publicaciones y su impacto de investigadores con nombramiento SNI y sin él).

Qué es la Diáspora Científica

Por Diáspora Científica se entiende la dispersión de los científicos mexicanos en el extranjero. Sin embargo, el debate acerca de la Diáspora según algunos autores, se centra en el concepto de etnicidad como categoría unificadora, como la prueba de origen, que reafirma la solidaridad del grupo y de la comunidad. Sin embargo, el concepto de etnicidad por sí mismo no es suficiente para explicar la construcción de la identidad. Anthias (2008) afirma que la aplicación de la etnicidad como la principal categoría de análisis en los estudios de la Diáspora hace difícil examinar las relaciones y comunidades trans-étnicas.

Uno de los primeros académicos en establecer los principales criterios de la teoría clásica es William Safran, que en su breve artículo “Diásporas en las Sociedades Modernas: Mitos de la Patria y del Regreso” describe un número de grupos y los clasifica de acuerdo con los siguientes puntos:

1. La dispersión de un centro a dos o más regiones periféricas o extranjeras.
2. La retención de la memoria colectiva, la visión o el mito.
3. La creencia de que la plena aceptación por parte del país anfitrión no es posible.
4. Tener en cuenta al país de origen ancestral como la casa real o ideal y el lugar de su regreso definitivo.
5. El compromiso con el mantenimiento o el restablecimiento de la seguridad y la prosperidad de la patria.

El llamado modelo clásico de la teoría de la Diáspora se ha convertido en una herramienta tipológica y descriptiva, la cual no permite ir más allá de la etnicidad, la dispersión, la patria, y el origen, ni tampoco proporciona un marco analítico para comprender el fenómeno de la Diáspora como una condición social y como parte del proceso social.

Por último, el uso del concepto de Diáspora se ha diseminado a través de diferentes campos como el de la semántica; por medio de los espacios conceptuales y disciplinares y el término en sí se ha convertido en “La Diáspora”, el cual, en sí mismo, indica dispersión y ha llamado la atención de los académicos involucrados en ella.



Desde esta perspectiva, la teoría de la Diáspora estudia:

1. La dispersión de uno a muchos lugares y la existencia de la relación triádica entre la tierra de origen (definida como el centro), la comunidad étnica y la tierra-anfitriona.
2. El sentimiento eterno de anhelo de pertenencia a la patria y el conocimiento colectivo del grupo étnico sobre su historia y su identidad.
3. Un continuo deseo de regreso y la idealización de la patria.
4. El proceso de transnacionalización y la creación de redes entre las comunidades de grupos étnicos determinados.
5. El fortalecimiento de las conexiones con y la participación en la patria.

Por tanto son socialmente importantes los procesos internos de reordenamiento de los conocimientos previos del investigador, así como la forma en que interactúa con otras formas de pensamiento y la posible colaboración con grupos étnicos diferentes. Desde luego que los intereses económicos del individuo al respecto, que pueden depender de diferentes situaciones del lugar de procedencia, de un choque, de una carencia, pueden ser también relevantes e influenciar la forma de involucrarse en nuevos protocolos de investigación y pueden determinar qué tan rápido un investigador se adapta o no a estar en el extranjero. Por otro lado, no tratamos de minimizar o trivializar el esfuerzo intelectual de los individuos argumentando que pueden interesarse más o no en un trabajo, y en formar nuevas redes de colaboración sólo por la retribución económica, pero en el presente trabajo, y dadas las circunstancias en las que el SNI fue creado, así como los estímulos existentes en la actualidad para la investigación en el extranjero, no podemos dejar de lado este aspecto tan relevante.

En términos de colaboración científica, durante el siglo pasado ha ocurrido un aumento acelerado de la misma entre los individuos, organizaciones y regiones (de Solla Price, 1963; Cronin *et al.*, 2004; Wagner y Leydesdorff, 2005; Wuchty *et al.*, 2007). El crecimiento explosivo y la creciente complejidad del conocimiento científico han hecho imposible dominar todos los conocimientos en un solo campo para cualquier persona o inclusive para una sola organización, de tal manera que parte de los procesos de actualización de una gran cantidad de investigadores es justamente colaborar con otros científicos de otras partes del país, o del mundo.

La creación de nuevos conocimientos requiere por lo tanto de la construcción de elementos reunidos de diferentes fuentes (Katz y Martin, 1997; Melin, 2000). El resultado ha sido un continuo incremento en la colaboración en todas las dimensiones por medio de los individuos, las organizaciones, en todas las regiones, a través de las fronteras institucionales (Merton, 1973; Beaver y Rosen, 1979; Adams *et al.*, 2005; Jones, 2005).

Sin embargo, con el tiempo, la colaboración también parece haber evolucionado hasta convertirse en un valor científico en sí misma. Se da por sentado que la colaboración sería benéfica en múltiples niveles: las ganancias de productividad para los científicos e investigadores colaboradores, la innovación y el éxito de las empresas colaboradoras y organizaciones, y la creación de conocimiento y el crecimiento económico de los países colaboradores. No es sorprendente que las principales políticas gubernamentales dirigidas a facilitar la investigación científica y tecnológica, como el Programa de Tecnología Avanzada y la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos, y las iniciativas Marco y EUREKA en Europa, hayan dedicado una gran parte de sus recursos específicamente para promover la colaboración externa mediante la organización, regional y en las fronteras institucionales (Georghiou, 1998).



Las políticas que favorecen la colaboración entre científicos son débiles. Existen pocas investigaciones que han podido determinar correlaciones positivas entre la colaboración científica y la creación de conocimiento. A este respecto, si se analiza la producción científica de investigadores que se encuentran en el extranjero nos ofrece un reto aún más grande: su movilidad. La movilidad de los investigadores y las tendencias en dicha movilidad, pueden establecer patrones de colaboración totalmente distintos de aquellos individuos que permanecen estáticos, en este sentido determinaremos el efecto de la colaboración en el impacto de las citas de un artículo para un grupo de investigadores del SNI en particular. A su vez, mediante parámetros bibliométricos de co-autoría de dichos investigadores, buscaremos si la colaboración externa medida en dos momentos, pre-migración y post-migración, afecta de forma significativa la productividad de un científico.

En términos de movilidad observaremos si es que esta colaboración prevalece longitudinalmente o se rompe en algún momento debido a que al investigador no desarrolla temas afines para su contraparte de etnicidad diferente y viceversa según el enfoque de la teoría de la Diáspora.

El Sistema Nacional de Investigadores (SNI)

A 30 años de su creación el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) ha logrado evaluar y dictaminar a una gran cantidad de investigadores quienes reúnen las competencias necesarias para estar al nivel de cualquier investigador de reconocimiento internacional, por lo que el SNI ha logrado consolidarse como una institución de gran relevancia. Este hecho fundamental se relaciona con frecuencia con la colaboración científica puesto que los requisitos para ingresar al mismo son artículos indizados en revistas con alto factor de impacto. Publicar no es tarea fácil, y es más difícil si no se cuenta con algún tipo de apoyo, el cual puede ser trabajar en coautoría.

Cabe señalar que entre las intenciones originales que animaron a los fundadores de SNI está reconocer a la comunidad de investigadores mediante un esquema de compensaciones salariales, para detener o minimizar la salida de científicos del país (AMC, 2005). Sin embargo, un buen número de quienes solicitan becas para estancias de investigación y posdoctorales no regresan. Desde hace por lo menos una década, por ejemplo, la intención de quedarse en Estados Unidos de los jóvenes mexicanos, egresados de doctorado ha aumentado, aunque ocurre en menos casos que en las de los argentinos, chilenos y colombianos y reciben menos propuestas firmes de trabajo que esas nacionalidades (Didou, 2013).

Por otra parte, de acuerdo con los censos de 2000 y 2010, la inmigración calificada y muy calificada en México, por nacionalidades, se presenta ya sea por tradición histórica o por cuestiones de políticas (franceses y rusos). La formación a lo internacional es una característica de las trayectorias científicas de los investigadores mexicanos que laboran en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) (Remedi y Ramírez, 2013). Por último que la diáspora y los fenómenos de migración son conceptos que hoy día conciernen al CONACyT y al país en su conjunto. Dado que están ligados a la fuga de cerebros y de recursos en general.



Figura 1. Salarios de Investigadores con y sin nombramiento del SNI vs Poder Adquisitivo

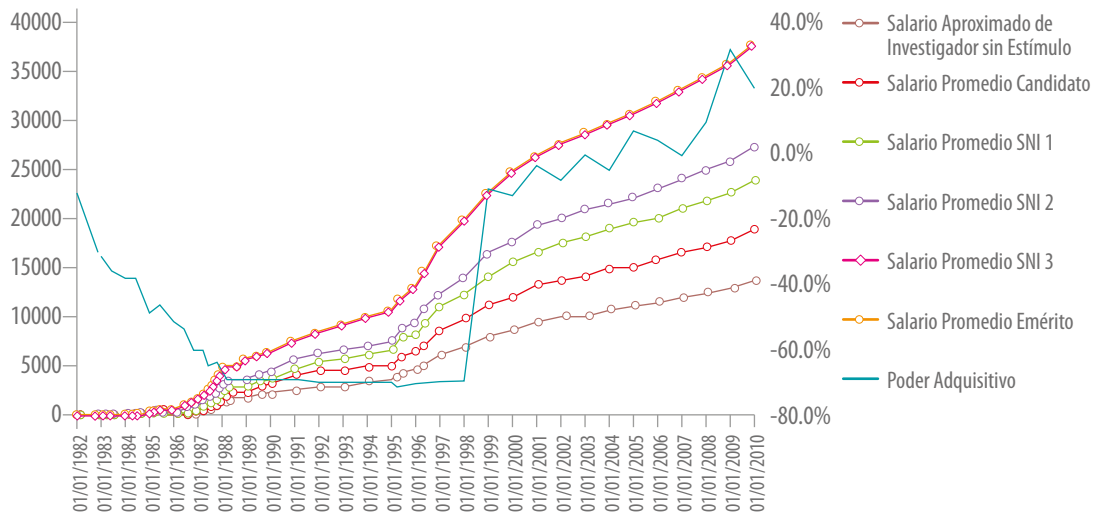
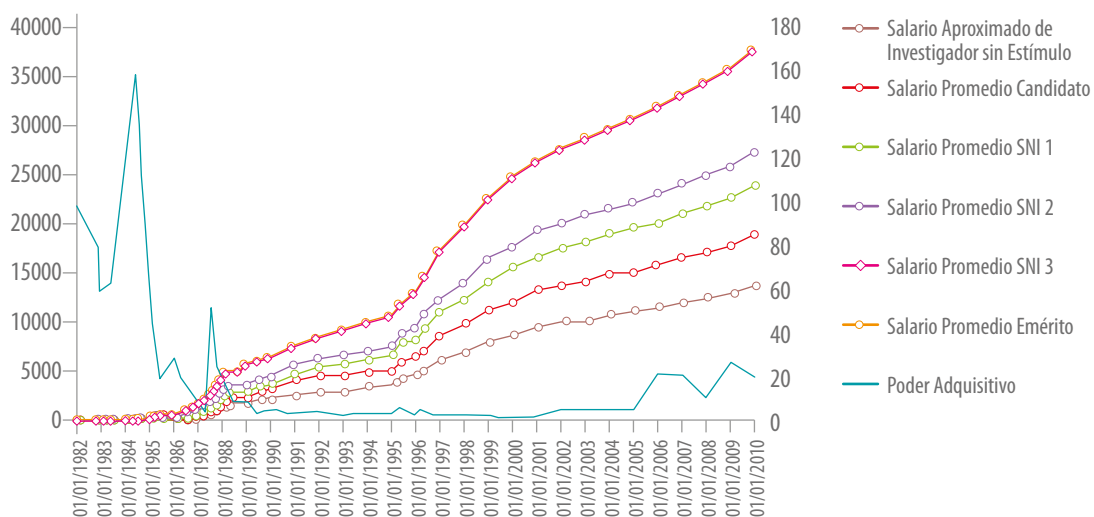


Figura 2. Salarios de Investigadores con y sin nombramiento del SNI vs porcentaje de Inflación Anual



En las figuras 1 y 2¹ podemos observar como el salario de los investigadores de acuerdo con el nivel que tienen en el SNI posee una correlación positiva entre los incrementos en el salario mínimo respecto al poder adquisitivo y una correlación negativa respecto a la inflación. Podríamos, dada esta información, intuir o indiciar que el surgimiento y desarrollo del Sistema Nacional de Investigadores no solo ha favorecido el crecimiento del propio SNI y del sistema científico mexicano, además, ha logrado en cierta medida la permanencia de los investigado-

1. Información disponible en: http://www.interciencia.org/v21_02/art02/ <http://mexicomaxico.org/Voto/SalMinInf.htm> y http://www.sat.gob.mx/sitio_internet/asistencia_contribuyente/informacion_frecuente/salarios_minimos/45_7369.html



res en el país, permitiéndoles un mejor nivel de vida. Algo que aún no determinamos, pero que disponiendo de los datos de sus publicaciones, colaboraciones y citas, podremos inferir de manera estadística en algún momento del trabajo. También podemos enmarcar que aquellos investigadores del SNI gozan de prestigio, socialmente importante, que no tiene alternativa o comparación en el país y que suponemos le permite una rápida interacción con comunidades científicas dentro y fuera del país.

Se analizan los datos de salarios contra la inflación y contra el poder adquisitivo porque el dinero es de los principales motores de la movilización de recursos humanos a otros países. El bienestar, y el desarrollo de una vida profesional plena, son elementos que complementan dicho fenómeno de migración y esos elementos pueden estar presentes o no de forma independiente, es decir, en el caso de los investigadores: ellos migran por aprender más acerca de algo que les interesa, otros por tener mejores oportunidades de desarrollo profesional y algunos más porque lo que aprenderán en el extranjero lo pueden traer de vuelta al país de origen y contribuir al desarrollo, eso lo establece la teoría de la diáspora y por ello nuestro interés en esta perspectiva.

Desde su creación, en 1984, hubo gran interés de muchos investigadores por pertenecer al SNI, de tal suerte que la cantidad de investigadores miembros del mismo creció de forma moderada hasta llegar a 6 mil investigadores en 2002, pero a partir de ese año, se ha incrementado de manera considerable la pendiente de crecimiento hasta llegar hoy día a los 16,598 investigadores del SNI (Padilla, 2010). Resulta probable que este crecimiento, a partir de 1991 y hasta 2012, esté relacionado con los efectos de la colaboración científica que los investigadores adscritos a sus instituciones han logrado a través de sus publicaciones y trabajos en revistas de alto impacto internacional, valiéndose del prestigio que mencionamos, en donde también se representan de forma aproximada los salarios devengados por dichos investigadores, por nivel y por área en el SNI, en el periodo indicado.

Metodología

Empleando una base de datos que contiene información sobre investigadores del Sistema Nacional de Investigadores que laboraron en el extranjero de 2010 a 2013, buscaremos en el ISI WoK (Web of Knowledge), los registros bibliométricos de co-autoría vinculados a las direcciones de adscripción de cada trabajo, por cada investigador con los que determinamos, gráfica y estadísticamente, los patrones de colaboración de las áreas de ciencias físicas y ciencias biológicas. El número de investigadores y las áreas a las que pertenecen, se representan a continuación en la tabla 1 y en las figuras 3 a 5.

Tabla 1. Distribución del número de investigadores mexicanos en el extranjero por área del conocimiento (2013)

| Disciplina | Número de Investigadores | Disciplina | Número de Investigadores |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| Ciencias Biológicas | 136 | Ingenierías | 61 |
| Ciencias Físicas | 68 | Agrociencias | 29 |
| Ciencias Químicas | 47 | Medicina | 46 |
| Ciencias de la Tierra | 12 | Ciencias Sociales | 42 |
| Matemáticas | 17 | Humanidades | 19 |



También investigamos los cambios concomitantes en las redes sociales de los científicos que subyacen como un mecanismo de última instancia (y en algunos casos de primera) para comprender las ganancias observadas a partir de la colaboración externa. Dichas ganancias podrán dar evidencia de la movilidad y/o permanencia de los investigadores en el extranjero.

Intentamos descubrir si la colaboración a través de las fronteras nacionales, institucionales y organizacionales puede explicar, desde dos perspectivas, el papel que tiene en la conformación de las redes subyacentes de los individuos, sobre todo de quienes trabajan en instituciones fuera del país. La primera, exponiendo a un científico a los demás, no sólo dentro sino también fuera de su comunidad, suponemos que la colaboración externa aumenta el tamaño sus relaciones interpersonales inmediatas. La segunda sería que la colaboración externa también proporciona la oportunidad para crear nuevos conocimientos a través de otras combinaciones de conocimientos existentes dispersos entre diferentes científicas comunidades, con base en la Diáspora.

Figura 3. Distribución de investigadores mexicanos radicados en el extranjero por área de conocimiento y por género

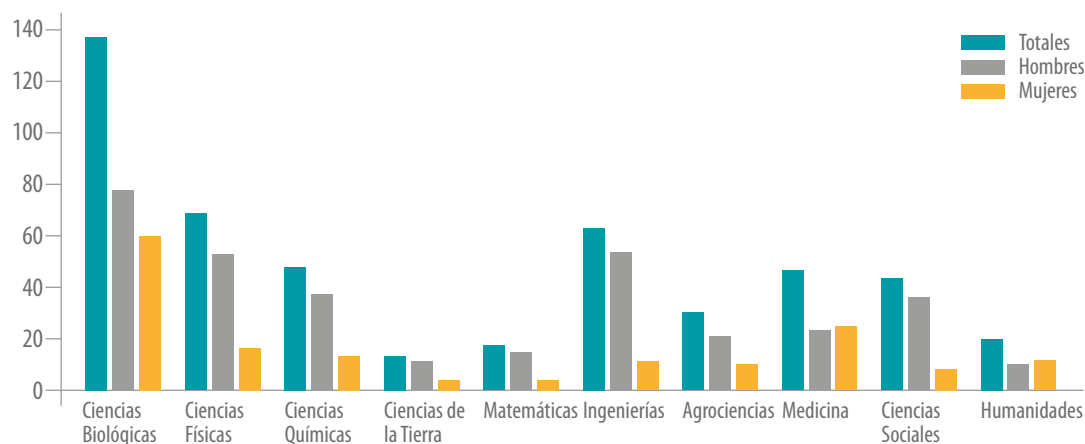


Figura 4. Distribución de investigadores mexicanos en el extranjero por área del conocimiento y por nivel académico en el SNI

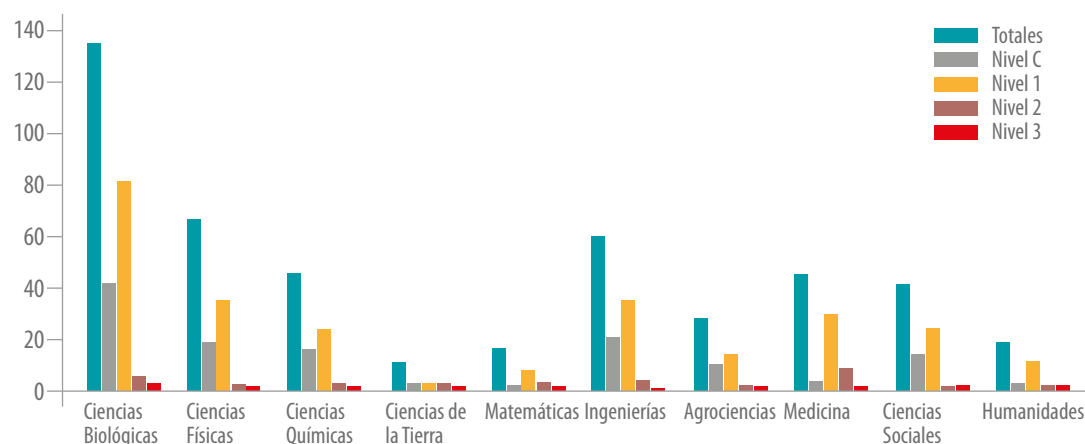




Figura 5. Distribución del promedio de edad de los investigadores mexicanos en el extranjero, por área del conocimiento 2013, SNI

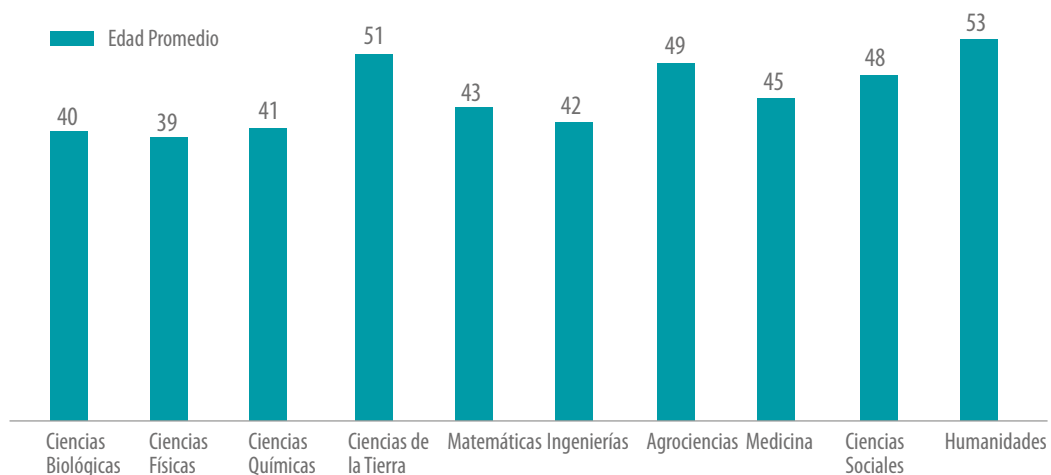


Tabla 2. Distribución de los países donde obtuvieron su grado de doctor los investigadores mexicanos en el extranjero (2013, SNI)

| País de obtención del grado | Ciencias Biológicas | Ciencias Físicas | Ciencias Químicas | Ciencias de la Tierra | Matemáticas | Ingenierías | Agrociencias | Medicina | Ciencias Sociales | Humanidades |
|-----------------------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------------|-------------|
| Australia | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bélgica | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brasil | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Canadá | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| Chile | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Dinamarca | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Finlandia | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Francia | 0 | 1 | 5 | 1 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| Alemania | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Gran Bretaña | 3 | 6 | 3 | 0 | 0 | 10 | 2 | 1 | 7 | 0 |
| India | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Italia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Japón | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| México | 64 | 43 | 35 | 3 | 4 | 20 | 9 | 35 | 12 | 5 |
| Países Bajos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Rusia | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| España | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 5 | 0 | 1 | 7 | 3 |
| Sudáfrica | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Suecia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Suiza | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estados Unidos | 8 | 8 | 2 | 7 | 9 | 10 | 6 | 4 | 11 | 8 |
| No especificado | 59 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 |



Tabla 3. Distribución de los países donde radican los investigadores mexicanos en el extranjero (2013, SNI)

| País Actual | Ciencias Biológicas | Ciencias Físicas | Ciencias Químicas | Ciencias de la Tierra | Matemáticas | Ingenierías | Agrociencias | Medicina | Ciencias Sociales | Humanidades |
|-----------------|---------------------|------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|----------|-------------------|-------------|
| Australia | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Austria | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bélgica | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Brasil | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Canadá | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 6 | 1 | 0 |
| Rep Checa | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Chile | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Corea | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Dinamarca | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Finlandia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Francia | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Alemania | 0 | 4 | 1 | 0 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gran Bretaña | 6 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Israel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Italia | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| México | 44 | 18 | 7 | 1 | 5 | 11 | 5 | 11 | 0 | 1 |
| Países Bajos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Perú | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Portugal | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Rusia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| España | 1 | 5 | 2 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Suecia | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Suiza | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Estados Unidos | 42 | 17 | 10 | 5 | 4 | 7 | 6 | 10 | 0 | 3 |
| No especificado | 29 | 10 | 14 | 6 | 0 | 23 | 13 | 17 | 36 | 14 |

Un aspecto importante para este trabajo es contar con datos duros sobre producción y colaboración científicas, por lo que enumeramos algunos de los primeros pasos para dar respuesta a nuestras preguntas:

1. Antes que nada, la conformación de una base de datos de investigadores vigentes y no vigentes en el SNI que, se sabe, se encuentran en el extranjero.
2. Recabar todos los registros bibliométricos de los investigadores que se encuentran en el extranjero, de tal manera que dichos datos nos permitan crear lo que denominaré en el trabajo, cadenas de colaboración, es decir, elementos de producción científica ligados al año de publicación y al país donde se publica. Con lo que se pretenderá observar la movilidad de los investigadores en términos de su colaboración científica.
3. Generar modelos estadísticos con los que se pueda averiguar en qué proporción se satisfacen nuestras hipótesis.



El número y la distribución de las relaciones interpersonales de una persona afecta el rango y la diversidad de los conocimientos dispersos a los que puede acceder (Bonacich, 1987). En la medida en que las relaciones exteriores no crean por completo más lazos dentro de la misma organización o región, la colaboración externa debería aumentar el número de otros científicos en los que una colaboración individual se ha enlazado directamente con ellos. El individuo debe ser capaz de llevar sus proyectos de futuro y no sólo sus habilidades y la experiencia acumulada, sino también los recursos dispersos y el conocimiento accesible a través de estas redes de vinculación. Por lo tanto, tener un mayor número de vínculos directos debe ayudar a la capacidad del individuo de lograr nuevas combinaciones de conocimientos, sacando provecho a los beneficios de la colaboración externa.

Además de la gran cantidad de relaciones interpersonales, lo que también podría ser relevante para la creación de conocimiento es la diferencia a través de vínculos de red en el papel que pueden desempeñar en la transferencia de conocimientos y el proceso de recombinación. En particular, tal como la visión de “agujeros estructurales” de redes sociales sugiere, diferentes vínculos podrían tener contribuciones diferenciales ya que algunos son menos redundantes que otros en términos de permitir la conectividad en la red (Burt, 1992, 2004).

Auténticas redes de científicos han mostrado per se la tendencia de “mundo pequeño”, en la que grupos reducidos de comunidades de individuos están conectados entre sí a través de grafos de individuos (Newman, 2001). Estos límites que abarcan a las personas a menudo tienen un papel fundamental para la difusión del conocimiento generalizado de este tipo de redes (Uzzi y Spiro, 2005; Fleming *et al.*, 2007). Mientras, es probable que los científicos –en cualquiera de los grupos altamente interconectados dentro de la red de mundo pequeño en general– residan dentro de una única región, configuración organizacional o institucional. Las posiciones de los límites de los grafos surgen a menudo como resultado de los vínculos de la red a través de las fronteras regionales, organizacionales o institucionales. Esta ventaja estructural de ser agentes de conocimiento se ve reforzada por los vínculos externos que también dan acceso a un conocimiento más heterogéneo, el cual ofrece un universo más rico de posibilidades de recombinación (Reagan y Zuckerman, 2001; Rodan y Galunic, 2004). Estos argumentos sugieren que la presencia de agujeros estructurales puede ser un importante mecanismo de conducción de las ganancias de la colaboración.

A pesar de que los agujeros estructurales conducen a una mayor flexibilidad y autonomía (Gargiulo *et al.*, 2007), la consiguiente falta de cohesión y confianza hace que sea más difícil acceder a conocimientos y recursos dispersos (Coleman, 1988; Hansen, 1999; Reagan y McEvily, 2003). Además, cuando el conocimiento disperso es lo suficientemente complejo o tácito, con rutas redundantes de la red, en realidad podría ser benéfico en lugar de un desperdicio para la transmisión de conocimiento (Nahapiet y Ghoshal, 1998). En tercer lugar, mientras los agujeros estructurales podrían facilitar la creación de ideas nuevas, a su vez podrían impedir la difusión e implementación de estas ideas (Obstfeld, 2005; Fleming *et al.*, 2006).

Los científicos que hacen investigación de clase mundial, por lo general tratan de publicar sus trabajos en prestigiosas revistas internacionales (Dasgupta y David, 1994; Stern, 2004). Por lo tanto, los datos sobre el impacto y el número de referencias de publicaciones científicas es útil para medir la creación de conocimiento. Además, la co-autoría de datos de publicaciones científicas también puede utilizarse para deducir la colaboración entre personas, países y organizaciones. Este enfoque tiene la ventaja de ser objetivo, reproducible y práctico para estudios con



muestras grandes. Por lo tanto, a pesar de sus limitaciones, los datos sobre la co-autoría han sido reconocidos como la mejor fuente disponible para estudiar la colaboración científica (de Solla Price y Beaver, 1966; Merton, 1973; Katz y Martin, 1997).

La co-autoría en las publicaciones ISI se utiliza para medir las relaciones. Melin y Persson (1996) encuentran que una proporción significativa de la colaboración científica conduce a que los documentos y publicaciones en co-autoría en el ISI sean la medida más común de la productividad científica (Levin y Stephan, 1991; Stephan y Levin, 1997; Turner y Mairesse 2003; González -Brambila y Veloso, 2007). Sin embargo, una importante limitación del uso de esta medida es que no cuantifica directamente el contacto real entre las personas (las redes subyacentes). Por un lado, no todas las colaboraciones terminan en una publicación en el ISI; por otro, hay otras salidas, como libros, capítulos de libros, actas, patentes, y publicaciones no indexadas en ISI, que forman parte de la producción de los investigadores y que pueden ser el resultado de la colaboración entre los investigadores, y los que no se reflejan en nuestra base de datos.

Variables

1. Número de trabajos por individuo
2. Número de citas por individuo y por trabajo
3. Total de trabajos por año
4. Afiliación (*adress* en el WoK): a) Estado; b) País y/o provincia
5. Total de trabajos en coautoría (colaboraciones científicas) y con qué país

Resultados

A continuación se representa gráficamente el número de trabajos en colaboración de los investigadores en el extranjero de las áreas de ciencias biológicas y de ciencias físicas con otros países, donde se tomaron en cuenta únicamente las 4 principales naciones con quienes tienen más colaboraciones.

Resultados de Ciencias Biológicas

Tabla 4. Distribución del número colaboraciones de los investigadores mexicanos en el extranjero del área de Ciencias Biológicas

| País actual | Número de colaboraciones por país | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|------|--------|--------|--------|---------|-----|----------|---------|-------|-------|--------|-------|
| | México | USA | Canadá | Brasil | España | Francia | GB | Alemania | Bélgica | China | Japón | Italia | Otros |
| Bélgica | 14 | 4 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 19 | 1 | 0 | 1 | 7 |
| Canadá | 15 | 6 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Francia | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Italia | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 39 | 5 |
| España | 0 | 20 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gran Bretaña | 10 | 55 | 0 | 5 | 8 | 8 | 129 | 4 | 2 | 0 | 0 | 11 | 25 |
| Estados Unidos | 598 | 1042 | 64 | 12 | 35 | 32 | 48 | 17 | 0 | 12 | 0 | 13 | 88 |



Resultados de Ciencias Físicas

Tabla 5. Distribución del número de colaboraciones de los investigadores mexicanos en el extranjero del área de Ciencias Físicas

| País actual | Número de colaboraciones por país | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------------|------|--------|-------|--------|--------|---------|-----|----------|-------|--------|-----------|-------|---------|-------|
| | México | USA | Canadá | Chile | Brasil | España | Francia | GB | Alemania | Japón | Italia | Finlandia | Rusia | Austria | Otros |
| Austria | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 18 | 1 | 0 | 18 |
| Alemania | 14 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 49 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 10 |
| Brasil | 14 | 50 | 6 | 0 | 71 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 1 |
| Chile | 9 | 14 | 2 | 11 | 0 | 4 | 15 | 4 | 2 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 17 |
| España | 62 | 41 | 13 | 0 | 11 | 51 | 4 | 21 | 10 | 2 | 19 | 0 | 20 | 6 | 18 |
| Francia | 39 | 47 | 0 | 0 | 8 | 9 | 40 | 0 | 29 | 11 | 64 | 21 | 26 | 0 | 101 |
| Gran Bretaña | 75 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 54 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Suiza | 16 | 105 | 12 | 0 | 0 | 4 | 6 | 10 | 16 | 6 | 8 | 0 | 6 | 52 | 40 |
| Estados Unidos | 275 | 9156 | 497 | 0 | 551 | 327 | 1292 | 872 | 903 | 588 | 782 | 0 | 866 | 0 | 3066 |

Análisis y conclusiones

Observamos que los investigadores en el extranjero del área de ciencias biológicas colaboran más con investigadores de América que con el resto del mundo, a diferencia de los investigadores del área de ciencias físicas que casi tienen la misma cantidad de trabajos en colaboración con el resto del mundo y con América. En general, los investigadores son proclives a colaborar más con el extranjero que con México, se puede entender esto porque uno de los requisitos tanto para ser miembro como para subir de categoría académica en el SNI es contar con publicaciones en el extranjero. Lo mismo pasa con los investigadores del nivel I y algunos del nivel II. Sin embargo, un porcentaje mayor de quienes cuentan con el nivel 3, de ellos colaboran con investigadores de México lo que nos habla de poca movilidad y estabilidad, lo que significaría un grado de consolidación de dichos investigadores tanto del área de ciencias biológicas como en el área de ciencias físicas, no obstante, parecen tener más colaboraciones los de ciencias físicas que los de biológicas.

Referencias

1. Ahuja, G. (2000). *Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study*. *Administrative Science Quarterly*. 45 (3) 425-455.
2. AMC, (2005). *Una reflexión sobre el sistema nacional de investigadores a 20 años de su creación*.
3. Anthias, F (2008) *Thinking through the lens of translocational positionality: an intersectionality frame for understanding identity and belonging' in Translocations, Migration and Change*, Volume 4, Issue 1, Winter 2008, pp5-20
4. Beaver, D. R. Rosen. (1978). *Studies in Scientific Collaboration: Part I - The Professional Origins of Scientific Co-authorship*. *Scientometrics*. 1 (1) 65-84



5. Bonacich, P. (1987). *Power and centrality: a family of measures*. American Journal of Sociology 92(5): 1170-1182.
6. Bozeman, B. (2006). *Design and the management of multi-institutional research collaborations: Theoretical implications from two case studies*. Research Policy 35 (2006) 975-993
7. Burt, R.S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press.
8. CONACYT. (2003). *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas 2002*, Mexico.
9. Cronin, B., D. Shaw, K. La Barre. (2004). *Visible, less visible, and invisible work: Patterns of collaboration in 20th century Chemistry*. Journal of the American Society for Information Science and Technology 55(2): 160-168.
10. Dasgupta, P., P. David. (1994). *Towards a new economics of science*. Research Policy 23: 487-521.
11. De la Peña, J.A. (2003). *La Ciencia en México*. AMC
12. Dutrenit, G. (2010). *The Mexican national innovation system: structures, performance and challenges*. MPRA Paper No. 31982, posted 03. July 2011 / 04:44
13. de Solla Price, D.J. (1963). *Little Science, Big Science*. Columbia, New York.
14. de Solla Price, D.J. and Beaver, D.B. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 21(1): 1011-1018.
15. Feldt, B. (1986). *The Faculty Cohort Study: School of Medicine*. Ann Arbor, Michigan: Office of Affirmative Action.
16. Fleming, L., et al. (2007). *Collaborative Brokerage, Generative Creativity, and Creative Success*. Administrative Science Quarterly. 52 (3) 443-475.
17. Gonzalez-Brambila, C., y Veloso (2007). *The Determinants of Research Output and Impact: A Study of Mexican Researchers*. Research Policy. 36 (Sep) 1035-1051
18. Gonzalez, C. (2005). *Thesis Exploring Academic Scientific Productivity for the Design of Public Policies*. Public Policy.
19. Hansen, M.T. (1999). *The Search-Transfer Problem: The Role of Weak Ties in Sharing Knowledge across Organization Subunits*.
20. Katz, J.S., D. Hicks. (1997). *How Much is a Collaboration Worth? A Calibrated Bibliometric Model*. Scientometrics. 40 (3) 541-554
21. Katz, J.S., B.R. Martin. (1997). *What is Research Collaboration?* Research Policy 26 1-18.
22. Keith, B. (1999). *The institutional context of departmental prestige in American higher education*. American Educational Research Journal. 36: 409-445.
23. Keith, B., and Babchuk, N. (1998). The quest for institutional recognition: a longitudinal analysis of scholarly productivity and academic prestige among sociology departments. *Social Forces* 76: 1495-1533.
24. Lee, S., B. Bozeman. (2005). The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science*. 35 (5) 673-702.
25. Levin, S., P. Stephan. (1991). *Research Productivity Over the Life Cycle: Evidence for Academic Scientists*. The American Economic Review. 81 (Mar) 114-132.
26. McFadyen, M.A., A.Cannella. (2004). *Social Capital and Knowledge Creation: Diminishing Returns of the Number and Strength of Exchange Relationships*. Academy of Management Journal. 47 (5) 735-746.
27. Melin, G., (2000). Pragmatism and self-organization research collaboration on the individual level. *Research Policy* 29: 31-40.
28. Melin, G., O. Persson. (1996). *Studying Research Collaborations using Co-authorship*. Scientometrics. 36 (3) 363-377.



29. Merton, R. K. (2000). *On the Garfield input to the sociology of science: A retrospective collage*. In B. Cronin & H. B. Atkins (Eds.), *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield* 435-448. Medford, NJ: Information Today.
30. Nahapiet, J., S. Ghoshal. (1998). *Social Capital, Intellectual Capital, and the Organizational Advantage*. *The Academy of Management Review*. 23 (2) 242-266.
31. Narin, et al., (1991). *Scientific cooperation in Europe and the citation of multinationally authored papers*. *Scientometrics* 21: 313-323
32. Padilla, E. (2010). *El Académico Mexicano Miembro del Sistema Nacional de Investigadores: Su contexto institucional, uso del tiempo, productividad académica, e implicaciones salariales*. I Congreso de los Miembros del Sistema Nacional de Investigadores Querétaro, Querétaro, Mayo 5-8 de 2010-04-27
33. PECITI, (2008). *Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Gobierno Federal, 2008. Disponible en: <http://www.siiicyt.gob.mx/siiicyt/docs/contenido/PECITI.pdf>
34. Stephan, P., S. Levin. (1991). *Inequality in Scientific Performance: Adjustment for Attribution and Journal Impact*. *Social Studies of Science*. 21 (May) 351-368.
35. Stephan, P., S. Levin. (1997). *The Critical Importance of Careers in Collaborative Scientific Research*. *Revue d'Economie Industrielle*. 79 (1) 45-61.
36. Uzzi B. (1997). *Social Structure and Competition in Interfirm Networks: The Paradox of Embeddedness*. *Administrative Science Quarterly*. 42 (2) 35-67.
37. Uzzi, B, J. Spiro. (2005). *Collaboration and creativity: the small world problem*. *American Journal of Sociology*. 111(2): 447-504.
38. Wagner, C.S., L. Leydesdorff, L. (2005). *Network structure, self-organization, and the growth of international collaboration in science*. *Research Policy*.
39. Wuchty, S., B.F. Jones, B. Uzzi. (2007). *The Increasing Dominance of Teams in Production of Knowledge*. *Science*. 316 (5827), 1036-1039.
40. Xie, Y. & Shauman K.A. (2003). *Women in science. Career processes and outcomes*. Cambridge, Ma: Harvard University Press.



6

REDES DE COLABORACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA





Análisis automatizado y visualización de indicadores científico-tecnológicos: el estado de la cuestión en Cuba

María Victoria Guzmán
Romel Calero Ramos
Yaidelyn Macías Ribero
Jesús Bouza Figueroa
Ivet Álvarez Díaz
Humberto Carrillo Calvet
José Luis Jiménez Andrade

Resumen

En el transcurso de los siglos, los pintores se han valido de la representación visual para transmitir sensaciones, sentimientos y conceptos; de la misma manera, los cartógrafos han recurrido a los mapas mientras que los analistas en información utilizan, en el trabajo diario, desde gráficos en Excel hasta diagramas de flujo. Uno de nuestros propósitos, es analizar y representar conceptos complejos asociados al proceso científico-tecnológico de instituciones, países o áreas temáticas. Un campo asociado a estos propósitos es la Visualización de Información de Indicadores Métricos. El objetivo de este trabajo es explicar y ejemplificar los métodos y procedimientos empleados en el análisis y visualización de indicadores científico-tecnológicos en el ámbito internacional, de manera específica en Cuba. Para ello se utilizan *software* que muestran las posibilidades del análisis de la producción científico-tecnológica y la visualización de sus resultados en diferentes entornos (redes radiales, agrupamientos, mapas, híbridos, etcétera). Los datos de los ejemplos prácticos son tomados de diversas fuentes de información (PubMed, Web of Science, Web, entre otros). Para la revisión del estado del arte en Cuba, acerca del tema, se elaboró una base de datos con reportes encontrados en publicaciones científicas, trabajos presentados en seminarios, talleres y repositorios, entre otros. Se presentan las diferentes posibilidades de procesar y asimilar conjuntos de datos de la forma más óptima y rápida posible. Además, se demuestra –con casos prácticos– aplicaciones para diferentes servicios asociados al análisis y visualización de la investigación como los procesos de inteligencia empresarial, vigilancia inteligencia científica-tecnológica. Finalmente, se resumen los proyectos métricos trabajados en Cuba y algunos de sus resultados concretos.



Introducción

La Visualización de Información (VI) es un área del conocimiento que ha adquirido gran importancia en la última década. La VI está vinculada a un área tan compleja como la percepción humana y su capacidad para procesar la información rápida y eficientemente. Contribuyen otros dos aspectos fundamentales: la alta capacidad diaria en la generación de información en el mundo y la dinámica en el desarrollo de las tecnologías de la información. En los tres aspectos, antes mencionados, funciona como principio básico identificar patrones de comportamiento entre los datos, conocer su trazabilidad o identificar el momento en que se adquiere ese patrón. Sin una interfaz gráfica adecuada, los patrones o relaciones importantes que aportan un conocimiento nuevo pueden escapar de la percepción humana. Este es, en esencia, el propósito más general de la VI.

En función de este propósito general, las investigaciones asociadas a la VI pueden ser aplicadas a cualquier campo del conocimiento. Las especialidades métricas (bibliometría, ciencia-metría, informetría, cibermetría, patentometría, etcétera) no han escapado a estos desarrollos, varios autores la abordan como una herramienta en sus análisis (Lin, White, Buzdrowski, 2003; White, 2007; Reid, Chen, 2007; Leydesdorff, 2008). La VI, utilizada en las métricas, podría considerarse de manera general como la representación de los resultados proveniente de la aplicación de los indicadores métricos, es decir, sería una fase de todo un proceso de análisis, incluyendo a los indicadores científico-tecnológicos.

Se piensa que su inclusión y abordaje puede potenciar las metodologías orientadas a este tipo de estudio, aportándole novedad y una mayor posibilidad de extraer inferencias inteligentes de los datos para evaluaciones de la ciencia y la tecnología de un país.

Si bien es cierto que, desde un punto de vista amplio, la VI métrica (VI-M) incluiría desde las técnicas de gráficos de barras, los dendogramas, así como todos aquellos tipos de herramientas gráficas utilizadas de forma reiterada y en el desarrollo instrumental de los estudios métricos; el término VI está por lo general más asociado con aquellas tecnologías que analizan y visualizan varios *gygas* de datos o se relacionan con el análisis de problemas complejos. En estos casos, el uso de las técnicas tradicionales no suelen ser efectivas; por ello, en la Bibliometría y conceptos afines se utilizan actualmente técnicas de visualización complejas (mapas, redes, árboles de clasificación). Sobre todo, cuando se realizan análisis de múltiples variables, como es el caso de los estudios de co-citación, coautoría o en estudios de co-ocurrencia de palabras que apoyan la extracción de indicadores de ciencia y tecnología.

La extracción de indicadores métricos se dificulta por la complejidad de la información a procesar y su magnitud. Al construirse a partir de los documentos digitales o en papel. De manera específica, los artículos científicos condicionados por el ciclo de publicación y comunicación de la ciencia, permiten establecer regularidades para el estudio de ciencia y tecnología.

El objetivo de este trabajo es explicar y ejemplificar los métodos y procedimientos usados en el análisis y visualización de indicadores científico-tecnológicos en el ámbito internacional y específicamente en Cuba.

En este documento se exponen algunos aspectos teórico-conceptuales acerca de la visualización métrica y las peculiaridades de éstas en el entorno profesional cubano. Se identifican y



exponen aplicaciones prácticas usando diferentes herramientas de *software* y las visualizaciones que se obtienen.

Métodos y procedimientos

Para abordar el estado del arte sobre las herramientas de análisis y visualización de indicadores de ciencia y tecnología, se utilizó la técnica de análisis documental clásico. Por lo que se consultaron diferentes fuentes de información sobre temas diversos (metrías, visualización, metáforas visuales, etcétera). Esto conduce al análisis de conceptos y postulados aparecidos en libros, artículos de revistas, manuales y tesis, entre otros.

La extracción de los datos para establecer el estado del arte en Cuba sobre el uso de herramientas de análisis de información y visualización métrica, se realizó a partir de los reportes encontrados en publicaciones científicas, trabajos presentados en eventos, talleres y repositorios, entre otras fuentes de información. Con ellos se elaboró una base de datos para extraer las gráficas y demás inferencias.

Se utiliza *software* que muestran las posibilidades del análisis de la producción científico-tecnológica y la visualización de sus resultados en diferentes entornos. Los datos de los ejemplos prácticos son tomados de diversas fuentes de información (PubMed, Web of Science, Web, etcétera). En las aplicaciones prácticas, se refieren las experiencias concretas del Proyecto Bilateral Cuba-México (Instituto Finlay-UNAM).

Una de las técnicas empleadas para el análisis y visualización de datos son las Redes Neuronales Artificiales (RNA), útiles para establecer relaciones entre múltiples variables (Varsta, Heikkonen, Lampinen, Del Río, 2001; Kohonen, 2007). Uno de los métodos preferidos (no el único), para lograr lo anterior, es a partir de mapas topográficos basados en el modelo desarrollado por Kohonen (2007) de los mapas auto-organizados o algoritmo SOM (por las siglas en inglés de Self-Organizing Maps). Este algoritmo forma parte de una de las fases de la metodología ViBlioSOM (Guzmán, 2000; Sotolongo, Guzmán, 2001; Guzmán, Sotolongo, 2001; Guzmán, Sotolongo, 2002), diseñada con el objetivo de lograr interfaces visuales más comprensibles para el análisis métrico y mejorar la calidad de servicios de valor añadido como los que forman parte de los sistemas de vigilancia científico-tecnológica, sistemas de información comercial y sistemas de gestión de información.

Se compararon, además, 700 proyectos de VI (ver <http://www.visualcomplexity.com/vc/>) que pueden ser usados en la VI-M.

Desarrollo

El surgimiento y desarrollo del análisis métrico de la información –incluyendo la visualización de sus resultados en forma de mapas– han estado marcados por las teorías Matemática, surgidas a inicios del siglo XIX. Así como por otras contribuciones importantes del XX, que se derivaron de la matematización del conocimiento, como el movimiento cibernético (Card, Moran, Newell, 1988).



Después de la Segunda Guerra Mundial, las matemáticas y todas aquellas ciencias implicadas con el almacenamiento, procesamiento y análisis de información se potencian (Linares, 2003). El creciente volumen de información generada a partir de ese momento, obliga a la búsqueda de mejores métodos de almacenamiento y al apoyo en la tecnología informática para facilitar el proceso de análisis.

La función principal de las herramientas de VI es servir al usuario a percibir patrones que podrían ser utilizados para la construcción de un nuevo conocimiento. Esto significa que el usuario debe percibir un conjunto de elementos a partir de los datos y del modelo de procesamiento de los mismos, pero para apoyar la detección de patrones, tanto el diseñador de *software* como el usuario (analista) deben conocer de antemano qué tipo de patrones pueden ser percibidos (o detectados) con el uso de la herramienta. Es decir, qué indicadores métricos y posibles variaciones pueden obtenerse.

Dürsteler (2002), entiende que “la visualización (de forma general) es la formación de una imagen mental a partir de un concepto abstracto” y agrega más adelante; “sin embargo, la visualización de la Información es más que la simple captación de una representación gráfica; es un proceso de interiorización del conocimiento mediante la percepción de información”. Otros autores (Glenberg, Langston, 1992; Yang, 2008), también enfocan la VI sobre los aspectos cognitivos y preceptuales de los seres humanos. Según Petre, Blackwell y Green (1998, p. 458) “vale la pena preguntarse hasta qué grado las recientes teorías cognitivas de la percepción han sido asimiladas en la sabiduría convencional del movimiento hombre-máquina y desde allí hacia los profesionales vinculados al desarrollo de software de visualización”.

La Visualización de Información Métrica (VI-M) es la parte final de todo un proceso de análisis, mientras la misión más general, tanto de las métricas como de su etapa de visualización es organizar datos con determinados algoritmos que permitan percibir un nuevo conocimiento para solucionar un problema. En el proceso de análisis de información para obtener indicadores hay dos tipos más usados de organización de la información: la clasificación y el agrupamiento (clúster). La clasificación ordena entidades por taxonomía en categorías predefinidas, mientras los agrupamientos lo hacen mediante la agrupación de entidades similares o relacionadas. Estas clasificaciones, que se establecen a partir de la aplicación de un indicador (algoritmo) métrico, trata de establecer una interfaz de representación de los datos manipulando imágenes como si fuesen objetos (por ejemplo autores, citas, números de patentes).

Lo anterior se produce al necesitar de conceptos cuantitativos en ciencias sociales, específicamente en la Ciencia de la Información. Es decir, llevar los conceptos cualitativos a cuantitativos para buscar unidades de medición para diferentes problemáticas. Es por ello, que se trata de identificar el desarrollo científico y tecnológico de un país a partir de indicadores métricos como conteo de artículos, conteo de patentes o la cantidad de revistas que se editan, entre otras magnitudes.

La Visualización de Información Métrica y los indicadores científico-tecnológicos

El uso general de este tipo de visualización está vinculado al análisis de la información contenida en documentos o acerca de ellos, con el objetivo de organizarla, procesarla, integrarla



y visualizarla para tomar una decisión, la cual puede ser vinculada a un producto de análisis (estudios de tendencias, por ejemplo) como con ¿qué documento necesito sobre un tema específico? Puede que por ello la VI-M también esté vinculada a otros fines, como la recuperación de información aun partiendo del mapeo bibliométrico y la “sumarización”, que puede ser entendida como la tecnología que permite obtener de forma automática partes de información clave a partir de una o más fuentes de información (Hao, Dayal, Keim, Morent, 2007). Una gráfica que resume esos usos por técnicas de visualización, aparece a continuación (figura 1)

Figura 1. Técnicas y usos de la VI Métrica. Fuente: Elaboración propia a partir de varias fuentes.

| Técnicas | | Usos |
|-------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| Extracción | | Sumarización |
| 1 | Extracción de palabras (EP) | Recuperación |
| 2 | Conteo de Palabras (CP) | Navegación |
| 3 | Resumen de la abstracción (RA) | Asociación de términos |
| 4 | Resumen de la extracción (RE) | Asociación de documentos |
| 5 | Razonamiento (RA) | Taxonomías |
| Análisis | | Multi-Clustering |
| 6 | Árboles de decisión (AD) | Ontologías |
| 7 | Redes Neuronales (RN) | Clustering |
| 8 | Agrupamiento (K-means) (AKM) | Mapas tópicos |
| 9 | Co-ocurrencia de palabras (CP) | Clasificación |
| 10 | Agrupamientos jerárquicos (AJ) | Predicciones |
| 11 | Estadística básica (EB) | Estimaciones |
| Extracción | | Descripciones |
| 12 | Análisis de componente principal (ACP) | |
| 13 | Escalado multidimensional (EM) | |
| 14 | Self-organizing map (SOM) | |
| 15 | Análisis de redes (AR) | |
| 16 | Hiperlink | |
| 17 | Mapeo Dimensional-2D-3D (23MD) | |

Quizá la recuperación de información es el uso que más se extrapola con el análisis métrico. Algunos autores (Eick, 2001; Börner, 2005) señalan que esto se debe a que un entorno visual de recuperación de información *on line* (puede contener varios tipos de objetos, por ejemplo, documentos, consultas, referencias, enlaces, resultados recuperados, las rutas de navegación, y así sucesivamente. Sin embargo, dentro del concepto de Webmetría y Cibermetría se estudian también a estos objetos.

Por lo general, la VI-M es usada ante análisis multidimensionales, es por ello que los usos más frecuentes son cuando se utilizan variables de diferentes categorías o de la misma categoría pero cruzadas, tal es el caso de los estudios asociados con la aplicación de indicadores de co-citación, coautoría o co-ocurrencia de palabras. En un análisis de los 2 mil 31 documentos sobre las métricas, se seleccionaron aquellos que más usaban la VI y se resumieron las diferentes aplicaciones que se realizaron de 1995 a 2008.



| Indicadores métricos | Aplicaciones |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Co-citación | Productividad científica |
| Factor de impacto | Evaluación de la ciencia |
| Coautoría | Estado de la ciencia |
| Colaboración (que puede ser por medio de los autores y por la afiliación) | Productividad institucional (académica y científica) |

Existen algunas aplicaciones específicas donde se abordan temas poco convencionales en la visualización métrica, por ejemplo, el estudio “mapeo socio-bibliométrico de redes intra-departamentales (Mahlck, Persson, 2000). Está también el pragmatismo y la auto-organización orientados a la colaboración científica pero individual (Melin, 2002). También, está asociada a los conceptos de inteligencia empresarial, vigilancia tecnológica, inteligencia tecnológica, etcétera. Esto se debe, entre otros factores, a que la esencia de cada uno de esos conceptos implica seleccionar, almacenar y analizar la información del entorno de una organización. A partir de este proceso, se hacen inferencias que sirven de apoyo a la toma de decisiones y a la configuración de una estrategia.

Los mapas también pueden ser llamados con otros nombres, aunque en esencia se representen indicadores métricos. Algunas denominaciones pueden ser “mapas de citas” cuando se elaboran a partir del estudio de citas o la co-citación (Lin, 2003). En ese mismo sentido pueden ser llamados “mapas de revistas” aunque la base sean las citas o en Cibermetría pueden aparecer como “mapas Web” (Cheswick, 2007). Otra de las denominaciones es “mapas de co-ocurrencia de palabras” y se utiliza cuando se realizan estudios de apariciones conjuntas de las palabras en un texto (título, resumen, o a texto completo).

Relacionados con los mapas de co-ocurrencia están los llamados “mapas del conocimiento”. Estos mapas bibliométricos analizan el conocimiento reflejado en las publicaciones científicas. Es decir, el conocimiento almacenado en las bases de datos o en Internet. Otra acepción son los “mapas de dominios del conocimiento”, usado por Chaomei Chen (2002) y otros profesionales (Börner, Chen, Boyack, 2003), (de Moya, *et al.*, 2004) (Rasmussen, Atkins, Borner, McCain, 2005), (Eppler, Burkhard, 2004). Éstos también se basan en el análisis de co-ocurrencia de palabras para modelar y representar estructuras intelectuales. En esta misma línea están los llamados “mapas conceptuales” (Van der Eijk, *et al.*, 2004; Buter, Noyons, Van Mackelenbergh, Laine, 2006). El principio de estos mapas está asociado a la filosofía de los espacios semánticos, es decir un concepto, si uno se encuentra situado cerca de otro estará fuertemente asociado (Kopcsa, Schiebel, 1998; Ferrer, Aguilar, Riquelme, 2005).

Varias son las aplicaciones que utilizan este enfoque del mapeo y muestran interesantes estudios prácticos. Sin ser absolutos, los mapas permiten identificar:

- Dinamismo de un campo o instituciones o países.
- Características de la actividad científica o tecnológica.
- Peso relativo de un país o un conjunto de ellos en la producción científica mundial.
- Organizaciones líderes en un campo.
- Dependencia tecnológica de un país o institución.
- Características de la colaboración y redes de colaboración.



- Alianzas estratégicas entre empresas.
- Esfuerzo de las empresas hacia determinada área tecnológica.
- Búsqueda de productos futuros o desarrollos que puedan afectar la industria.
- Tecnologías o teorías fundacionales, paradigmas científicos.
- Transferencias y préstamos de técnicas experimentales.
- Características de difusión de la ciencia y de la innovación.

Al respecto están los trabajos realizados por Chen (2004, 2005) donde se visualizan las revoluciones científicas o los frentes de investigación (emergentes y transitorias) a partir de la agrupación de conceptos y temas de investigación usando las citas y la co-citation.

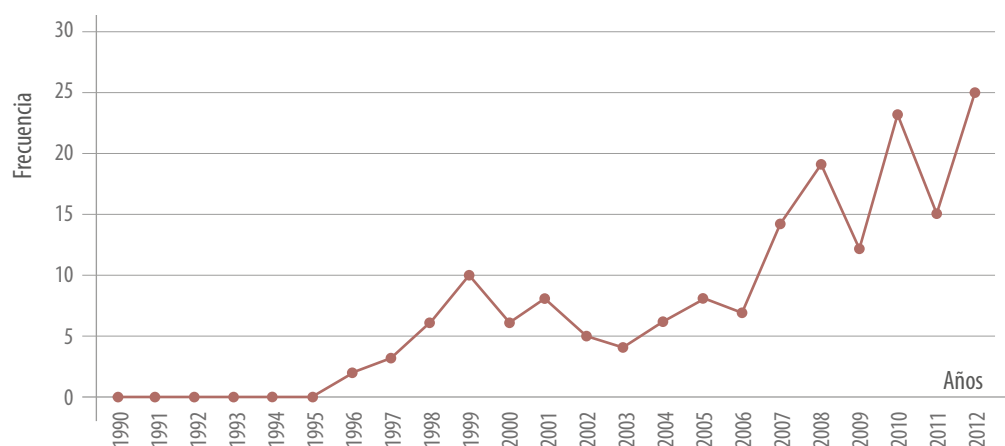
Por su parte, Leydesdorff (Leydesdorff, Zhou, 2007, 2008; Leydesdorff, Rafols, 2009) ha trabajado en varias aplicaciones donde utiliza la visualización de indicadores métricos; para ello usa la filosofía de las redes sociales (Software Pajek). Este autor publicó un trabajo con Hellsten (2005) donde utiliza el “co-análisis de palabras extraídas de títulos” para estudiar la estructura de los temas sobre “células madre”. Mientras que Swanson, Smalheiser y Bookstein (2001) identifican una lista de virus que pueden tener el potencial de convertirse en armas biológicas, ejercicio realizado sobre los datos recuperados a partir de la BD Medline.

Cualesquiera sean los tipos de mapas obtenidos, en su conjunto, constituyen por sí mismos un producto de alto valor agregado como servicio informativo (Sotolongo y García, 1996).

Teoría y práctica de la visualización métrica en Cuba

Este apartado fue realizado a partir de la recopilación de 167 documentos (entre 1995 y 2013) con los cuales se confeccionó una base de datos (BD), según se especificó en la sección “Diseño Metodológico de la Investigación”. Se tomaron en cuenta, además, las tesis de doctorado y los DEA del Programa Doctoral en Documentación e Información Científica que se ejecuta entre la Universidad de La Habana y la Universidad de Granada otra serie de fuentes.

Figura 2. Producción científica cubana de trabajos que visualización de datos métricos.





En un análisis, en el transcurso del tiempo pudo constatar que las métricas (en general) se han convertido hoy en un tema emergente en el país. De 2006 hasta la fecha hay un aumento en la publicación del tema (ver Figura 2). Un porcentaje importante de las publicaciones recogidas después de 2006 es de autores que son estudiantes del programa de doctorado, antes mencionado. Sin embargo, de la base de datos sólo 9% de todo lo publicado utiliza la visualización en la práctica. Por lo que aún se hace necesario divulgar y explotar aún más esta herramienta.

La VI-M en forma de mapas o redes comienza a utilizarse en la práctica, a partir de 1997. Éstas aumentaron, también, a partir de 2005. Por ejemplo, de 22 DEA discutidos 11 usaban indicadores métricos y 6 de ellos; técnicas visuales (datos de 2007). Para una mejor comprensión del estado del conocimiento y su evolución se analizará este tema por etapas.

Práctica

1995-2000

1. El equipo de trabajo del Instituto Finlay entre 1997-1998, publicó 3 trabajos (Sotolongo, 1996a y 1996b; Sotolongo, Suárez, Guzmán, 1999) y se hacen varias presentaciones (Sotolongo, 1995; Sotolongo, Guzmán, Bernal, 1995; Sotolongo, Guzmán, 1998) donde se obtienen entornos visuales en forma de mapas. Éstos representaban pocas variables en el plano y se ejecutaban con técnica como el análisis de componente principal, implementadas en el SPSS o el Statistic.
2. En 2000, este mismo equipo publicó artículos donde aparecen entornos visuales más complejos basados en RNA (Guzmán, Sotolongo, 2000a y b; Saavedra, Sotolongo, Guzmán, 2000; Sotolongo, Suárez, Guzmán, 2000). Se obtienen los primeros mapas tecnológicos (basados en el análisis de los documentos de patentes) (Guzmán, 2000).

2001-2005

3. En 2001, la Academia de Ciencias otorga el primer premio nacional para un trabajo vinculado a la Ciencia de la Información y la Bibliotecología, al valorar la importancia del mapeo como herramienta para los sistemas de vigilancia científico-tecnológica y la inteligencia tecnológica (Sotolongo, Guzmán, 2001).
4. Aparecen títulos con el término de mapeo (Guzmán, Sotolongo, 2002). Se publican trabajos sobre el VIBlioSOM, mencionándose que es “una herramienta de visualización de información bibliométrica mediante el mapeo auto-organizado” (Sotolongo, 2002).
5. El equipo de trabajo del Ministerio de Educación Superior (MES), incluyendo su sede Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC) (Torricella, 2004), presenta las primeras metáforas visuales en forma de redes, para ello usa el RefViz como herramienta para la representación de mapas conceptuales a partir de referencias bibliográficas de artículos. Se encontraron también trabajos presentados por la Consultoría Biomundi en los que realizaban mapas con el SPSS (Cueto, Marin, 2001).
6. El equipo de Melvyn Morales en el INFO 2004 anuncia la versión 3 del INFOCAM (Morales, *et al.*, 2004), ésta cuenta con varias opciones de graficado, en la presentación se plantea que el *software* ha incluido al algoritmo de Kohonen.
7. Comienzan a registrarse varias publicaciones, donde se aplica la VI-M, en revistas como ACIMED, Ciencias de la Información, la Revista Española de Documentación Científica y Library and Information Science Electronic Journal. Las visualizaciones se obtienen usando el RefViz y el SOM. Se incorpora en co-autoría con el MES el grupo de trabajo de Cañedo (2004) de INFOMED. Aparecen las primeras tesis donde se incluye a la VI-M. (Salgado, 2002; Milanés, Martínez, 2004; Roca, A. 2004).



2006-2013

8. En este periodo aumenta la diversidad de autores y grupos de investigación que usen la VI-M, también aumenta la diversidad de temas abordados. Los nuevos grupos de investigación son listados a continuación.
 - Instituto de Información Científica y Tecnológica (IDICT)
 - ISCM Carlos J Finlay de Camagüey
 - PROGINTEC, Universidad de Pinar del Río
 - Administrador de la red de la Oficina de la Administración Tributaria. Camagüey
 - Unión Cuba Petróleo
 - Laboratorio Central de Líquido Cefalorraquídeo
 - Instituto de Ciencia Animal
 - Unidad de Análisis y Tendencias en Salud. Ministerio de Salud Pública
 - Consultoría BioMundi
 - Universidad de las Ciencias Informáticas
 - Universidad de La Habana.
9. Todos estos autores usan para obtener las visualizaciones los siguientes *software*: Bibexcel, Ucinet 6.0, NetDraw, PROInTec, Pajek y SPSS. El Viscosity SOMine es usado por el grupo Unión Cuba-Petróleo (Bonell, 2009) al que fue hecha la transferencia de la metodología ViBlioSOM. El proGINTEC es una herramienta diseñada por el grupo de gestión de información y conocimiento de la Universidad de Pinar del Río, éste logra entornos visuales en forma de redes (Díaz, 2007). Está diseñado para el análisis de los documentos de patentes. También el grupo de análisis de patentes del CNIC (García, Alí, Suárez, Zayas, 2006) ha diseñado un *software* propio llamado SiviPat basado en Access. Se registró el *software* DataSOMinig en el Instituto Mexicano de Propiedad Intelectual basado en un proyecto bilateral Cuba-México.
10. Las aplicaciones se han diversificado (en temas), por ejemplo; ciencias químicas, esteroides, divulgación científica, práctica clínica, información de patentes, innovación, índice H, nanotecnología, petróleo, biotecnología y vacunas, astronomía, estudios de producción científica, evaluación del fondo, etcétera.

Teoría

1. Como se dijo sobre VI-M en específico no se encontraron trabajos. Sin embargo, es importante acotar que existen otros temas relacionados que pueden servir de complemento al eje central de esta tesis (No se acotan cronológicamente, como el punto anterior, porque son escasas y la mayoría han sido abordadas después de 2005). Estarán ordenadas por relevancia.
2. Torres (2007) aborda en su DEA la visualización de información desde los enfoques de la ergonomía cognitiva. Hace una valoración sobre la usabilidad orientada a la efectividad, utilidad y desempeño de las herramientas. Concluye que para la VI deben considerarse tanto los aspectos visuales de la representación de los datos como los elementos de la interfaz gráfica y además tener en cuenta los enfoques de la ergonomía cognitiva desde el diseño de las herramientas de VI en la evaluación, lo cual permitirá mejorar los criterios de selección de las herramientas y contribuir a un mejor diseño de sus interfaces.
3. Se publicó un artículo teórico-práctico (Sotolongo, Guzmán, 2001) sobre las aplicaciones de las redes neuronales a la bibliometría.



4. Salgado (2004) y Díaz (2007) en sus DEA abordan y caracterizan de forma sucinta a las herramientas informáticas para la visualización de información.
5. Mena (2009) propone un modelo capaz de unificar y sincronizar los procesos que facilitan la colaboración, el intercambio, la publicación y la recuperación de información multimedia y geoespacial entre las redes sociales virtuales distribuidas, que integran una infraestructura de datos espaciales.
6. En varios de los DEA (Arencibia, 2007; Díaz, 2007; Meneses, 2007; Ramírez, 2007; Sánchez, 2007; Vega, 2007) y algunos artículos publicados en ACIMED (González, 2006; Fernández, Carbonell de la Fé, 2009), así como el libro publicado por la Editorial Universitaria del MES (Arencibia, de Moya, 2008) se abordan en mayor o menor medida los conceptos de dominios del conocimiento y ontologías. Mientras que Calzadilla (2007) utiliza el enfoque de la minería de datos, tratada con la metodología CRISP-DM.

Varias de las interfaces visuales analizadas aún no logran el propósito fundamental de la visualización: que el usuario pueda apreciar de forma rápida y sencilla los patrones relevantes. Por otra parte, muchos de los modelos aún tienen conglomerados de etiquetas o nombres de variables que son mostradas como una nube de puntos que pueden llevar a la confusión.

Aplicaciones

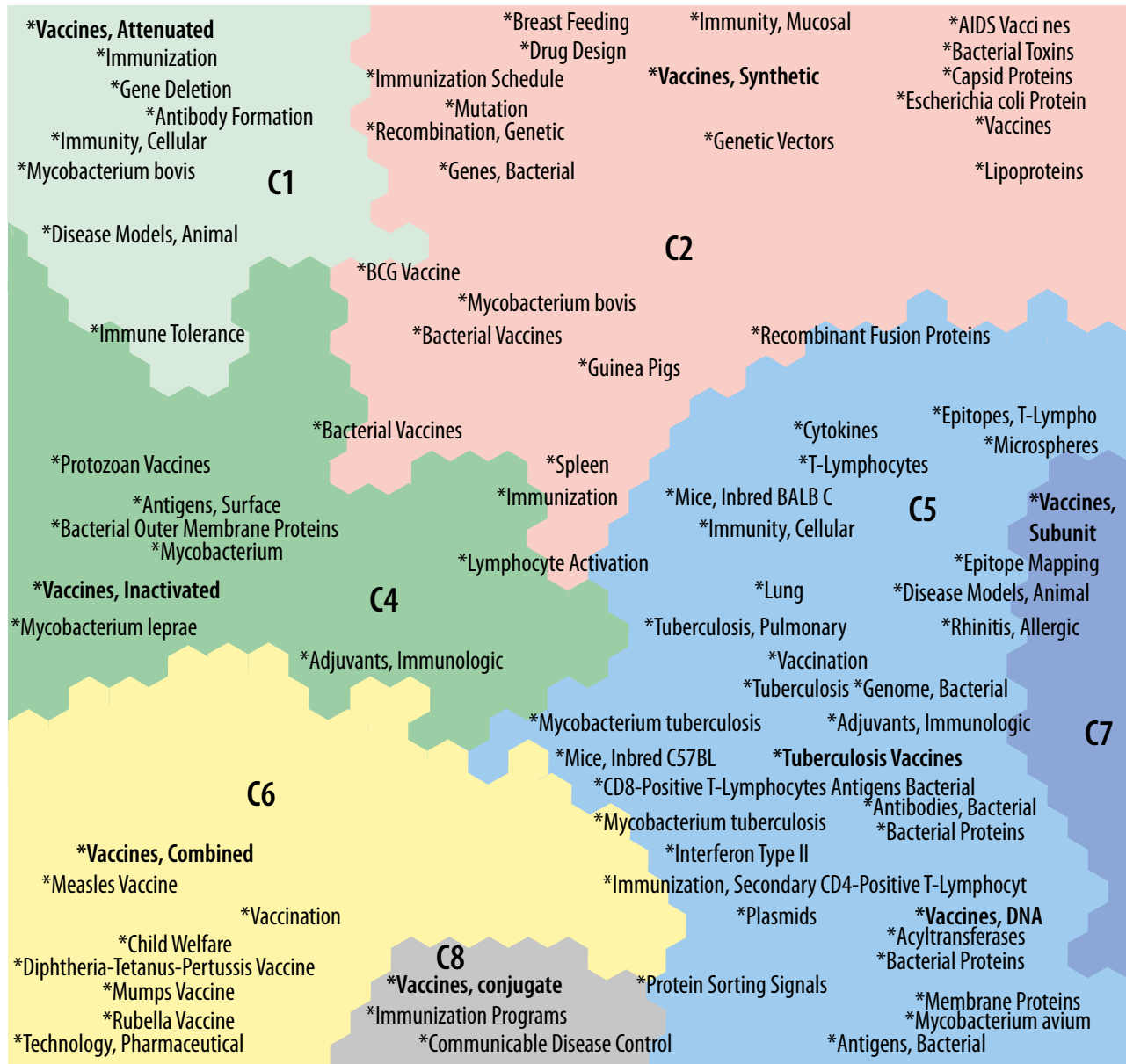
Ejemplo 1: Identificación de líneas de investigación en Vacunas contra la Tuberculosis (a partir del estudio de 50 artículos de la investigación sobre el tema publicado en *Medline*). Profundizando en los sub-temas relacionados con la investigación en TB-V (figura 3), puede apreciarse que los términos relacionados con “vaccines, attenuated” están expuestos en el Clúster 1 (C1). Se ha trabajado en candidatos vacunales que incluyen modificaciones genéticas del *Mycobacterium bovis*, así como estudios relacionados con la inmunología, formación de anticuerpos y estudios de tolerancia en modelos animales. El término “vaccines, synthetic” que aparece en el Clúster 2 (C2), parece ser aquella estrategia de más éxito. Relacionado con dicho tema coexisten un conjunto de otros términos. Es importante acotar que las primeras propuestas sobre la incorporación de las vacunas sintéticas en el marco de una nueva generación de vacunas contra la TB datan de la década de los años ochenta con las propuestas e investigaciones iniciales de otros precursores en el tema.

También puede apreciarse –en la figura 3– como uno de los temas emergentes las vacunas de subunidades, a pesar de su madurez, tienen asociada una cantidad de investigaciones mayor que otros temas que surgieron con anterioridad. Por su proximidad al Clúster 5 (C5) y al tema principal TB-V, parece ser que es la estrategia más usada y de mayor similitud con la nueva generación de vacunas contra la TB, junto a las vacunas de DNA que aparecen en el mismo C5.

Una de sus aplicaciones está encaminada hacia la búsqueda de los mejores candidatos inmunógenos o los genes de virulencia, que lleven a limitar el número de candidatos que deben ser probados (C2, figura 3), en ese sentido existen investigaciones basadas en la identificación de epítopes de células T (*T cell epitopes*) probados en algoritmos que replican el sistema inmune en humanos (C1, C2, C3, C4, figura 3). Las técnicas de la genómica y la proteómica están enfocadas, en mayor medida estudio del genoma del Mtb (C1, figura 3).



Figura 3. Mapa de los términos MeSH relacionados con las nuevas tecnologías en el desarrollo de vacunas (2000-2007).



Fuente: Elaboración propia.

Ejemplo 2. Estudio de una organización. Desde la década de los años noventa hasta la actualidad, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha manifestado interés en el estudio de la incidencia de la enfermedad en la mujer. Se evidencia y confirma, además, como el SIDA y la Tuberculosis tienen una alta correlación (una persona con SIDA tienen una alta probabilidad de desarrollar la TB y una persona con TB (sin tratamiento), puede contagiar entre 10 y 15 personas por año que no tengan SIDA) (Hernández, J., et al.; 2007).



Podría plantearse que la diversidad de interés temáticos sobre la TB, abordados en las publicaciones, aumentó con el descubrimiento del SIDA y los inicios de la esta epidemia. La fecha de su descubrimiento se sitúa en 1981; sin embargo, parece ser que no es hasta los años noventa en que la OMS ubica en un mismo contexto a ambas enfermedades.

Comentarios finales

Las tendencias y enfoques teóricos que aparecen en la literatura, sobre el tema, permiten concluir que las métricas, unidas a otras técnicas emergentes pueden y deben potencializarse, desde la perspectiva que pueden ofrecer otras disciplinas como la Informática, la Psicología, las Neurociencias, etcétera. Mientras que técnicas como el “descubrimiento de conocimiento en BD”, la visualización de información y otras asociadas al HCI son factores del medio que pueden cambiar las fronteras y el contexto de los profesionales que se han dedicado a trabajar los análisis métricos.

El uso de las métricas (en general) se ha convertido en un tema emergente en Cuba. Desde 2006 hasta la fecha hay un aumento en la publicación del tema. Mientras que la VI-M también ha aumentado como herramienta de trabajo en diversos estudios y campos de aplicación. Un porcentaje importante de las publicaciones recogidas después de 2006 proviene de autores que son alumnos del Programa Doctoral en Documentación e Información Científica que se ejecuta entre la Universidad de La Habana y la Universidad de Granada. Específicamente. La VI-M en forma de mapas o redes comienza a utilizarse en la práctica, a partir de 1996. En la década actual, surgen intentos nacionales en el desarrollo de *software* como INFOCAM (mejora en su versión 0.3 al incluir la visualización en forma de mapas) proGINTEC, SiviPat y el DataSOMinig. Las aplicaciones de la VI-M han ofrecido datos que permiten comprender, de forma global, el nivel de conocimiento alcanzado y la dinámica de las líneas de investigación. Con este enfoque y observando los mapas ofrecidos pueden hacerse inferencias, útiles para trazar estrategias en proyectos de investigación.

Bibliografía

1. Arencibia, R. (2007). El dominio de la Educación Superior cubana, a través del comportamiento de los indicadores de producción científica de las Universidades y Unidades de Ciencia y Técnica adscritas al Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Diploma de Estudios Avanzados sin publicar. Universidad de Granada, Universidad de La Habana. Cuba.
2. Bonell, S. (2009). Petróleo y biotecnología: análisis del estado del arte y tendencias. ACIMED, 19(1). Recuperado el 22 abril de 2009 en <http://bvs.sld.cu/revistas/aci/>
3. Börner, K. (2005). Extracting and visualizing semantic structures in retrieval results for browsing. Texas: ACM Digital Libraries '00.
4. Börner, K.; Chen, C.; Boyack, K. (2003). Visualizing Knowledge Domains. In Blaise Cronin (Ed.). Annual Review of Information Science & Technology, 37, 179-255.
5. Buter, R.K., Ed Noyons, C.M. (2002). Using Bibliometric Maps to Visualise Term Distribution in Scientific Papers. In: Sixth International Conference on Information Visualization (IV'02), (pp. 697).



6. Buter, R.K.; Noyons, E.C.M.; Van Mackelenbergh, M.; Laine, T. (2006). Combining concept maps and bibliometric maps: First explorations. *Scientometrics*, 66 (2), 377-387.
7. Calzadilla, O.; Jiménez, G.; González, E.; et al. (2007). La minería de datos al Sistema Cubano de Farmacovigilancia. *Rev Cubana Farm*, 41(3).
8. Card, S.; Moran, T.; Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. New Jersey: Erlbaum.
9. Chen C. (2002). Information Visualization. *Information Visualization*, 1(1), 1-13.
10. Chen, C.; Paul, R.J. (2001). Visualizing a knowledge domain's intellectual structure. *Computer*, 34(3), 65-71.
11. Chen, H.J., Huang, S.Y., Kuo, C.L. (2009). Using the artificial neural network to predict fraud litigation: Some empirical evidence from emerging markets. *Expert Systems with Applications*, 36 (2), 1478-1484.
12. Cheswick, B. (2007). Mapping the Internet and Intranets. In: International Workshop and Conference on Network Science. NetSci07, New York. Consultado el 10 de febrero del 2009 en <http://www.nd.edu/~netsci/>.
13. Cueto, K.; Marín, L. (2001). Análisis de Información para la inteligencia empresarial. Consultado el 20 de enero del 2009 en www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info/Intempres/
14. De Moya, F.; Vargas, B.; Chinchilla, Z.; Herrero, V.; Corera, E.; Muñoz, F.J. (2004). A new technique for building maps of large scientific domains based on the cocitation of classes and categories. *Scientometrics*, 61(1), 129-145.
15. Díaz, M. (2007). Producción tecnológica de América Latina con mayor visibilidad internacional. Diploma de Estudios Avanzados sin publicar. Universidad de Granada, Universidad de La Habana. Cuba.
16. Dürsteler, J.C. (2002). ¿De qué va la Visualización de Información? InfoVis.net. Consultado el 21 de agosto del 2005 en <http://www.infovis.net>
17. Eick, S.G. (2001). Visualizing on-line activity. *Communication of the ACM*. 2001; 44(8), 45-50.
18. Eppler, M.J.; Burkhard, R. A. (2004). Knowledge Visualization. Recuperado el 9 de marzo del 2007 en <http://www.netacademy.org>
19. Eppler, M.J. (2006). Toward a Pragmatic Taxonomy of Knowledge Maps: Classification Principles, Sample Typologies, and Application Examples. *Proceedings of the 10th International Conference on Information Visualization*, 195-204.
20. Fernández, A.; Carbonell de la Fe, S. (2009). Producción científica sobre ontologías en el Web of Science, 1998 - 2007. *ACIMED*, 19(2).
21. García, B.; Alí, A.; Suarez, D.; Zayas, D. (2008). Análisis de redes de citaciones de patentes. Impacto en los estudios de vigilancia tecnológica. En: Congreso Internacional INFO 2008. (CD-ROM).
22. Glenberg, A. M.; Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151.
23. Guzmán, M.V.; Sotolongo, G. (2002). Mapas Tecnológicos para la Estrategia Empresarial. El caso de la Neisseria meningitidis. *ACIMED*. 2002, 10(4). Recuperado el 9 de marzo de 2003 en <http://bvs.sld.cu/revistas/aci/>
24. Hao, M.C.; Dayal, U.; Keim, D.A.; Morent, D. (2007). Intelligent Visual Analytics Queries. Ponencia presentada en el IEEE Symposium on Visual Analytics Science and Technology, San Francisco, USA, pp. 91-98.
25. Hernández, J.; Guzmán, M.V.; Cuello, O.; Sarmiento, M.E.; Acosta, A.; Calero, R.; Ramírez, J.C.; Carrillo, H. Vaccines against tuberculosis. Is the best way for the fight against this disease? International Workshop on Tuberculosis Vaccines, Varadero, Cuba, 2007.



26. Kopcsa, A.; Schiebel, E. (1998). Science and Technology Mapping: A new iteration model for representing multidimensional relationships. *Journal American Information Science (JASIS)*, 49(1), 9.
27. Leydesdorff, L. (2007). Visualization of the Citation Impact Environments of Scientific Journals: An online mapping exercise. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(1), 25-38.
28. Leydesdorff, L.; Rafols, I. (2009). A Global Map of Science Based on the ISI Subject Categories. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(2), 348-362.
29. Leydesdorff, L.; Schank, T. (2008). Dynamic Animations of Journal Maps: Indicators of Structural Change and Interdisciplinary Developments, *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(11), 1810-1818.
30. Leydesdorff, L.; Zhou, P. (2007). Nanotechnology as a Field of Science: Its Delineation in Terms of Journals and Patents. *Scientometrics*, 70(3), 693-713.
31. Leydesdorff, L.; Zhou, P. (2008). Co-Word Analysis using the Chinese Character Set. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(9), 1528-1530.
32. Lin, X. (2007). Home page. (Acceso 12/2/2008, <http://faculty.cis.drexel.edu/~xlin/>).
33. Lin, X.; White, H.D.; Buzydowski, J. (2003). Real-time author co-citation mapping for online searching. *International Journal of Information Processing & Management*, 39(5), 689-706.
34. Linares, R. (2003). La Ciencia de la Información y sus matrices teóricas: contribución a su historia. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de La Habana: Facultad de Comunicación.
35. Mahlck, P.; Persson, O. (2000). Socio-Bibliometric Mapping of Intra-Departmental Networks. *Scientometrics*, 49(1), 81-91.
36. Melin, G. (2000). Pragmatism and Self-Organization - Research Collaboration on the Individual Level. *Research Policy*, 29(1), 31-40.
37. Milanés, Y., Martínez, T.M. (2004). Indicadores bibliométricos como herramienta para determinar estrategias tecnológicas: el caso del Polo Científico del Oeste de La Habana. Tesis de maestría sin publicación. Facultad de Comunicaciones, Universidad de La Habana, Cuba.
38. Milanés, Y.; Martínez, T.; Guzmán, M.V.; Carrillo, H. (2006). Identificación de las estrategias tecnológicas de los Polos Científicos: estudio comparativo por áreas geográficas. En: *Memorias del Congreso Internacional de Información, INFO'2006*. La Habana, Cuba,
39. Morales, M.; et al. (3004). Infocam v. 3: software orientado a la gestión de información en pos del conocimiento. Ponencia presentada en el Congreso Internacional de Información; abril 12-16; La Habana, Cuba. La Habana: IDICT. [CD-ROM].
40. Rasmussen, E.; Atkins, HB.; Borner, K.; McCain, KW. (2005). Visualizing knowledge domains. In: *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*. 39(1):476-477.
41. Reid, E.F., Chen, H. (2007). Mapping the contemporary terrorism research domain. *International Journal of Human - Computer Studies*, 65 (1), 42-56.
42. Roca, A. (2004). Gestión científico-técnica de patentes en el campo de las nanotecnologías. Tesis de maestría sin publicación. Oficina Cubana de la Propiedad Industrial, La Habana, Cuba
43. Salgado, D. (2002). Sistema de Vigilancia en el Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia. Tesis de maestría sin publicación. Facultad de Comunicaciones, Universidad de La Habana, Cuba.
44. Salgado, D.; Guzmán, M.V.; Carrillo, H. (2003). Establecimiento de un sistema de vigilancia científica-tecnológica. *ACIMED*. 2003, 11(6).



45. Sánchez, N. (2007). Conocimientos y actitudes de los investigadores cubanos de institutos de salud sobre el Movimiento de Acceso Abierto a la Información. Diploma de Estudios Avanzados sin publicar. Universidad de Granada, Universidad de La Habana. Cuba.
46. Sotolongo Aguilar, G. Frentes de investigación en vacunas. *VacciMonitor*. 1996; 5(12): 2-8.
47. Sotolongo Aguilar, G. Nota sobre el frente de investigación de vacunas: Tuberculosis-prevención-y-control. *VacciMonitor*. 1996; 5(11): 4-6.
48. Sotolongo, G. (1987). Experiencias en el IDICT sobre la diseminación selectiva de información a partir de bases de datos extranjeras. *Actualidades de Información Científica y Técnica*, 18(4): 41-42.
49. Sotolongo, G. (2002). Sistema de Información Bibliométrica. (Tesis sin publicar presentada en el acto de pre-defensa en opción al grado de Doctor en Ciencias de la Información). La Habana: Universidad de La Habana, Cuba
50. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V. (1998). Vigilancia y evaluación de la actividad científico-tecnológica. *Reencuentros*, 21(abril), 40.
51. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V.; García, I.; Sanz, I. (1998). Retos de la bibliometría: la vigilancia y evaluación de la actividad científico y tecnológica. *Reencuentros*, 21(abril), 39-44.
52. Sotolongo, G.; Suárez, C.A.; Guzmán, M.V. (2000). Modular Bibliometrics Information System with Proprietary Software (MOBIS-ProSoft): a versatile approach to bibliometric research tools. *Library and Information Science Electronic Journal (LIBRES)*. 2000; 10(2): 1-13.
53. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V. (2001). Aplicaciones de las redes neuronales. El caso de la bibliometría. *Ciencias de la Información*, 32(1), 27-34.
54. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V. (2002). La vigilancia tecnológica y la gestión de activos intelectuales. *Intempres '2002. Opciones*, 2(Suplemento Especial), 2.
55. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V.; Carrillo, H. (2002). ViBlioSOM: Visualización de información bibliométrica mediante el mapeo autoorganizado. *Revista Española de Documentación Científica*, 25(4), 477-484.
56. Sotolongo, G.; Guzmán, M.V. Saavedra, O.; Carrillo, H.A. (2001). Mining Informetrics Data with Self-organizing Maps. In: Davis, M.; Wilson, CS. (Eds.). *Proceedings of the 8 th International Society for for Scientometrics and Informetrics*. (pp. 665-673). Sydney, Australia: BIRG
57. Sotolongo, G.; Suárez, CA.; Guzmán, M.V. (1999). Modular Bibliometrics Information System with Proprietary Software. In: Macías-Chapula, C. (Ed.). In: *Proceedings of the Seventh International Society for Scientometrics and Informetrics*. (pp. 313-322.) Universidad de Colima, México.
58. Swanson, D.R.; Smalheiser, N.R.; Bookstein, A. (2001). Information Discovery from Complementary Literatures: Categorizing Viruses as Potential Weapons. *Journal of the American Society for Information Science and technology*, 52(10), 797-892.
59. Torres Ponjuán, D. La Visualización de información desde los enfoques de la ergonomía cognitiva. Diploma de Estudios Avanzados sin publicar. Universidad de Granada, Universidad de La Habana. Cuba.
60. Torricella, R.G.; Lee, F.; Araújo, J.A. (2004). Aplicación de la mapificación conceptual en la creación de bases de datos temáticas especializadas: estudio de caso. Ponencia presentada en el Congreso Internacional de Información; La Habana, Cuba. La Habana: IDICT. [CD-ROM].
61. Van der Eijk, CC.; Van Mulligen, E.M.; Kors, J.A.; et al. (2004). Constructing an associative concept space for literature-based discovery. *Journal of the American Society for Information Science*, 55 (5), 436-444.
62. Varsta, M.; Heikkonen, J.; Lampinen, J.; Del Rio, M. (2001). Temporal Kohonen Map and the Recurrent Self-Organizing Map: Analytical and Experimental Comparison. *Neural Processing Letters*, 13, 237-251.



63. Vega, R.L. (2007). Ciencia de la Información y Paradigma social una aproximación a su estudio. Diploma de Estudios Avanzados sin publicar. Universidad de Granada, Universidad de La Habana. Cuba.
64. White, H.D. (2007). Combining bibliometrics, information retrieval, and relevance theory, Part 2: Some implications for information science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58(4), 583-605.
65. Yang, B., Yang, J., Tang, Z., Fang, W. (2008). Coordinators based on cognitive psychology features and the corresponding KDD process model. In: Y. Shandong (Ed.). Control and Decision Conference. Chinese: CCDC- IEEE.





Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010: propuesta para la medición de las capacidades regionales de la ciencia

Gabriel Vélez Cuartas
Carlos Andrés Aristizábal Botero

Resumen

Desde hace algunos años, en el país se habla de la necesidad de construir agendas de ciencia y tecnología para impulsar diferentes sectores sociales y económicos. Los mapas ofrecidos especialmente por organizaciones como Scimago o el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología permiten hacer mediciones acerca del desarrollo de la participación de la ciencia en los círculos de producción global y las discusiones con los investigadores más reputados del planeta. Sin embargo, las respuestas por las trayectorias científicas en las diferentes áreas de conocimiento están por resolverse: ¿A qué problemas estamos respondiendo? ¿Además de la investigación médica, qué otros campos se han desarrollado y en qué temas? A estas y otras preguntas el *Atlas de la Ciencia de Antioquia*¹ realizado por el grupo de Investigación Redes y Actores Sociales de la Universidad de Antioquia propone algunas respuestas.

1. Problema a resolver

Ni en el Departamento de Antioquia² ni en Colombia existen hasta el momento mapas que permitan describir el conocimiento científico y tecnológico disponible. La mayoría de indi-

1. <http://www.udea.edu.co/atlas>

2. Colombia está dividida territorialmente en Departamentos. Antioquia es uno de ellos. Es el segundo departamento del país en producción de ciencia y tecnología y con mayor cantidad de grupo de investigación, inscritos en Colciencias después de Bogotá. Medellín es la capital de Antioquia y tiene la mayor concentración de grupos y centros de investigación en el Departamento.



Indicadores sobre ciencia, tecnología e innovación se han concentrado, como en la mayoría de indicadores internacionales, a medir la inversión en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI), la intensidad y cantidad de producción bibliográfica, o la producción de patentes, pero ninguno de ellos mide el conocimiento disponible. De manera clara no existe un modelo metodológico, ni una medición específica del conocimiento científico y tecnológico disponible en el Departamento.

Así por ejemplo, la Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica EDIT II (del Departamento Nacional de Planeación, Colciencias y Departamento Administrativo Nacional de Estadística en Colombia) presenta básicamente indicadores sobre: inversión en ACTI, personal ocupado en I+D, objetivos y fuentes de ideas para la innovación (mercado y productos, costos, productividad y calidad, procesos de producción, etcétera), fuentes de financiamiento, evaluación de la política pública en ciencia y tecnología, propiedad intelectual, industrial y derechos de autor y certificaciones. Ninguno de estos datos habla de manera explícita del conocimiento disponible, sino específicamente de concentración de la inversión y la producción.

El otro gran esfuerzo nacional en medición de actividades de ciencia, tecnología e innovación son los indicadores en ciencia y tecnología producidos por el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. De manera similar a la encuesta son: inversión en ACTI, formación científica y tecnológica, capacidades en ciencia y tecnología (productos, grupos, caracterización de la actividad investigativa), producción bibliográfica (publindex, producción SCI y SCOPUS), títulos de propiedad industrial.

Ambas actividades de medición operan bajo el supuesto, tal vez sugerido por primera vez en los años sesenta por Derek de Solla Price (1973 [1963], 1965), de comprender que el desarrollo económico está directamente ligado a la productividad científica de un país. Esto sin desconocer el trabajo de Schumpeter sobre las capacidades tecnológicas y la concentración del capital, más de tres décadas antes de los planteamientos de De Solla Price. Estos supuestos han generado toda una corriente de estudios e indicadores mundiales liderados por el Banco Mundial (KEI) o por la OCDE para observar el desarrollo de la economía global. Sin embargo, estos indicadores no permiten observar directamente el estado de la producción científica o los temas potenciales que puedan constituirse en fortaleza de una región. Esto se ha convertido en una necesidad fundamental, si se tiene en cuenta que, por ejemplo, en Colombia la Ley de Ciencia, Tecnología e Innovación 1286 de 2009 propone la construcción descentralizada de agendas regionales para distribuir la asignación presupuestal, tarea para la que se necesita información que permita identificar las fortalezas científicas y tecnológicas existentes con el objetivo de priorizar (no sólo desde el deseo de cada sector económico, sino desde las propias realidades).

La articulación de la oferta y la demanda propuesta por la Ley, requiere de mapas de conocimiento disponible. Así también en Antioquia, el Plan de Desarrollo Departamental, se propone el incremento de inversión en ciencia y tecnología de 0.27% a 0.5% con respecto al PIB Nacional. Para ello se plantea la necesidad de georreferenciar, identificar y conocer los recursos (o conocimientos) con los que cuenta el territorio. Proponen utilizar los indicadores de Observatorio para monitorear estas tareas en el cumplimiento de la meta, pero como vimos anteriormente, no son suficientes para dar cuenta del conocimiento disponible.



El *Atlas de la Ciencia* Antioqueña procura dar cuenta de los siguientes descriptores:

1. Contenido de la producción científica (publicaciones, producción investigativa y patentes, modelos y diseños) territorial entre 1990 y 2010 en el Departamento de Antioquia.
2. Diversidad y diversificación de la investigación científica entre 1990 y 2010.
3. Relevancia de la producción de acuerdo con la importancia de los medios de publicación (para el caso de artículos o textos) según índices.
4. Relevancia de la producción de acuerdo con la importancia de los grupos o centros de investigación (para el caso de investigación) según clasificación de Colciencias.
5. Tipo de producción científica o tecnológica por áreas de conocimiento de acuerdo a formas de autoclasificación de grupos, índices o sectores de pertenencia.

2. Marco teórico-metodológico

Se entiende por conocimiento científico y tecnológico disponible: la creación de conceptos o profundización y especificación en ellos, la propuesta de procedimientos, la generación de modelos o la profundización en un campo de especialización específico en un espacio territorial concreto.

Para construir el mapa de la producción científica y tecnológica del Departamento de Antioquia en esta primera etapa se tuvieron en cuenta las publicaciones realizadas por investigadores adscritos a organizaciones departamentales y presentes en los índices de: Web of Science (SCI, SSCI, A&H) y DATANT CIENCIA, artículos publicados en revistas Publindex A1, A2 y B en el periodo 1990-2010. Se aplicaron tres tipos de procedimientos diferentes: Temas, Colegios y Colaboración.

2.1 Temas

Los temas se identificaron mediante el análisis de co-textos. Éste permite agregar artículos según su cercanía al compartir un determinado número de palabras que pueden ser interpretadas como desarrollos conceptuales en un campo. Esta metodología permite una mayor precisión en la detección de textos; sin embargo, el desarrollo de este modelo se encuentra en una fase experimental con mejores resultados que los modelos anteriores para construir inventarios en grandes conjuntos de artículos. (Vélez Cuartas, G: 2012)

La metodología empleada en este Atlas permite distinguir los temas más relevantes de la Ciencia de Antioquia: por la cantidad de textos escritos acerca de un tema de acuerdo al número de artículos por subgrupo, por la cantidad de citas que reciben los artículos escritos en un subgrupo temático y por el número de instituciones antioqueñas involucradas y sus relaciones de colaboración.

Los textos aislados, que no se repiten temáticamente, han sido agrupados en una de las esquinas de la pantalla y su lista también puede ser consultada para mejorar los criterios de búsqueda de conceptos específicos tratados en la literatura que no pudieron ser capturados por la red.

Se utilizaron los títulos y palabras claves disponibles en ISI Thompson WoS y se construyó la base de datos DATANT CIENCIA la cual incluye todos los títulos y palabras claves de los artículos publicados en revistas Publindex A1, A2 y B.



Se utilizó el *software* FRQLIST.EXE de Loet Leydesdorff disponible en línea (<http://www.leydesdorff.net>) para construir los archivos de correspondencia entre palabras y artículos susceptibles luego de ser transformados en archivos para Pajek XXL también disponible en línea (<http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>).

Cada punto representa un artículo, cada enlace una relación indica que dos artículos comparten 3 o más palabras en su título y palabras claves. Esto indica que existe una alta probabilidad de compartir un tema común. Cada grupo está compuesto por 3 o más artículos relacionados entre sí (tríadas). Sólo pueden entrar al grupo de artículos tríadas. Esto quiere decir que un grupo está conformado por tríadas de artículos relacionadas entre sí. Esto garantiza que los grupos realmente representen temas.

Finalmente se realizaron tres depuraciones de los grupos:

- Se aplicaron los algoritmos VOS Clustering y Louvain Method disponibles en PAJEK XXL para detectar subgrupos dentro de múltiples grupos de tríadas encadenadas con otros grupos de ellas en el mismo espacio del grafo analizado.
- Un índice dividió la frecuencia de la palabra que más veces apareció en el subgrupo de textos sobre el total de artículos. Con un índice entre 1 y 0,7 aumenta la probabilidad de que los artículos pertenezcan a un mismo tema; un índice de 0,6 o menor indica un grupo disperso con una distancia entre artículos amplia por medio de relaciones que llevan a otras de co-presencia de palabras.
- Una exploratoria en la revisión de cada grupo para probar los algoritmos haciendo consultas exploratorias a algunos expertos en cada área.

2.2 Colegios Invisibles

Los Colegios Invisibles describen la trayectoria del conocimiento científico a partir de las referencias de un conjunto de textos. Las referencias implican lectura de textos. Las referencias comunes indican lecturas comunes y, por tanto, el uso de bibliografía en común para construir problemas, teorías, metodologías y soluciones (bibliographic coupling). Crane y De Solla Price trataron de identificar las redes emergentes a partir de por lo menos una referencia compartida. Teniendo en cuenta que un texto no es suficiente para tratar de identificar un patrón de lecturas, se han seleccionado hasta tres textos para mostrar los subgrupos más fuertes de la red en tanto comparten bibliografías en común.

En esta primera fase se muestran 6 mapas de las diferentes áreas a partir de las bases de ISI Thompson. En futuros desarrollos se ampliarán estos mapas con la información recogida por la base de datos DATANT CIENCIA. En estos mapas se aprecian senderos que van de un punto a otro de la red donde pueden identificarse subgrupos de textos interconectados por referencias comunes. En la presentación, pueden observarse los temas involucrados en los colegios y el volumen de citas de los textos de cada colegio.

Es importante aclarar que los colegios no presentan temas, pues es posible que temas distintos estén enlazados por medio de una discusión metodológica o teórica o métodos diferentes mediante una sola problematización. En este sentido, esta herramienta –al considerar únicamente los artículos escritos por autores afiliados a instituciones antioqueñas y sus referencias– presenta el desarrollo de escuelas y temas interconectados, posibles enlaces interdisciplinarios y diálogos entre distintos campos de la ciencia.



Se utiliza análisis de co-citación el cual presenta la estructura de relaciones entre textos a partir de las citas compartidas. Se ha establecido un umbral de 3 textos compartidos a tener en cuenta en el análisis. Luego de seleccionar los grupos resultantes se hace una depuración a través de los algoritmos para la identificación de comunidades VOS Clustering y Louvain Method. Así se extraen los subgrupos que son considerados como Colegios Invisibles en esta investigación.

2.3 Colaboración

Se elaboraron 12 mapas de colaboración entre las instituciones antioqueñas y de ellas con Colombia y distintas regiones continentales: Latinoamérica y el Caribe, Oceanía, Europa, Asia Oriental, Medio Oriente, África, Norteamérica Anglosajona, Asia central. Estos mapas se realizan por las dos bases de datos.

La colaboración permite describir la capacidad que tiene una institución, disciplina o campo para generar trabajo en cooperación. Es importante distinguir en estos mapas los siguientes asuntos:

- Mientras más colabora una institución, más posibilidades tiene de avanzar de manera creativa en la solución de problemas y en el planteamiento de nuevos.
- La colaboración local y nacional implica el fortalecimiento de la ciencia. Pero cuando el crecimiento de las comunidades locales y nacionales es mayor que el de las relaciones internacionales implica endogamia, la ciencia debe tener comunicación e interacción global.
- El desarrollo de colaboración con instituciones norteamericanas y europeas implica participación en el núcleo principal de la producción científica.
- El equilibrio de las colaboraciones entre países norteamericanos y europeos con países regionales y de otras zonas del mundo, además de instituciones locales, implica una actividad científica equilibrada entre el fortalecimiento y creación de escuelas locales y la participación en el debate global de la ciencia.

Cada punto representa una institución, las relaciones representan la colaboración de coautoría proveniente de la afiliación de cada investigador. El tamaño de los puntos indica el número de relaciones de colaboración interinstitucionales para cada una.

3. Resultados

En el periodo de 1990 a 2010 las instituciones de investigación antioqueñas han producido 4,436 documentos (según datos ISI Thompson) que han entrado a los círculos globales de producción de la ciencia y 4,276 en Revistas Publindex A1, A2 y B publicadas en Colombia con circulación hispanoamericana. Si los 4,436 se restan a los 20,787 producidos por Colombia, en ese periodo, puede decirse que Antioquia ha producido el 21.3% del conocimiento académico Colombiano visible internacionalmente. Es importante anotar que es 21.3% de un país que si bien es uno de los que mayor tasa de crecimiento en la producción científica tiene en los últimos años según datos de Scimago, también es cierto que Colombia ocupa un modesto puesto 53 en el mundo; y en la región un quinto lugar (donde el primero es Brasil con 391,589 artículos según el *ranking* por productividad de Scimago para el periodo 1996-2011).



3.1 Los temas de la ciencia en Antioquia

Ahora bien, sobre qué temas sabemos en realidad. Según las 6 áreas de conocimiento, la investigación encontró en el rastreo la siguiente distribución.

Tabla 1. Temas de la ciencia en Antioquia

| Área | ISI Thompson | | Datant Ciencia ³ | |
|------------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | Temas | Media de artículos x tema | Temas | Media de artículos x tema |
| Ciencias Naturales y Exactas | 118 | 26,2 | 48 | 12,2 |
| Ciencias de la Salud | 58 | 52,3 | 96 | 14,9 |
| Ciencias Agrarias | 11 | 6,4 | 26 | 11 |
| Ingeniería y Tecnología | 43 | 13,1 | 54 | 9,8 |
| Ciencias Sociales | 6 | 3,8 | 32 | 12,5 |
| Artes y Humanidades | 1 | N/A | 7 | 5,4 |

Fuente: *Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010*.

Según la tabla 1, el área con mayor número de temas y subtemas es la de Ciencias Naturales y Exactas en publicaciones de alcance internacional. Salud en las nacionales. Sin embargo, más importante que el número de temas es la trayectoria de un tema en volumen de producción. Esto quiere decir que mientras más se escriba acerca de él y sea aceptado por la comunidad científica, más sabemos de él. En este sentido, Ciencias de la Salud podría considerarse con una mayor trayectoria en la construcción de problemas y soluciones. Es importante anotar una excepción en el área de la física cuántica y el estudio de las propiedades del Galio que agrupan una cantidad de artículos superior a la media de cualquiera de las disciplinas, al alcanzar la cantidad de 122 artículos.

Entre los 10 temas con mayor producción, pueden destacarse en cada área los siguientes:

Ciencias de la Salud:

- Enfermedades Tropicales: Mal de Chagas, Malaria, Leishmaniasis.
- Inmunodeficiencia: Hepatitis C, Lupus, HIV.
- Neurológicas: Alzheimer.
- Investigaciones en analgesia, cuidado de los pacientes, educación.

Ciencias Naturales y Exactas

- Física Cuántica y Estudio de Materiales.
- Exploración del comportamiento intracelular.
- Bacterias: Tuberculosis.
- Ecología: Exploración de zonas como la Cordillera Central, Uredinales, Lagos y Bosques tropicales, descubrimiento de nuevas especies.

3. DATANT CIENCIA es una base de datos producida por el Grupo Redes y Actores Sociales para sistematizar todos los datos bibliográficos de la producción de instituciones antioqueñas presentes en las revistas Publindex A1, A2 y B.



Ciencias Agrarias

- Manipulación genética de plantas y animales de ganadería.
- Procedimientos para la alimentación de aves y especies bovinas.
- Estudio de suelos, hongos comestibles y tubérculos.

Ingeniería y Tecnología

- Producción de Biodiesel.
- Corrosión de materiales.
- Explotación del gas natural.
- Fibra óptica.
- Redes neuronales artificiales.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Desarrollo de estructuras y columnas.
- Procesamiento de imágenes digitales.
- Creación y modelación de sistemas de información.

Ciencias Sociales

- Atención y diagnóstico de pacientes con enfermedades mentales.
- Ambientes de enseñanza y aprendizaje en la educación.
- Modelación de políticas públicas.
- Déficit de atención e hiperactividad.
- Atención a familias con pacientes de Alzheimer.
- Conflicto y violencia.
- Derecho constitucional.
- Crecimiento de la economía.
- Política monetaria.
- Calidad de vida.
- Desplazamiento forzado.

Artes y Humanidades

- Historia de Colombia en los siglos XVII y XIX.
- Relación historia y literatura colombiana.
- Historia de la ciencia.
- Estudios hermenéuticos.
- Estudios de estética.

Las instituciones más productivas de Antioquia

De acuerdo con las dos bases de datos examinadas por el Atlas, ISI Thompson y DATANT Ciencia,⁴ las instituciones tienen diferentes estrategias para hacer visibles sus conocimientos. Además puede afirmarse también que algunas de estas instituciones tienen mayor visibilidad en tanto ocupen los primeros puestos en el escalafón de ISI Thompson.

4. La primera de las revistas internacionales más visibles en áreas como la medicina, las ciencias naturales, la ingeniería o las agrícolas; la segunda de revistas colombianas con alcance internacional escalafonadas por Publindex (sistema de escalafonamiento de revistas científicas de Colciencias).



Tabla 2. Escalafón de Instituciones Antioqueñas por productividad ISI Thompson y DATANT Ciencia

| Rank | #Art | ISI Thompson | #Art | Datant C |
|------|------|------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|
| 1 | 2676 | Universidad de Antioquia | 2502 | Universidad de Antioquia |
| 2 | 920 | Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín | 827 | Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín |
| 3 | 275 | CIB | 256 | Universidad CES |
| 4 | 272 | Universidad Pontificia Bolivariana | 223 | Universidad EAFIT |
| 5 | 140 | Universidad EAFIT | 149 | Universidad Pontificia Bolivariana |
| 6 | 124 | Universidad CES | 126 | Universidad de Medellín |
| 7 | 87 | Hospital Pablo Tobón Uribe | 70 | Hospital Pablo Tobón Uribe |
| 8 | 61 | Hospital Universitario San Vicente de Paúl | 53 | Clínica Cardiovascular Santa María |
| 9 | 53 | Universidad San Buenaventura | 51 | SENA |
| 10 | 41 | Instituto Colombiano de Medicina Tropical | 50 | Escuela de Ingeniería de Antioquia |

Fuente: Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010.

Tanto la Universidad de Antioquia como la Nacional de Colombia, sede Medellín lideran ambos escalafones. En la visibilidad Internacional es relevante destacar el trabajo realizado por el Instituto de Investigaciones Biológicas con una labor importante en el estudio de enfermedades tropicales y otro tipo de patologías. Asimismo, la Universidad CES ocupa un puesto preponderante en visibilidad en publicaciones nacionales. En ambos escalafones predomina la aparición de instituciones que tienen especialidades médicas en sus grupos de investigación, lo que concuerda con la tendencia que aparece en la descripción de temas especializados arriba. Sin embargo no es posible decir que la medicina sea el único tema relevante para la ciencia antioqueña como ya fue presentado.

3.2 Colegios

En el estado actual del proyecto sólo pudieron calcularse y describirse los colegios invisibles relativos a la producción ISI Thompson. En las 6 áreas de conocimiento se describe la distribución del número de colegios encontrados (Tabla 3).

Los colegios que superan los 50 textos en discusión son: 21 en Ciencias Exactas y Naturales, 7 en salud y 1 en ingenierías. Estos colegios representan la consolidación temática y el diálogo

Tabla 3. Número de Colegios por Área de Conocimiento ISI Thompson

| Área de conocimiento | Colegios | Textos que participan en Colegios (incluye referencias) |
|------------------------------|----------|---------------------------------------------------------|
| Ciencias de la Salud | 21 | 945 |
| Ciencias Exactas y Naturales | 32 | 3097 |
| Ciencias Agrarias | 9 | 130 |
| Ingeniería y Tecnología | 15 | 114 |
| Ciencias Sociales | 1 | 47 |
| Humanidades y Artes | 0 | 0 |

Fuente: Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010.



interdisciplinar que se constituye en la lectura común de textos, en la práctica de citación y referenciación que representan continuidad.

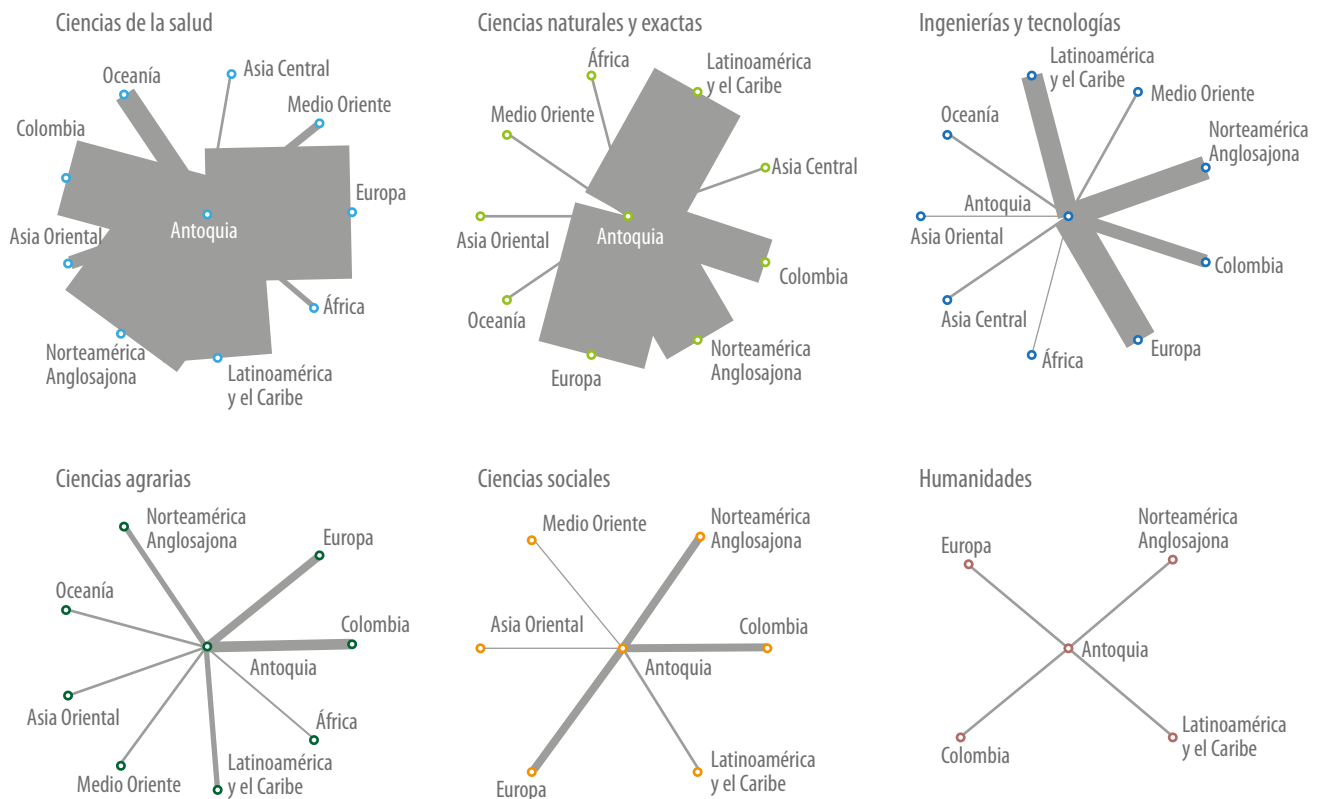
Para el área de sociales y humanidades apenas es normal que no aparezcan colegios en la base de datos ISI Thompson, pues las prácticas más importantes de publicaciones están presentes en otro tipo de publicación y revistas no presentes allí.

La observación de los mapas emergentes permite futuros análisis de posibilidades de vinculación interdisciplinar, y búsqueda de colectivos académicos consolidados en temáticas concretas.

3.3 Colaboración

Los gráficos 1 y 2 hacen visible la colaboración entre Antioquia, Colombia y otras regiones del mundo. El grosor de las líneas indica volumen de colaboraciones en coautorías. En contraste, es notable la presencia de mayor número de relaciones presentes en los artículos publicados en revistas presentes en ISI Thompson que en aquellas de Publindex. Implica un menor posicionamiento internacional de las revistas colombianas y que son poco atractivas para buscar hacer publicaciones conjuntas desde la perspectiva de otros países, considerando inclusive que estas revistas en su mayoría están indizadas en bases de datos internacionales para ser consideradas categorías A o B.

Gráfica 1. Colaboración Presente en ISI Thompson

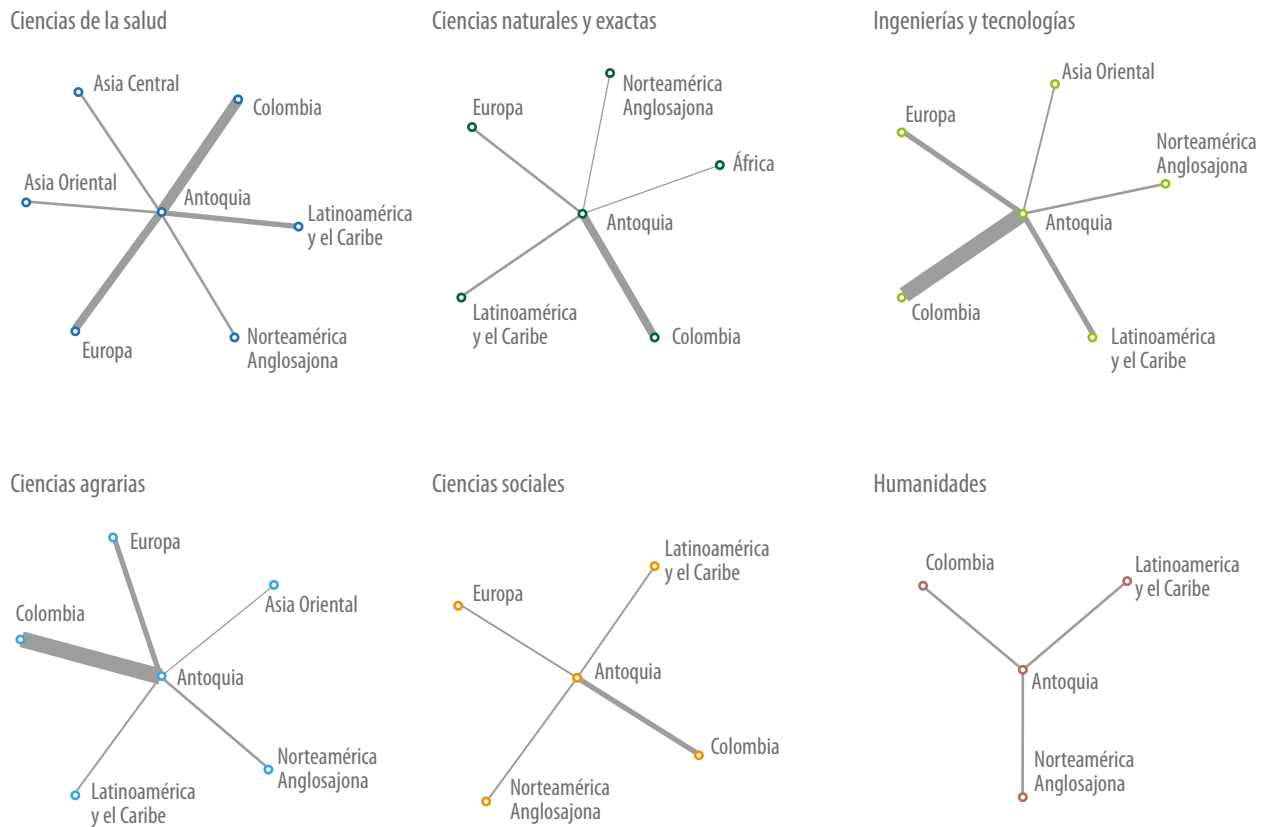


Fuente: *Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010*.



También es notable la baja colaboración en las áreas de ciencias sociales y humanidades. Esto puede explicarse en tanto las dinámicas de colaboración son diferentes para estas disciplinas donde se publican menos cantidad de escritos en co-autoría y los procesos de investigación son diferentes a aquellos donde se emplea la experimentación.

Gráfica 2. Colaboración presente en DATANT Ciencia



Fuente: *Atlas de la Ciencia de Antioquia 1990-2010*.

Finalmente, es notable que el volumen de la colaboración con países latinoamericanos es casi del mismo tamaño que la colaboración con países del norte. Esto implica la importancia del desarrollo institucional de la ciencia en la consolidación de dinámicas regionales, a la vez que se apunta a la visibilidad global en los campos como la medicina, la ingeniería o las ciencias naturales y exactas.

4. Cierre

El *Atlas de la Ciencia de Antioquia* es una herramienta para el análisis de la producción científica en términos del conocimiento disponible para la solución de problemas regionales. Los grandes atlas de la ciencia permiten hacer mediciones generales del progreso del conocimiento científico, inclusive la posición de cada región respecto del resto del mundo. Este Atlas apuesta por la construcción de mapas a escala, con detalles mucho más precisos que permitan servir



a la orientación de políticas públicas y privadas en la inversión para la innovación. Asimismo, son herramientas de vigilancia tecnológica y de contraste posible con otros centros de conocimiento en Colombia y el mundo.

Reconocimiento

Proyecto CODI, Convocatoria Temática 2010, Universidad de Antioquia. Cofinanciación: Fundación Universitaria Luis Amigó. Grupo de Investigación Redes y Actores Sociales.

Bibliografía

1. Callon, M., et al. (1986). *Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World*. London: Macmillan Press.
2. Crane, D. (1972). *Invisible Colleges: Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*. Chicago: *The University of Chicago Press*.
3. De Nooy W, et al. (2005). *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Nueva York: *Cambridge University Press*.
4. De Solla Price, D. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
5. De Solla Price, D. (1965). Networks of Scientific Papers: The Pattern of Bibliographic References Indicates the Nature of the Scientific Research Front. *Science* 149 (3683): 510- 515, Julio 30, 1995
6. Leydesdorff, L. (2001a). The Challenge of Scientometrics: The Development, Measurement, and Self-Organization of *Scientific Communications*. uPublish.com: Universal Publishers. USA
7. Vélez Cuartas, G. (2012). Las redes de sentido como modelo para la observación de la ciencia: Luhmann desde un punto de vista estructural. En: Estrada, M y Millán, R. *La teoría de los sistemas de Niklas Luhmann a prueba*. México DF: Colmex, UNAM. pp 219-273.





Perfil de la ciencia en México: Mapeo desde diversas visiones

Eduardo Robles Belmont
Alejandro Arnulfo Ruiz León
Pilar Galarza Barrios

Resumen

En este trabajo se presentan diversas visualizaciones de la estructura de la ciencia en México producida en la primera década de este siglo, con base en las categorías del conocimiento donde han sido clasificadas las publicaciones científicas indizadas en la Web of Science (WoS). Se muestra la estructura de la ciencia en México de acuerdo con los esquemas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y de la propia WoS. De la misma manera, se exponen los mapas científicos aplicados a estos mismos datos de acuerdo con tres metodologías aplicadas a la visualización de la ciencia y la tecnología.

1. Introducción

En los estudios sobre la ciencia y la tecnología, la producción de indicadores sobre las diversas actividades que inciden en su desarrollo ha ocupado un lugar central en dichos estudios. No sólo porque los indicadores nos muestran la evolución y las tendencias de la ciencia y la tecnología (CyT), sino que también aportan elementos sobre su estructura. Por una parte, en la literatura académica en este campo existen diversos sistemas de clasificación del conocimiento científico y tecnológico, entre los cuales los más comunes son los propuestos por la OCDE (2007), la UNESCO (1988) y la Web of Science (WoS).



La importancia de estos sistemas de clasificación del conocimiento se refleja en los reportes y publicaciones académicas, donde los indicadores se construyen a partir de las estructuras de estas clasificaciones. La diversidad de los sistemas de clasificación, así como la pertinencia y validez de los resultados hacen emerger la pregunta en torno a la elección de cuál sistema de clasificación de la ciencia debe utilizarse. En un estudio anterior se abordó esta pregunta, para lo cual se hizo la comparación de las estructuras del sistema de la OCDE y la UNESCO, los resultados del análisis relacional entre las categorías de áreas del conocimiento y disciplinas mostraron diferencias importantes entre ambas clasificaciones (Robles-Belmont *et al.*, 2013).

Asimismo, se mostró que la estructura de la OCDE tiene una menor ambigüedad lo que permite tener una mejor visión de la convergencia entre las diferentes disciplinas. Creemos que la identificación de la convergencia entre las disciplinas es interesante, ya que actualmente caracterizar y evaluar estas convergencias son tareas centrales en la producción de indicadores sobre CyT. Además, al revisar diversos reportes y publicaciones de agencias gubernamentales que producen este tipo de indicadores en los ámbitos nacional e internacional se constató que la clasificación de la OCDE es la de mayor uso. Por lo tanto, es importante la selección de la clasificación a utilizar, porque es frecuente en las actividades de evaluación del estado de la CyT en diferentes niveles, la comparación con otras instituciones, países y/o regiones. Los indicadores en CyT deben ser entonces comparables con aquellos producidos por otras entidades.

Por otra parte, en el campo de la bibliometría y la cienciometría, diversos trabajos de investigación se han centrado en el desarrollo de metodologías y herramientas para la obtención de mapas de la ciencia. Estos trabajos se han basado en el análisis de redes y de clústeres (Small, Sweeney y Greenlee, 1985; White y Griffith, 1981; Waltman, Van Eck y Noyons, 2010, entre otros). Uno de los aspectos relevantes de estos mapas de la ciencia, es la posibilidad de obtener representaciones visuales que reflejen la estructura de la ciencia en diversos niveles y dimensiones. Los datos para generar estas visualizaciones son sobre la producción científica y principalmente sobre las coautorías (autores, instituciones y países), las disciplinas (o áreas del conocimiento) y en menor medida las citas. Los resultados de estos análisis muestran diferentes perfiles de la estructura de la ciencia, que varían en función de las metodologías y de las entradas de datos. Las representaciones visuales obtenidas pueden mostrarnos las fortalezas de la producción en CyT en términos de las relaciones entre las áreas o disciplinas del conocimiento, así como de las colaboraciones entre instituciones y países. Los alcances de estas visualizaciones han hecho que el uso de estas herramientas y metodologías se extienda en los estudios bibliométricos y cienciométricos.

En este estudio nos centramos en la representación de indicadores bibliométricos por medio de visualizaciones que nos permitan incluir diferentes variables en torno a la convergencia de disciplinas en la producción científica y tecnológica. Los resultados que se presentan en este trabajo son sobre la caracterización del perfil de la ciencia en México en la primera década de este siglo. Se trata de diversos mapas de la ciencia según las estructuras de clasificación de la CyT de la UNESCO, de la OCDE y de la Web of Science. La visualización de estos mapas se hace de acuerdo con diferentes metodologías para la visualización de redes, que dan como resultados diversas formas de representar la estructura de la CyT, para este caso sobre México. Finalmente se señalan algunas aportaciones y límites de cada una de las visualizaciones presentadas.



2. Metodología

Los datos utilizados en este estudio han sido obtenidos de la base de datos de Redes Académicas del Laboratorio de Redes del Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Esta base de datos está constituida con las referencias bibliográficas de los documentos científicos publicados por al menos una persona adscrita a una institución académica y/o de investigación pública o privada localizada en México. La información se obtuvo de la consulta de las bases de datos Science Citation Index Expanded (SCI), Social Science Citation Index (SSCI) y Arts & Humanities Citation Index (A&HCI) de la WoS. El periodo estudiado es la primera década de este siglo: 2001 a 2010. El análisis se hizo sobre un total de 89,977 documentos científicos indizados en las bases de datos mencionadas. Los tipos de documentos y frecuencias se muestran en el Anexo 1.

Para efectuar el análisis se tomaron los datos sobre las categorías del conocimiento científico donde han sido clasificadas las publicaciones científicas indizadas en la WoS. Se trata del campo WoS Category, que contiene un total de 256 disciplinas del conocimiento. Para expresar la estructura del conocimiento científico en México de acuerdo a las clasificaciones de la UNESCO y la OCDE, se hizo una recategorización de las disciplinas de la WoS (para mayores detalles ver Robles-Belmont *et al.*, 2013), las cuales sólo concernieron a 248 de las disciplinas de esta categoría. Las imágenes han sido elaboradas con los programas informáticos NetDraw, Pajek y VOSViewer.

Los documentos publicados en el periodo 2001-2010 cubrieron 248 categorías de la WoS. Con base en la coocurrencia de estas categorías se construyeron las redes en las que los nodos son las disciplinas, y los vínculos la frecuencia de coocurrencia en los documentos, esto con objeto de visualizar la estructura correspondiente.

3. Visualización de la estructura de la ciencia y la tecnología

Antes de pasar al punto sobre los resultados de este estudio, creemos que es pertinente explicitar nuestro interés sobre la visualización de la estructura de la CyT. Este estudio se inserta en el marco de la producción de indicadores sobre la producción científica, donde nos hemos inclinado hacia el análisis de las estructuras de las clasificaciones de la CyT con el propósito de tener indicadores sobre la convergencia de las disciplinas en la producción científica y tecnológica. En la literatura sobre la bibliometría y la cienciometría se han propuesto diferentes metodologías sobre indicadores cuantitativos para evaluar el carácter multi e interdisciplinario de la convergencia de las disciplinas (Porter *et al.*, 2007; Rafols y Meyer, 2010, entre otros). Sin embargo, al contrastar este tipo de indicadores con estudios cualitativos no es evidente el carácter multi o interdisciplinario cuantificado (Vinck y Robles-Belmont, 2011).

Estas observaciones nos han llevado a interesarnos en el análisis de las relaciones entre las disciplinas que pueden obtenerse por medio de las publicaciones científicas y su representación con el apoyo de metodologías del análisis de redes sociales. La aplicación de ciertas metodologías nos permite obtener una radiografía de la estructura de la ciencia en términos de las disciplinas que convergen en la producción científica. Para el caso de la tecnología, además de analizar publicaciones especializadas en ésta, las mismas metodologías aplicadas a las



disciplinas de las publicaciones científicas pueden ser empleadas para las clasificaciones de las patentes. Estas aplicaciones han hecho que este tipo de análisis se haya extendido en diversos estudios sobre el desarrollo de nuevas ciencias y tecnologías.

El análisis de redes sociales aplicado a las disciplinas no sólo nos proporciona una imagen de las disciplinas y sus relaciones, sino que también pueden introducirse diferentes variables en el análisis lo que hace que las visualizaciones tengan un mayor nivel de explicación (Brandes, Kenis y Raab, 2005). Por lo tanto, es interesante incluir diversas variables en la visualización de la estructura de la CyT, ya que nos permitirá observar una mejor representación de su complejidad. Sin embargo, cabe señalar que el límite de estas visualizaciones es de hasta tres variables en lo que concierne a los atributos de los actores que pueden reflejarse en los nodos con el tamaño, la forma y el color (Brandes, Kenis y Raab, 2005).

Además, pueden emplearse otras variables en las visualizaciones sobre algunas características de las relaciones como el peso de las relaciones, u otro tipo de indicadores de éstas que se comparten entre los diferentes nodos. De hecho, este último tipo de variables son empleadas en el método de visualización de semejanzas (VOS) para identificar características comunes en las relaciones entre los actores, que pueden ser interpretadas como patrones en la convergencia o en las colaboraciones (en el caso de redes de colaboración científica). El desarrollo de diversos métodos de visualización y su disponibilidad en programas informáticos de fácil acceso abre la posibilidad de poder efectuar análisis multi-variables y comparar diversas visualizaciones. Ambos son puntos que en este trabajo exploramos como nuevos indicadores sobre el perfil de la CyT.

4. Resultados

Con el objetivo de tener distintos acercamientos y enfoques, se presentan cuatro formas diferentes de visualización de la estructura de la ciencia producida en México durante la primera década de este siglo (2001-2010). Las dos primeras visualizaciones conciernen a las estructuras de las clasificaciones de la UNESCO y de la OCDE, respectivamente. La tercera visualización se ha hecho aplicando el algoritmo propuesto por Kamada y Kawai aplicado a las categorías WoS con el objetivo de visualizar las cercanías entre las disciplinas científicas. Finalmente, la cuarta presentada se hizo con el método VOS, que da como resultado una visualización a partir de la conglomeración de las disciplinas de acuerdo a sus semejanzas basadas en las categorías en que se calificaron los documentos.

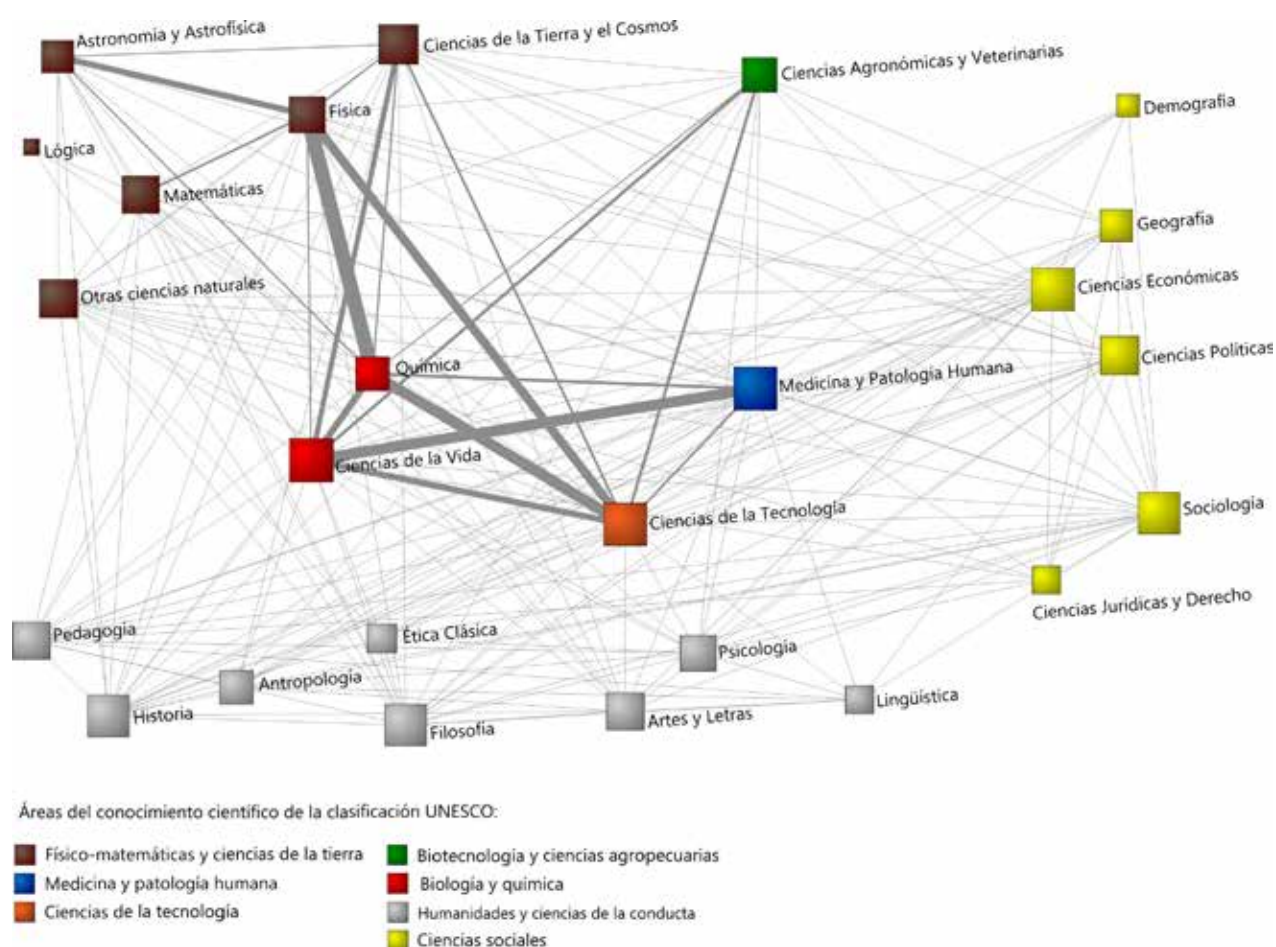
4.1 Clasificación de la UNESCO

La primera visualización se basa en el esquema de la clasificación de la UNESCO, propuesto en 1973 y 1974 y que ha visto varias modificaciones. La versión que empleamos en este estudio es la publicada en 1988 (UNESCO, 1988), cuyo esquema está constituido por 25 áreas del conocimiento científico en un primer nivel, 240 disciplinas en un segundo nivel y 2,114 subdisciplinas en un tercer nivel. Cabe mencionar que este esquema de la UNESCO es el mismo empleado por el CONACYT en México, que ha agrupado las 25 áreas de conocimiento en 7 principales. En la siguiente imagen, se muestra la visión del perfil de la ciencia mexicana según este esquema, donde la producción nacional está representada en sus 7 áreas y cubre las 25 disciplinas. Los tamaños de los nodos que representan a las disciplinas, están determinados a partir de su grado de centralidad de Freeman, esto con el propósito de identificar las disciplinas que



tienen mayores convergencias en los esquemas de clasificación analizados. Las disciplinas que destacan en esta visualización, por su convergencia con otras, son: Ciencias de la Vida; Medicina y Patología Humana; Ciencias de la Tecnología; Ciencias de la Tierra y el Cosmos; Ciencias Económicas y Sociología. Los enlaces o vínculos entre ellas muestran niveles de interdisciplina o multidisciplinaria que se identifica por medio de las áreas, indicador interesante de observar. Esto ya que se mantiene la constante del número de vínculos y su frecuencia (grosor de las líneas) entre las disciplinas. Por ejemplo, entre la Física, la Química y Ciencias de la Tecnología. Igualmente Medicina y Patología Humana tienen un vínculo destacable con Ciencias de la Vida y en menor medida con la Química. Mientras que Ciencias de la Vida con las Ciencias de la Tecnología y Química están altamente relacionadas.

Imagen 1. Perfil de la ciencia en México en el periodo 2001-2010, según la estructura de clasificación de la UNESCO



Fuente: Robles-Belmont, *et al.* (2013).

4.2 Clasificación de la OCDE

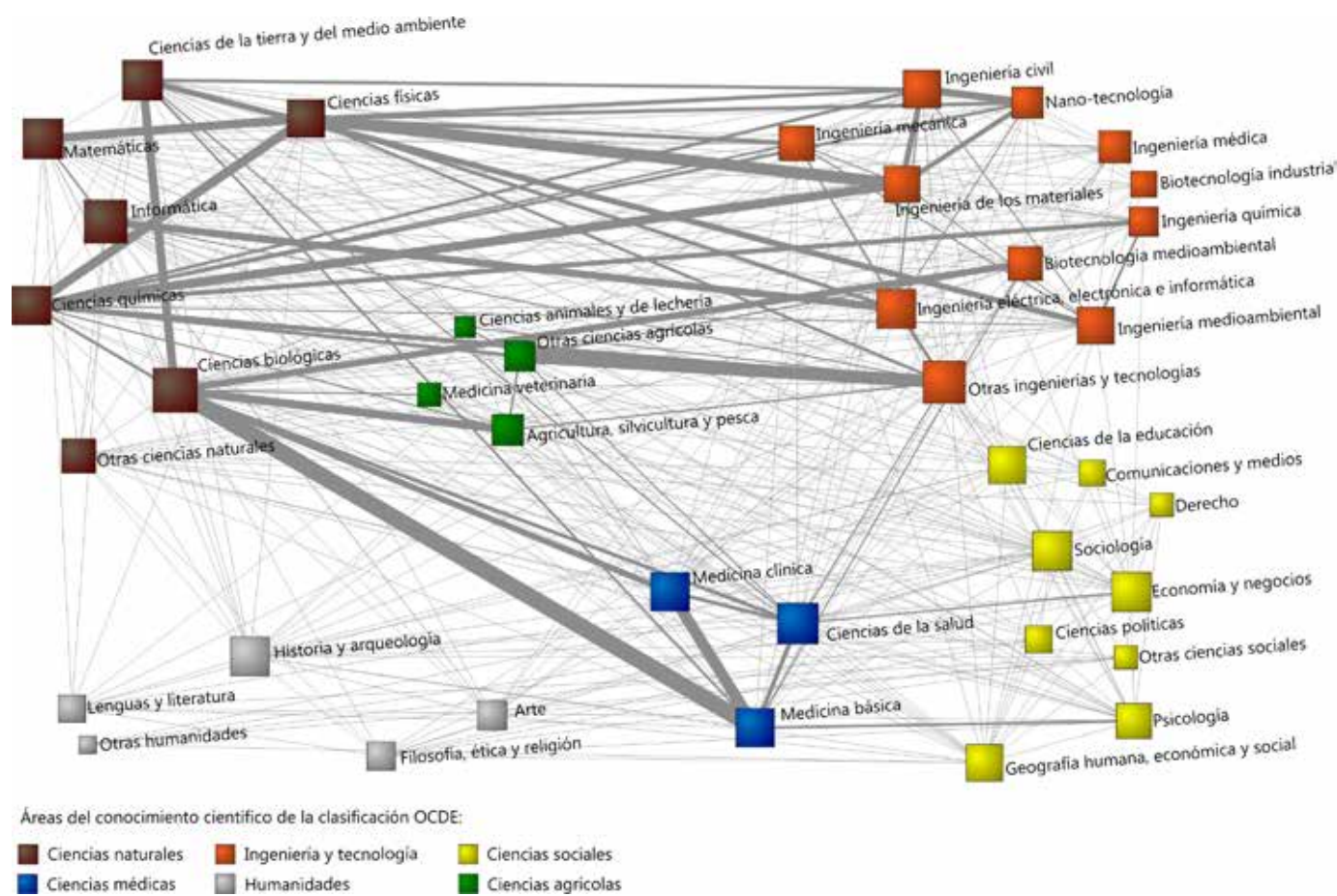
La segunda visualización corresponde a la estructura del sistema de la OCDE que se muestra en la imagen 2, donde la producción nacional se representa en 6 áreas cubriendo 39 disciplinas. La primera versión de esta clasificación fue publicada en 1969 por Christopher Freeman y la versión que empleamos en este estudio es la publicada por la OCDE en 2007 (OCDE, 2007). El tamaño de los nodos y el grosor de las líneas que los unen están determinados con los



mismos criterios empleados en el análisis anterior. Esta visión de la estructura de la ciencia y la tecnología en México es bastante diferente al presentado a partir de la clasificación de la UNESCO. En esta segunda visualización, la categoría de las disciplinas de la OCDE nos permite tener mayores detalles en las disciplinas en cada una de las principales áreas. Por ejemplo, en el caso de la UNESCO, en el área de la tecnología sólo se tiene una disciplina que agrupa todas las ingenierías y tecnologías y en el caso de la OCDE el área de Ingeniería y Tecnología agrupa 11 disciplinas.

Además, la estructura de la clasificación de la OCDE nos muestra otro panorama de la convergencia entre las diferentes disciplinas que trasciende de las áreas del conocimiento. Esto se refleja en las relaciones entre las disciplinas que son mayores a las observadas en la primera visualización. Esta estructura de las relaciones entre las disciplinas nos muestra también que las convergencias más representativas en términos de coocurrencias disciplinarias son las siguientes: Ciencias Biológicas con Medicina Básica; Informática con Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática; Ciencias Físicas con Ingeniería de los Materiales; Otras Ingenierías y Tecnologías con Otras Ciencias Agrícolas; Ciencias Químicas con Ingeniería de los Materiales; Ciencias Físicas con Ingeniería de los Materiales.

Imagen 2. Perfil de la ciencia en México en el periodo 2001-2010, según la estructura de la clasificación de la OCDE



Fuente: Robles-Belmont, *et al.* (2013).



4.3 Visualización de la cercanía entre las disciplinas

En las dos visualizaciones anteriores se presentaron dos enfoques diferentes de la ciencia y de la tecnología en México en la primera década de este siglo, y esto según las estructuras de clasificación de la UNESCO y la OCDE. Los resultados nos han mostrado las convergencias entre las disciplinas que emplea cada una de las clasificaciones. En las siguientes visualizaciones nos interesamos en otras formas de representar la convergencia entre las 248 categorías WoS a partir de otros parámetros.

El primero que nos interesa explorar concierne a la cercanía entre las categorías considerando la medida de cercanía definida por Freeman (1979), para lo cual se procederá a construir una red de coocurrencia temática en que los vínculos entre las categorías se establecerán en el caso de que haya coocurrencia. Con base en la distancia teórica en una red, determinada por la longitud de las trayectorias más cortas que unen a los nodos. El algoritmo para la visualización de redes propuesto por Kamada y Kawai (1989) determina la posición de los nodos en un mapa de manera que la distancia física en el mapa represente lo más exacto la distancia teórica. En este caso, debido a que los vínculos se establecieron con base a la coocurrencia temática, la cercanía entre las categorías basada en la distancia puede interpretarse como un indicador de convergencia, de manera que las categorías con mayor cercanía serán aquellas hacia las que hay una mayor convergencia.

Una vez construida la red de coocurrencia, para facilitar la lectura de la imagen que se obtiene con Pajek mediante el algoritmo de Kamada y Kawai, se usó el programa informático VOS-Viewer para destacar la posición de las categorías más relevantes (ver imagen 3). Ahí puede observarse que la categoría *Public, Environmental & Occupational Health* está posicionada en la parte central, lo que refleja que su distancia teórica hacia las otras categorías tiene un valor bajo y por tanto un alto grado de cercanía.

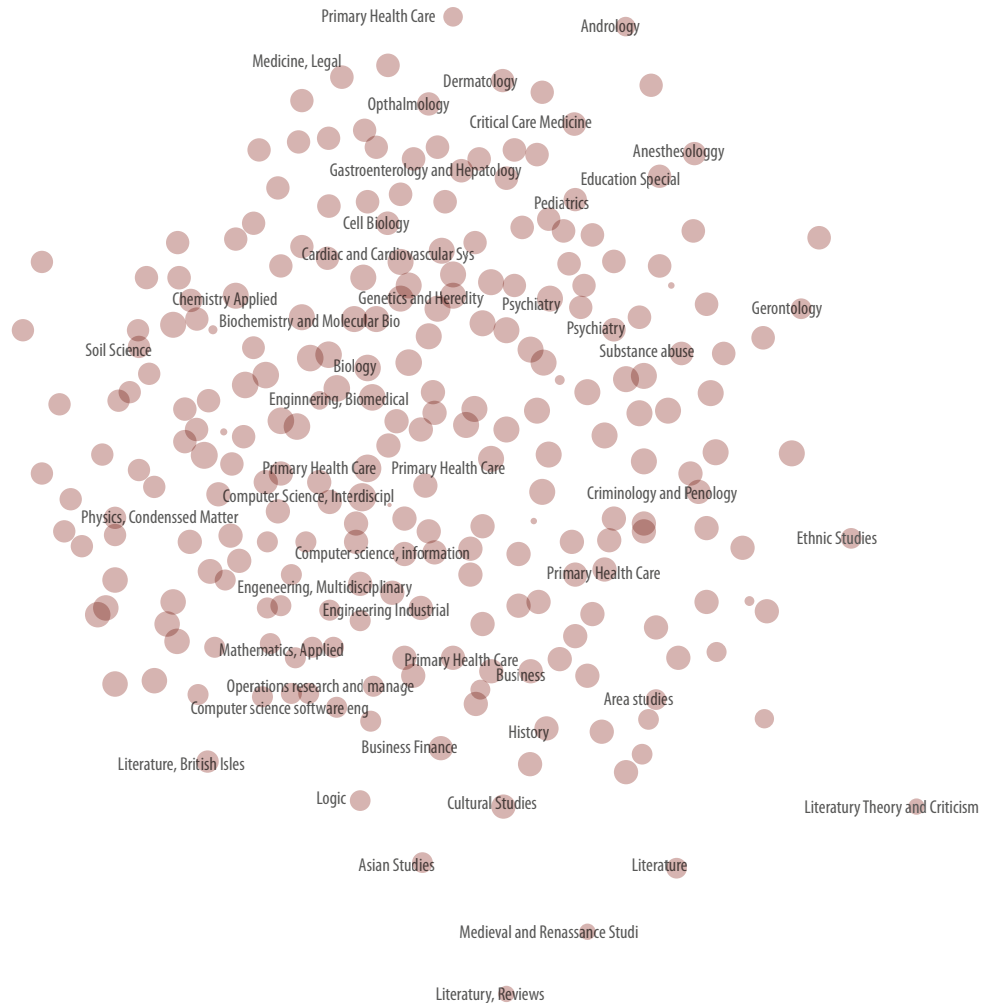
Al calcular la cercanía en la red de coocurrencia se observa que *Public, Environmental & Occupational Health* es la temática con mayor valor, en segundo lugar se encuentra *Multidisciplinary Sciences* que en este caso representa una disciplina con baja producción, pero con una cercanía alta con las otras por los vínculos con base en la coocurrencia (ver tabla 1).

Tabla 1. Las 10 categorías con mayor cercanía

| Categorías WoS | Total | Cercanía |
|--------------------------------------------------|-------|----------|
| Public, Environmental & Occupational Health | 2263 | 0.531 |
| Multidisciplinary Sciences | 589 | 0.524 |
| Computer Science, Interdisciplinary Applications | 720 | 0.516 |
| Environmental Sciences | 2616 | 0.514 |
| Biochemistry & Molecular Biology | 3466 | 0.500 |
| Computer Science, Information Systems | 688 | 0.497 |
| Engineering, Electrical & Electronic | 3113 | 0.494 |
| Mathematics, Interdisciplinary Applications | 533 | 0.493 |
| Ecology | 2509 | 0.489 |
| Engineering, Biomedical | 310 | 0.489 |



Imagen 3. Perfil de la ciencia en México en el periodo 2001-2010, según la convergencia por grado de cercanía, calculado con Pajek y visualización con VOSViewer



Fuente: Realización propia con datos de la WoS.

4.4 Visualización de las semejanzas entre las disciplinas

El segundo parámetro que igualmente encontramos interesante de explorar en este estudio es sobre la semejanza entre las disciplinas en la producción científica y tecnológica en México. Una manera de definir semejanza es a partir de las características comunes de los elementos que se están comparando, en este caso se considerará la frecuencia de coocurrencia temática como una frecuencia de semejanza (Waltman y Van Eck, 2012), lo que determinará los vínculos entre las categorías. Con base en dicha semejanza, el método VOS determina la posición de las categorías en un mapa, donde la distancia física entre ellas refleje su semejanza lo más preciso posible, considerando a su vez la semejanza con terceros. Es decir, esta consideración implica que las zonas densas en la estructura son el resultado de una alta coocurrencia entre las categorías ubicadas en esa parte del mapa; donde sí existe una alta coocurrencia entre dos categorías, pero ambas tienen un alto número de vínculos con categorías ajenas entre ellas,



go, la clasificación OCDE maneja sólo el área de Ciencias Naturales, y la clasificación UNESCO desglosa 3 áreas que se enmarcarían en Ciencias Naturales de la OCDE (Físico-matemáticas y Ciencias de la Tierra; Biotecnología y Ciencias Agropecuarias; Biología y Química), mientras que en el caso de las Ciencias Agrícolas, la OCDE la mantiene como área propia.

La identificación de estas convergencias y agrupamientos en ambos sistemas se ve directamente reflejado en las Imágenes de Redes, donde la diferencia de disciplinas que reflejó la producción científica por medio de la OCDE –39 disciplinas– y la UNESCO (25) nos permite reconocer que la OCDE brinda imágenes de mayores coocurrencias disciplinarias.

Por otra parte, en general, los mapas que analizaron la producción nacional de diez años por medio del indicador de la Categoría de la WoSC ofrecen panoramas que identifican, por un lado las cercanías entre las disciplinas científicas. Así como agrupan las disciplinas de acuerdo con sus semejanzas basadas en las coocurrencias temáticas.

Como pudo observarse, la generación e interpretación de los diferentes mapas de la estructura de la ciencia dependerá de la perspectiva con que se traten los vínculos entre los temas. Si sólo se considera que por medio de la coocurrencia temática se establecen vínculos entre las disciplinas, se puede indagar cuál es la disciplina que tiene coocurrencia con el mayor número de disciplinas, es decir, cuál es la de mayor cercanía a las demás estructuralmente.

Finalmente, las diversas visualizaciones exploradas muestran en este trabajo la posibilidad de considerar la convergencia entre las disciplinas, y su visualización basada con herramientas del análisis de redes sociales, como un indicador sobre la ciencia y la tecnología. Además, si bien se pueden crear mapas muy detallados sobre la estructura científica, una cualidad que tienen que poseer la visualización de dichos mapas es que incluso aquellos no expertos en el tema puedan distinguir los elementos centrales en dicha estructura.

Bibliografía

1. Brandes, U., Kenis, P. Y Raab, J. (2005). La explicación a través de la visualización de redes. *REDES—Revista hispana para el análisis de redes sociales*, Vol. 9, num. 6.
2. Freeman, L. C. (1979). Centrality in Social Networks. Conceptual Clarification. *Social Networks*, Vol. 1, pp. 215-239.
3. Kamada, T. & Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Proceeding Letters*, vol. 31, pp. 7-15.
4. Kamada, T. and Kawai, S. (1989). An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Proceeding Letters*, vol. 31, pp. 7-15.
5. OCDE (2007). Working Party of national Experts on Science and Technology Indicator. Reised Field of Science and Technology (FOS) Classification in the Frascati Manual. OECD DSTI/EAS/STP/NESTI. Disponible en línea: <http://www.oecd.org/innovation/inno/38235147.pdf>
6. Porter, A. L., Cohen, A. S., Roessner, J. D. & Perreault, M. (2007). Measuring research interdisciplinarity. *Scientometrics*, Vol. 72, Issue 1, pp. 117-147.



7. Rafols, I. & Meyer, M. (2010). Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: case studies in bionanoscience. *Scientometrics*, Vol. 82, Issue 2, pp. 263-287.
8. Robles-Belmont, E., Ruiz-León, A. A., Aranda-Román, J. A., y Galarza-Barrios, P. (2013). ¿Cómo Clasificar la Ciencia y la Tecnología? Algunas Propuestas a Partir de las Clasificaciones de la UNESCO y la OCDE para el Caso de México. Texto por presentarse en la Conferencia ALTEC 2013, Portugal.
9. Small, H., Sweeney, E. & Greenlee, E. (1985). Clustering the Science Citation Index using cocitations. II. Mapping Science. *Scientometrics*, Vol. 8, Issue 5-6, pp. 321-340.
10. UNESCO (1988). Proposed International Standard Nomenclature for Fields of Science and Technology. UNESCO/NS/ROU/257, Paris, Francia, 1998. Disponible en línea: <http://unesdoc.unesco.org/images/0008/000829/082946eb.pdf>
11. Vinck, D. et Robles-Belmont, E. (2011). Convergence dans les nanosciences et les nanotechnologies. Le cas des micro y nanosystèmes. In B. Miège et D. Vinck. *Les masques de la convergence. Enquêtes sur sciences, industries et aménagements*. Archives des Editions Contemporaines, pp. 43-65.
12. Waltman, L. & Van Eck, N. (2012). A new methodology for constructing a publication-level classification system of science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 63, Issue 12, pp. 2378-2392.
13. Waltman, L., Van Eck, N.J., & Noyons, E.C.M. (2010). A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, Vol. 4, Issue 4, pp. 629-635.
14. White, H. D. & Griffith, B. C. (1981). Author Cocitation: A Literature Measure of Intellectual Structure. *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 32, Issue 3, pp. 163-171.

Anexo 1

Tipos de documentos en México y su frecuencia en el periodo 2001-2010

| Tipo | Documentos | % de 89977 | Tipo | Documentos | % de 89977 |
|-----------------------|------------|------------|-------------------------------|---------------|-------------|
| Artículo | 70,517 | 78.37% | Noticias / Novedades | 77 | 0.09% |
| Actas de reuniones | 8,016 | 8.91% | Bibliografía | 6 | 0.01% |
| Memorias de reuniones | 5,428 | 6.03% | Reimpresión | 6 | 0.01% |
| Revisión | 2,477 | 2.75% | Revisión de <i>hardware</i> | 2 | 0.00% |
| Material editorial | 1,403 | 1.56% | Poesía | 2 | 0.00% |
| Cartas | 1,009 | 1.12% | Revisión de <i>software</i> | 2 | 0.00% |
| Revisión de libros | 608 | 0.76% | Ficción, prosa creativa | 1 | 0.00% |
| Corrección | 230 | 0.26% | Revisión de capítulo de libro | 1 | 0.00% |
| Biografía | 119 | 0.13% | Crítica de teatro | 1 | 0.00% |
| Total | | | | 89,977 | 100% |





Los proyectos de financiamiento y su correlación con las citas y la co-autoría en las publicaciones del Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM

María Teresa Vázquez Mejía

Resumen

Se analiza la producción bibliográfica de un instituto mexicano de investigación, especializado en ciencia e ingeniería de materiales del periodo 1998-2007. De acuerdo con el objetivo principal se pretende determinar la correlación que existe entre el financiamiento con el número de citas y la coautoría. Las herramientas utilizadas son las bases de datos del Web of Knowledge, el currículum vitae de los académicos de la institución, así como los artículos originales, ya que para el periodo analizado no existe una base de datos que reporte la información sobre financiamiento. Se parte de la hipótesis de que a mayor participación de los proyectos de financiamiento en las publicaciones, lo es también el número de citas y colaboraciones. Por lo anterior, para el análisis de los datos se utilizó el método bibliométrico. Se muestra que más de 70% de los artículos señala algún tipo de financiamiento y que éste es nacional e internacional. Que son los artículos con financiamiento mixto (nacional-internacional) los que tienen un mayor número de citas y de autores, comparado con los artículos con financiamiento solo nacional. Que son los artículos con financiamiento mixto de países como Estados Unidos, España, Japón, entre otros, los que tienen el mayor número de citas y autores.



1. Introducción

En la actualidad, ciencia y tecnología han adquirido una gran importancia, prueba de ello es la aparición de disciplinas como la nano-ciencia, la nanotecnología, el estudio del genoma humano, la ciencia de los materiales, entre otras. Este cambio ha dado pie obviamente a un incremento de la actividad de la investigación y al número de científicos así como a una proliferación en la publicación de trabajos, de materiales de eventos, de patentes y otros nuevos tipos de documentos que es el producto final de toda investigación.

Paralelo al crecimiento de la actividad científica ha surgido la necesidad precisamente de evaluar esa actividad y su impacto en la sociedad, lo que ha llevado a la utilización de estudios cualitativos y cuantitativos para determinar la calidad y la producción y que este análisis permita, por lo tanto, contar con los elementos necesarios para destinar de la manera más adecuada los recursos financieros, es decir, una forma más transparente y eficiente de distribuir los recursos económicos.

Por lo anterior, en este trabajo se pretende un acercamiento a la aplicación de indicadores basados en el financiamiento que permitan contar con más parámetros para una evaluación más adecuada de la ciencia que se hace en México y que este esfuerzo se dirija a políticas más claras y precisas que deriven luego en decisiones sobre política científica y sobre la orientación del trabajo en beneficio de la comunidad y luego del país.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a un estudio que se planteó como trabajo para optar por el grado de Maestría en Bibliotecología y que, dadas las características de la institución y las diferentes aristas y amplitud del tema, se limitó a analizar sólo algunos aspectos, por lo que el objetivo general que se planteó fue el de identificar únicamente la correlación que existe entre el financiamiento, la coautoría y el número de citas de las publicaciones del personal académico en el caso particular del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM en el periodo 1998-2007, mediante técnicas bibliométricas.

Los objetivos específicos que se plantearon fueron identificar las publicaciones con financiamiento en el periodo 1998-2007; identificar el tipo de éste en las publicaciones; determinar el número de citas de las que se producen en el Instituto de Investigaciones en Materiales en el periodo 1998-2007; identificar la colaboración en las publicaciones a través de la coautoría; correlacionar los indicadores de financiamiento, citas y coautoría en el impacto de las publicaciones del IIM-UNAM, así como contribuir al desarrollo de una metodología para analizar el papel que desempeñan indicadores como el financiamiento y las citas en el impacto de las publicaciones.

La hipótesis que se planteó fue que “a mayor participación de los proyectos de financiamiento en las publicaciones, mayor es el número de citas y de colaboraciones”.

Materiales

Las herramientas que se utilizaron para realizar el estudio fueron: las bases de datos del Web of Knowledge en línea (Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED); Social Sciences Citation Index (SSCI); Arts & Humanities Citation Index (A&HCI); Conference Proceedings Citation



Index- Science (CPCI-S); Conference Proceedings Citation Index-Social Science & Humanities (CPCI-SSH)), así como el currículum vitae de los investigadores del IIM-UNAM y los artículos en PDF de las publicaciones del personal académico del IIM almacenadas en la “Base de datos de reprints” del IIM-UNAM, los artículos no recuperados en ella se consiguieron de manera impresa.

Métodos

Se realizó una primera búsqueda de los artículos publicados por el personal académico del IIM de 1998 a 2007, para recuperar esta producción se indagó en todas las bases de datos del Web of Knowledge mediante la opción “institución”, para lo cual, se consideraron las diferentes formas en que aparece el nombre de la misma. Esta primera búsqueda arrojó mil 319 registros, los cuales se bajaron a un archivo en Excel llamado “concentrado”. Este archivo fue depurado siguiendo una revisión minuciosa, cotejando contra otras bases de datos, contra el currículum vitae de los académicos del Instituto, etcétera.

Luego se procedió a elaborar un formato en Excel anexo al concentrado que permitiera la captura de la información sobre los proyectos de financiamiento, ya que para el periodo a investigar el Web of Knowledge no reporta la información, es a partir de 2009 que inicia la inclusión en sus registros de estos datos, por tal motivo fue necesario recuperar todos y cada uno de los artículos originales tanto en PDF y cuando no fue posible en este formato, se recuperaron de manera impresa.

La tabla que se elaboró para capturar la información de los proyectos de financiamiento se tomaron en cuenta los siguientes elementos: Con/Sin financiamiento; Financiamiento nacional, internacional o mixto; Tipo de financiamiento (infraestructura, viajes, etcétera); Número total de proyectos de financiamiento; Instituciones o dependencias que otorgan el financiamiento; Tipo de institución; País; Número o clave del proyecto de financiamiento; Otros agradecimientos; Nombre del archivo en PDF; Número de autores participantes; Número de instituciones participantes, y Posición del IIM en las instituciones participantes.

Se recuperaron mil 254 artículos de 1998 a 2007, de los cuales mil 206 están indizados en el Web of Knowledge y 48 artículos no lo están. De los mil 254 artículos, 25 registros no fue posible obtener el PDF, 6 son artículos, uno material editorial, 9 resúmenes de congresos, 8 *proceedings* y un artículo de revisión (ruso) corresponde a 0.02% del total.

Es importante señalar que durante la captura de la información sobre los proyectos de financiamiento, se trató de que fuera de una manera normalizada, aun así al final fue necesario sortear la información de algunos de los campos, principalmente de los números o claves de proyectos de financiamiento y de las instituciones que otorgaron el apoyo económico para asegurar la normalización de los datos.

Ahora bien, en relación con la obtención de las citas, se realizaron búsquedas por rango, es decir, se buscó por el UT (Thompson Unique Article Identifier) en rangos de 50 registros, una vez que se bajaron todos los registros, se unificaron en un solo archivo y se ordenaron por UT. Esto permitió transportar la columna de citas, al archivo concentrado, previa ordenación de igual manera por UT, sin embargo, para evitar cualquier desvío de la información, se verificó que correspondiera al mismo UT.

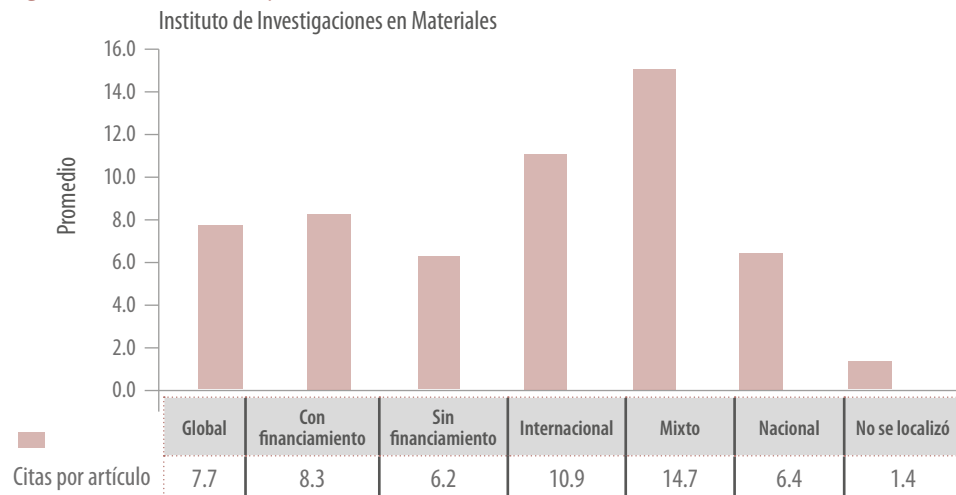


Resultados

De los principales resultados obtenidos en el estudio se puede mencionar primero como punto de partida las citas, en el global de citas por artículo se tiene que a cada artículo le corresponde en promedio 7.7 citas, si este promedio global se compara con los artículos con financiamiento el número de citas aumenta a 8.3 por artículo, mientras que los artículos sin financiamiento están por abajo del promedio global con 6.2 citas por artículo. La diferencia de citas entre los artículos financiados y los no financiados es de 2.1 por artículo, una diferencia que ya es notable, mientras que la diferencia de citas entre el global y los artículos financiados es de 0.6 citas al alta, y la diferencia del global con los artículos no financiados es de 1.5 citas a la baja.

Para los artículos con financiamiento nacional, internacional y mixto se tiene que los artículos con financiamiento nacional sólo cuentan con 6.4 citas por artículo, promedio similar a los artículos sin financiamiento, una diferencia de 0.2 citas a la alta, mientras que los artículos con financiamiento internacional el promedio de citas es de 10.9, es decir, 2.6 citas más por artículo que el promedio de citas de artículos con financiamiento, pero los artículos con financiamiento mixto se llevan el primer lugar con 14.7 citas por artículo, este dato indica claramente que los artículos con financiamiento mixto son los que tienen mayor número de citas, de hecho, es el doble de citas del promedio global, una diferencia de 7 citas por artículo (figura 1).

Figura 1. Promedio de citas para los artículos del IIM-UNAM



Para el promedio de citas de los artículos financiados por país, en primer lugar México como sede de la institución analizada en este estudio, se observa que el promedio de citas por artículo es de 8.1, un promedio similar al promedio global de artículos financiados, con una diferencia a la baja de sólo 0.2 citas.

Es definitivamente Estados Unidos el país con el promedio de citas más alto en artículos con financiamiento cuenta con 14.9 citas por artículo, un promedio aún más alto que el promedio de citas de los artículos con financiamiento mixto con una diferencia al alta de 0.2 citas por artículo.

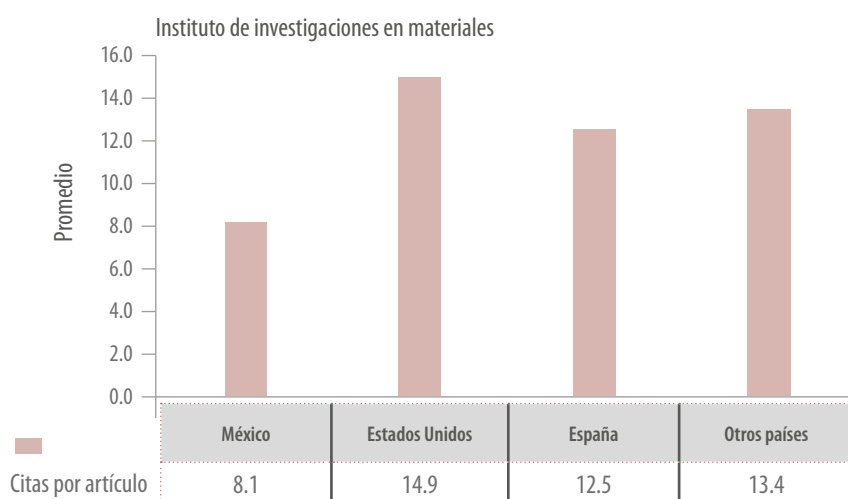
En cuanto a España su promedio de citas por artículo con financiamiento es de 12.5 citas, una diferencia de 2.4 citas a la baja en comparación con Estados Unidos.



Finalmente el grupo de países varios, su promedio de citas en artículos con financiamiento es de 13.4 citas, con este promedio se posiciona entre Estados Unidos y España con una diferencia a la baja de 1.5 citas con Estados Unidos y con una diferencia a la alta de una cita con España.

Estos resultados por país lleva a reforzar el resultado de que los artículos con financiamiento, sobre todo mixto y de países como Estados Unidos tienen mayor impacto en el número de citas que los no financiados o con financiamiento sólo nacional (figura 2).

Figura 2. Promedio de citas por país (IIM-UNAM)



En cuanto al promedio de citas de las instituciones mexicanas, se tiene que las instituciones con más citas por artículo financiado son las agrupadas en el apartado “varias” con 9.4 citas por artículo, una diferencia a la alta de 1.1 citas en relación con los artículos con financiamiento, le sigue CONACYT con 8.4 citas por artículo, luego la UNAM con 7.9 citas por artículo, el promedio de esta institución está por abajo con 0.4 citas por artículo del promedio de artículos con financiamiento. Finalmente se tiene abajo al Instituto Politécnico Nacional (IPN) con 4.4 citas por artículo financiado, esto representa una diferencia a la baja de 1.8 citas en relación con los artículos sin financiamiento y a 3.9 citas por artículo en comparación con los artículos con financiamiento.

Estos resultados llevan a señalar que los artículos con financiamiento publicados por instituciones mexicanas, se encuentran apenas en los límites del promedio de artículos con financiamiento y tiende a ser a la baja (figura 3).

En cuanto a los autores, el promedio global de autores por artículo es de 4.3, que viene a ser el mismo que los artículos con financiamiento y comparado con los artículos sin financiamiento con 4.2, el promedio es también similar al global solo una diferencia menor de 0.1. Para los artículos con financiamiento internacional cuyo promedio de autores por artículo es de 4.1, este promedio se encuentra por abajo del promedio global con una diferencia también mínima de



0.2 autores por artículo, en cuanto al financiamiento nacional el promedio es de 5 autores por artículo, con una diferencia a la alta de 0.7 autores por artículo comparado con el global, en cuanto a los artículos con financiamiento mixto el promedio de autores es de 5.1, es el promedio más alto comparado con todos los anteriores, es decir, con una diferencia a la alta de 0.7 autores por artículo comparado con el global y de 0.7 autores por artículo comparado con los artículos con financiamiento.

Se observa que los datos mostrados indican claramente que los artículos con financiamiento mixto son los artículos con mayor número de autores, aunque esa diferencia no lleva a un margen amplio si representa una diferencia al alta (figura 4).

Figura 3. Promedio de citas en artículo financiado de instituciones mexicanas (IIM-UNAM).

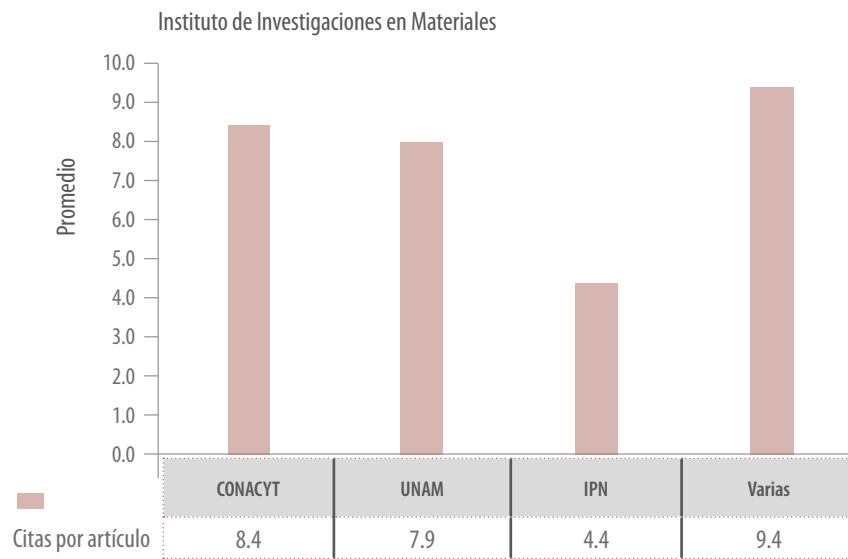


Figura 4. Promedio de autores por artículo (IIM-UNAM).

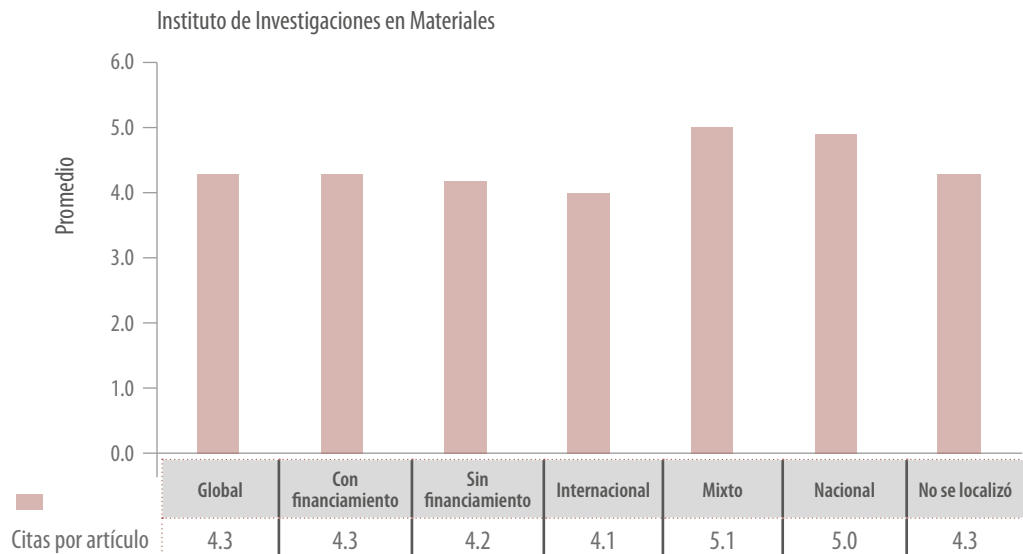
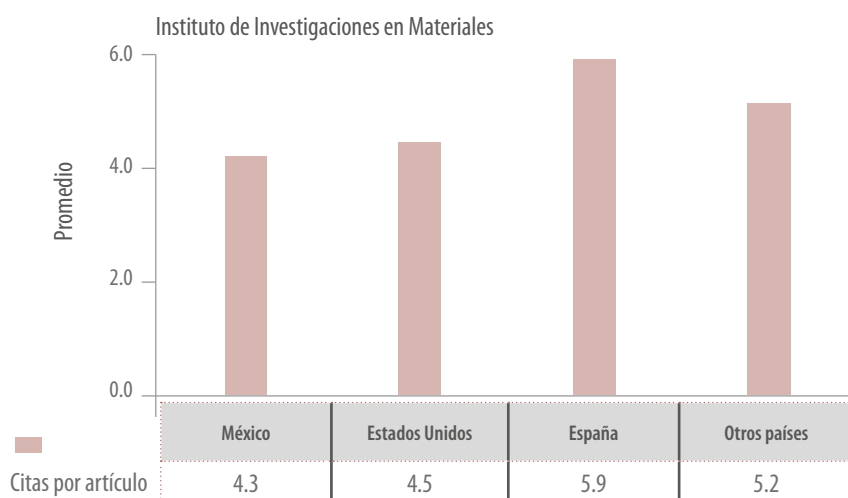




Figura 5. Promedio de autores por artículo por país (IIM-UNAM)



Para el promedio de autores por artículo de los países con mayor representación, se tiene a México con 4.3 autores por artículo, un promedio similar al global y a los artículos con financiamiento y comparado con los artículos con financiamiento mixto es de 0.8 a la baja.

De Estados Unidos el promedio de autores es de 4.5, promedio por arriba del global y de los artículos con financiamiento, no así comparado con los artículos con financiamiento mixto cuya diferencia es de 0.6 a la baja.

Para España, su promedio es de 5.9, hasta este momento el promedio más alto comparado con los anteriormente mencionados, hay una diferencia a la alta de 1.6 autores comparado con el global y con el financiamiento mixto la diferencia es de 0.8 a la alta.

Finalmente, se tiene al grupo de países varios con un promedio de 5.2 autores por artículo financiado, está arriba del global y de los artículos con financiamiento mixto y comparado con España, está a 0.7 a la baja (figura 5).

Finalmente, para los autores en artículos financiados de instituciones mexicanas tenemos en primer lugar al IPN con 4.9 autores, seguido de las instituciones varias con 4.7 autores, CONACYT con 4.4 y la UNAM con 4.1, todas dentro del rango de los 4 autores y sólo la UNAM por abajo del promedio global con una diferencia de 0.2 autores por artículo y el IPN que está por arriba del promedio global y de los artículos con financiamiento (figura 6).

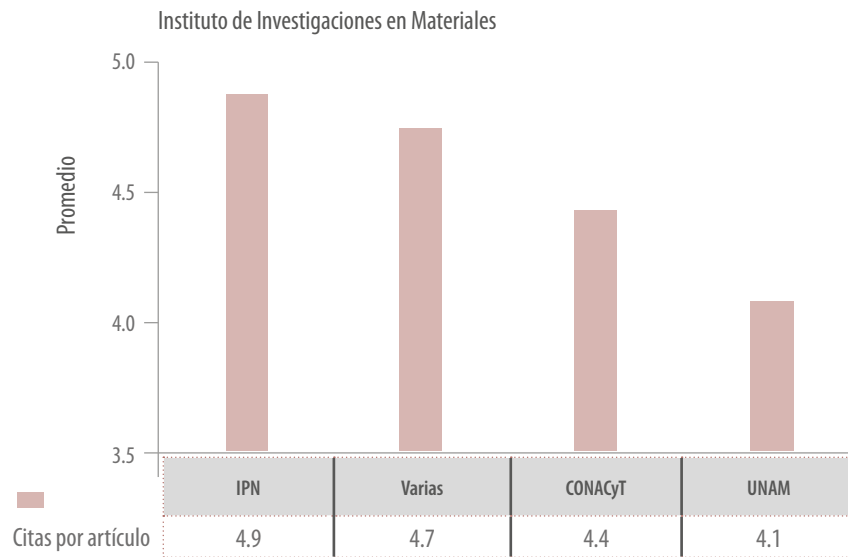
Comentarios finales

Los resultados obtenidos son una muestra del camino largo que hay que recorrer para crear indicadores que ayuden a una evaluación objetiva de la actividad científica. Existe una serie de aspectos no analizados en este estudio que pudieran cambiar o ir modificando las conclusiones a partir de los resultados obtenidos, por lo que es importante realizar más estudios enfoca-



dos a esta misma línea considerando las diferentes áreas de investigación, diferentes periodos, diferentes instituciones, etcétera, y analizar comparativamente los resultados y determinar si efectivamente el financiamiento impacta o no la actividad científica.

Figura 6. Promedio de autores por artículo de instituciones mexicanas (IIM-UNAM)



Referencias

1. Albornoz, M. (1999). *Indicadores y la política científica y tecnológica*. Documento en línea. Presentado en el IV Taller Iberoamericano e Interamericano de Indicadores de Ciencia y Tecnología, Julio 12–14, 1999. Recuperado el 12 de enero, 2013 de: <http://josemramon.com.ar/wp-content/uploads/Albornoz-Mario-Politica-cientifica-y-tecnologica.pdf>
2. Bordons, M. y Zulueta, M.A. (1999). Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. *Revista Española de Cardiología*, 52, 790-800.
3. Boyack, K.W. y Borner, K. (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*, 54 (5), 447-461.
4. Cronin, B. (1999). Citation, funding acknowledgement and author nationality relationships in four information science journals. *Journal of Documentation*, 55 (4), 402-408.
5. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC (2006). *Diagnóstico de la política científica, tecnológica y de fomento a la innovación (2000-2006)*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC.



6. Laudel, G. (2005). Quality-only assumption is external research funding a valid indicator for research performance? *Research Evaluation*, 14 (1), 27-34.
7. Laudel, G. (2006). The art of getting funded: how scientists adapt to their funding conditions. *Science and Public Policy*, 33 (7), 489-504.
8. López-Piñero, J.M. y Terrada, M.L. (1992). Los indicadores bibliométricos y la evaluación de la actividad médico-científica. nº III los indicadores de producción, circulación y dispersión, consumo de información y repercusión. *Medicina Clínica*, 98, 142-148.
9. López-Yepes, J. (1999). La evaluación de la ciencia en el contexto de las ciencias de la documentación. *Investigación Bibliotecológica*, 13 (27), 195-210.
10. Rigby, J. (2011). Systematic grant and funding body acknowledgement data for publications: new dimensions and new controversies for research policy and evaluation. *Research Evaluation*, 20 (5), 365-375.
11. Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología: revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13 (3-4), 842-865.
12. Sandoval, R. (2009). Medir el conocimiento. Tesis de Doctorado no publicada. UNAM, Facultad de Filosofía y Letras, México.
13. Sanz, L. (2005). Universidad e Investigación: la financiación competitiva de los proyectos de I+D, con especial referencia a las ciencias sociales y económicas. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 109, 181-218.
14. Sanz-Casado, E. y Moreno, M. (1997). Técnicas bibliométricas aplicadas a los estudios de usuarios. *Revista General de Información y Documentación*, 7 (2), 41-68.
15. Sanz-Menéndez, L. (2004). Evaluación de la investigación y sistema de ciencia. Documento en línea. Recuperado el 22 de octubre, 2012 de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/1605/1/dt-0407.pdf>
16. Van Raan, A.F.J. (1989). Evaluation of research groups. En: *The evaluation of scientific research* (pp. 169-187). Chichester: John Wiley.
17. Vinkler, P. S. (1988). An attempt of surveying and classifying bibliometric indicators for scientometric purposes. *Scientometric*, 13(5-6), 239-259.
18. Zhao, D. (2010). Characteristics and impact of grant-funded research: a case study of the library and information science





PARTICIPANTES DEL TALLER SOBRE INDICADORES EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LATINOAMÉRICA (TICyTLA)

| NO. | NOMBRE | APELLIDOS | INSTITUCIÓN | DIRECCIÓN ELECTRÓNICA |
|-----|------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Eduardo | Aguado López | UAEMex/Redalyc | eduardo.aguado@redalyc.org |
| 2 | Adrián Guillermo | Aguilar Martínez | SECITI-DF | aaguilar@seciti.df.gob.mx |
| 3 | Víctor S. | Aguirre Morales | ENBA | avictorsergio@yahoo.com.mx |
| 4 | Shirley | Ainsworth | IBT-UNAM Cuernavaca, Morelos | shirley@ibt.unam.mx |
| 5 | Martha | Alonso Maldonado | Atlas de la Ciencia Mexicana | marthaalo@gmail.com |
| 6 | Ivet | Álvarez Díaz | Instituto Finlay (Cuba) | http://www.finlay.sld.cu/ |
| 7 | Mónica | Anzaldo Montoya | DCTS-Cinvestav | monicaanzaldo@gmail.com |
| 8 | José Antonio | Aranda Román | IIMAS-UNAM | jaar@unam.mx |
| 9 | Ricardo | Arencibia Jorge | CNIC-Cuba | dedalus@ugr.es |
| 10 | Carlos Andrés | Aristizábal Botero | U Antioquia, Colombia | http://www.udea.edu.co/atlas |
| 11 | Queletzú Paulina | Aspra Polo | FC-UNAM | queletzu@gmail.com |
| 12 | Ana Vianney | Báez Pelcastre | ENBA | vbaezpelcastre@yahoo.com.mx |
| 13 | Nelson Enrique | Barrios Jara | UBC | nelbar137@hotmail.com |
| 14 | Arianna | Becerril García | UAEMex/ Redalyc | eal123@gmail.com |
| 15 | Ricardo | Becerril Palomares | ENBA | Olhiada@yahoo.com.mx |
| 16 | Jesús | Bouza Figueroa | Instituto Finlay (Cuba) | http://www.finlay.sld.cu/ |
| 17 | Luis | Brito Cruz | Universidad Autónoma del Estado de México | http://www.uaemex.mx |
| 18 | Hernando Efraín | Caicedo Ortiz | Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Popayán (Colombia) | hernando.caicedo@uniautonomia.edu.co |
| 19 | Romel | Calero Ramos | Instituto Finlay (Cuba) | http://www.finlay.sld.cu/ |
| 20 | Anahid | Camacho | UNAM | ana.cam.belt@hotmail.com |
| 21 | Humberto | Carrillo Calvet | FC-UNAM | carr@unam.mx |
| 22 | Berenice | Cepeda Zetter | DCTS-Cinvestav | bcepeda@cinvestav.mx |
| 23 | Adrián | Chamorro Casas | SEP-CONACYT | achamorroc@CONACYT.mx |
| 24 | Darío Gabriel | Codner | U Nacional. de Quilmes, Argentina | dcodner@unq.edu.ar |
| 25 | Francisco | Collazo Reyes | DF-Cinvestav | fcollazo@fis.cinvestav.mx |
| 26 | Cristina Gloria | Conde Flores | SPCyT-CONACYT | cconde@CONACYT.mx |



| NO. | NOMBRE | APELLIDOS | INSTITUCIÓN | DIRECCIÓN ELECTRÓNICA |
|-----|------------------|------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|
| 27 | Antonio | del Río Portilla | IER-UNAM | arp@ier.unam.mx |
| 28 | Gabriela | Dutrénit Bielous | UAM-X | dutrenit@correo.xoc.uam.mx |
| 29 | René | Drucker Colín | SECITI-DF | drucker@df.gob.mx |
| 30 | Xóchitl | Flores Vargas | ENBA/ACM | xochitfv@gmail.com |
| 31 | Eugenio | Frixione | SMyTC, DBC-Cinvestav | frixione@cinvestav.mx |
| 32 | Pilar | Galarza Barrios | IIMAS-UNAM | pilargb@unam.mx |
| 33 | Claudia Ivette | Gaona Salado | CONACYT | cgaona@CONACYT.mx |
| 34 | Isela | García Bravo | DGB-UNAM | isela@dgb.unam.mx |
| 35 | Claudia | González Brambila | ITAM | cgonzalez@itam.mx |
| 36 | Salvador | Gorbea Portal | IIBI-UNAM | portal@unam.mx |
| 37 | Mara | Guapo Mireles | ENBA | guapochabela@hotmail.com |
| 38 | Ma. Victoria | Guzmán | Instituto Finlay (Cuba) | mvguzman@finlay.edu.cu |
| 39 | Yoscelina | Hernández García | DCTS-Cinvestav | yihernandez@cinvestav.mx |
| 40 | Deyanira | Hernández Sánchez | DCTS-Cinvestav | dehernandez@cinvestav.mx |
| 41 | Gerardo | Hernández | SMyTC-Cinvestav | http://www.cinvestav.mx |
| 42 | Luis G. | Hernández | DRT,DADC-CONACYT | luishs@uaq.mx |
| 43 | Carmen G. | Jiménez Pérez | ENBA | Olhiada@yahoo.com.mx |
| 44 | Oralia | Jiménez Álvarez | FFL-UNAM | oralia@iim.unam.mx |
| 45 | José Luis | Jiménez Andrade | FC-UNAM | chilti@gmail.com |
| 46 | Mina | Kleiche Dray | Ceped (IRD Université Paris V Descartes) & IFRIS | Mina.Kleiche@ird.fr |
| 47 | Jacqueline | Leta | IBM-UFRJ, Brasil | jleta@bioqmed.ufrj.br |
| 48 | Sofía | Liberman | FPs-UNAM | liberman@unam.mx |
| 49 | Roberto | López Olmedo | DCTS-Cinvestav | rolopez@cinvestav.mx |
| 50 | Francisco Javier | Lozano Espinosa | DGEI-UNAM | asojle@unam.mx |
| 51 | Ma. Elena | Luna Morales | DGSB-Cinvestav | elena.5280@gmail.com |
| 52 | Evelia | Luna Morales | DGSB-Cinvestav | eluna@cinvestav.mx |
| 53 | Gabriela | Maqueda Rodríguez | DCTS-Cinvestav | gmaqueda@cinvestav.mx |
| 54 | Rafael | Marmolejo Leyva | DCTS-Cinvestav | rmarmolejo@cinvestav.mx |
| 55 | Eva | Medina Silva | ENBA | bunbury_eva@hotmail.com |
| 56 | Nevid Israel | Meza Rodríguez | DCTS-Cinvestav | inevid@aim.com, nmeza@cinvestav.mx |
| 57 | Luis | Mier y Terán Casanueva | DAPyCI-CONACYT | lmierysteran@CONACYT.mx |
| 58 | Sandra | Miguel | IdIHCS-UNLP-CONICET, Arg. SCImago Research Group | sandra@fcnym.unlp.edu.ar |
| 59 | Gabriela | Millán Quintero | DCTS-Cinvestav | gamillan@cinvestav.mx |
| 60 | Carlos A. | Mondragón Colín | ENBA | karlo80@live.com.mx |
| 61 | Mitzi Lizeth | Muñoz García | ENBA/ACM | mitmzz@yahoo.com.mx |
| 62 | Hugo Ricardo | Navarro Contreras | CIACYT-UASLP | hnavarro@uaslp.mx |
| 63 | José Luis | Olivares Vázquez | ACM | jlolivares@prodigy.net.mx |
| 64 | Imanol | Ordorika Sacristán | DGEI-UNAM | ordorika@unam.mx |



| NO. | NOMBRE | APELLIDOS | INSTITUCIÓN | DIRECCIÓN ELECTRÓNICA |
|-----|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 65 | Ricardo | Pérez Peña | IF-UNAM | richardsonsmithtaylor@gmail.com |
| 66 | Miguel Ángel | Pérez Angón | DF-Cinvestav | mperez@fis.cinvestav.mx |
| 67 | Karla | Quintero León | DGB-UNAM | karlavql@yahoo.com.mx |
| 68 | Dante | Ramírez Martínez | ENBA | dante_cartman_6@hotmail.com |
| 69 | Arturo | Rendón Cruz | DGB-UNAM | achwazer@gmail.com |
| 70 | Norma L. | Reyes Zapata | CCyTTabasco | n_reyes16@hotmail.com |
| 71 | Octavio D. | Ríos Lázaro | CONACYT | orios@CONACYT.mx |
| 72 | Angie | Ríos Mendoza | ENBA | angie_enba@yahoo.com.mx |
| 73 | Eduardo | Robles Belmont | IIMAS-UNAM | roblesbelmont@yahoo.fr |
| 74 | Fernando | Rodríguez Gallardo | SSINECYT-CONACYT | frodriquezg@conacyt.mx |
| 75 | Jorge | Rodríguez Miramontes | DCTS-Cinvestav | jrodriguez@cinvestav.mx |
| 76 | Rosario | Rogel Salazar | UAEMex/Redalyc | eal123@gmail.com |
| 77 | Marlen | Ronquillo Osorio | ENBA | len.mar30@hotmail.com |
| 78 | Alejandro Arnulfo | Ruiz León | IIMAS-UNAM | rarnulfo@unam.mx |
| 79 | Lourdes | Ruiz Zamarripa | DBC-Cinvestav | http://www.cinvestav.mx |
| 80 | Jane M. | Russell Barnard | IIBI-UNAM | jrussell@unam.mx |
| 81 | Erica del Carmen | Salazar López | U Tec Tabasco | investigacionuttab@hotmail.com |
| 82 | Antonio | Sánchez Pereyra | DGB-UNAM | biblat@dgb.unam.mx/ asp@unam.mx |
| 83 | Vanessa | Sandoval Romero | CIRST en Montreal | sandoval_romero.vanessa@courrier.uqam.ca |
| 84 | María Elizabeth A. | Santiago Cortés | CUAC, Popayán Colombia | esantiagocortes@gmail.com |
| 85 | Elmer | Solano Flores | FCCyT | elmersol@yahoo.com.mx |
| 86 | Miguel | Sosa | SMyTC-Cinvestav | msosa@cinvestav.mx |
| 87 | Julia | Tagüeña Parga | DADC-CONACYT | jtag@servidor.unam.mx |
| 88 | Rubí | Tapia Herrera | EGAI-CONACYT | rtapiah@CONACYT.mx |
| 89 | Tilo | Tosca Chablé | CCYTET, Tabasco | ttosca@ccytet.gob.mx |
| 90 | Wilfrido | Urueta Rico | CONACYT | wuruetar@CONACYT.mx |
| 91 | Gretel A. | Valencia Zavala | ENBA | gretapocket@live.com.mx |
| 92 | Ma Teresa | Vázquez Mejía | IIM-UNAM | mtvm@unam.mx |
| 93 | Gabriel | Vélez Cuartas | U Antioquia, Colombia | gabrielvelezcuartas@yahoo.com.mx |
| 94 | Elio | Villaseñor García | INFOTEC | atenogenes@gmail.com |
| 95 | Yaidelyn | Macías Ribero | Instituto Finlay (Cuba) | http://www.finlay.sld.cu/ |
| 96 | María Luisa | Zaragoza López | SUAYED-UNAM | luisazaragoza@yahoo.com.mx |
| 97 | Patricia | Zúñiga Bello | FCCyT | zuniga@foroconsultivo.org.mx |



Esta obra se terminó de imprimir el mes de agosto de 2014, con un tiraje de 500 ejemplares en los talleres de Ediciones y Acabados ROSS, SA de CV