

COLECCIÓN ESTUDIOS REEMPRESA

Estudio de la **PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**

en colaboración Universidad-Empresa en Iberoamérica



netb1o

Estudio de la producción científica
y tecnológica en colaboración
Universidad-Empresa en Iberoamérica

Estudio de la producción científica y tecnológica en colaboración Universidad-Empresa en Iberoamérica

Dirección

Félix de Moya-Anegón ^(a,b)

Coordinación

Zaida Chinchilla-Rodríguez ^(a,b)

Equipo de investigación

Elena Corera-Álvarez ^(a,b)

Maidelyn Díaz-Pérez ^(c)

^(a) CSIC-CCHS-IPP

^(b) SCImago Reseach Group

^(c) Universidad Pinar del Río (Cuba)



REDEMPRENDIA

netbiblo

www.netbiblo.com

**Estudio de la producción científica y tecnológica en colaboración
Universidad-Empresa en Iberoamérica**

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

QR code es una marca registrada por Denso Wave, inc.

DERECHOS RESERVADOS 2012, respecto a la primera edición en español, por

© Netbiblo, S. L.

netbiblo

www.netbiblo.com

NETBIBLO, S. L.
c/. Rafael Alberti, 6 bajo izq.
Sta. Cristina 15172 Oleiros (La Coruña) – Spain
tlf: +34 981 91 55 00 • fax: +34 981 91 55 11
www.netbiblo.com
editorial@netbiblo.com

Miembro del Foro Europeo de Editores

ISBN: 978-84-9745-468-1
Depósito Legal: C-2340-2012

Directora Editorial: Cristina Seco López
Editora: Lorena Bello
Imagen cubierta: © arahan
Producción Editorial: Gesbiblo, S. L.

Impreso en España – Printed in Spain

Prólogo

Banco Santander colabora, desde hace 15 años, con las universidades, desde el convencimiento de que la mejor manera de contribuir al crecimiento y al progreso económico y social es apoyando el sistema de educación superior y de investigación.

Una buena parte de nuestras iniciativas giran en torno al denominado Espacio Iberoamericano del Conocimiento, un proyecto que va poco a poco conformándose a través del compromiso y las acciones de agentes políticos, académicos, culturales, sociales y económicos.

Una de ellas es “RedEmprendia”, una red universitaria iberoamericana centrada en el emprendimiento empresarial surgido de las universidades, y esta colección de “Estudios RedEmprendia”, que precisamente inauguramos con el presente documento.

Aportar nuevo conocimiento es imprescindible, como lo es utilizarlo para generar empleo, calidad de vida y riqueza. Y para ello es necesario saber qué se hace y con qué resultados. Conocerse a sí mismo no es únicamente una máxima para las personas sino también para las universidades, las administraciones públicas o las empresas, se debe tener información valiosa y fiable. Sin duda este también es un empeño de las universidades que forman parte de RedEmprendia y de la propia Red y una evidencia de ello es el presente estudio, centrado en las publicaciones científicas conjuntas universidad-empresa y en las patentes obtenidas en la oficina de patentes estadounidense, sin duda la más exigente del mundo. De este modo, estamos dirigiendo nuestra mirada tanto hacia la investigación fundamental como por aquella que tiene una orientación y/o unos resultados aplicables en el sector productivo.



Estamos seguros de que ponemos en sus manos una información de gran utilidad, tanto para los investigadores, como para los gestores y responsables de las universidades o de las políticas de ciencia, tecnología e innovación de los países. Agradecemos el esfuerzo de RedEmprendia, de sus universidades y de quienes han hecho posible que este magnífico estudio, el primero en su género, vea la luz en un momento en el que las luces son más necesarias que nunca.

José Antonio Villasante Cerro

Director General Adjunto del Banco Santander y
Director de la División Global Santander Universidades

Presentación

RedEmprendia —www.redemprendia.org— es una red universitaria que promueve la innovación y el emprendimiento de un modo responsable y solidario con la apuesta por el Espacio Iberoamericano del Conocimiento (EIC). Para ello es importante que los objetivos y la actividad de la Red trasciendan al ámbito de sus miembros y traten de influir positivamente en los pueblos iberoamericanos en su conjunto. Uno de los instrumentos que creemos eficaces en este cometido es la publicación de trabajos de interés general, especialmente para Iberoamérica, en la línea de los objetivos que persigue nuestra Red. Esta es la razón de la colección Estudios RedEmprendia, de la que este es el primer número. Saludamos el nacimiento de la colección con el agradecimiento a quienes lo han hecho posible, en especial al Banco Santander por su permanente apoyo a la Universidad, en general, y a RedEmprendia, en particular.

Entre los compromisos de RedEmprendia está ayudar a conocer mejor los distintos agentes que más pueden y deben contribuir a la inmersión activa de nuestros pueblos en la denominada sociedad del conocimiento y a la conformación colectiva de ese EIC al que antes he hecho referencia. Las universidades son la médula de una sociedad en red que apuesta por el conocimiento y como tales deben ser agentes especialmente activos y atentos en este nuevo escenario global. Además, su papel en dicho escenario ha de ser mucho más abierto, colaborador e influyente en el tejido socioeconómico y en el conjunto de la sociedad. En esa línea la transferencia de los resultados de la I+D y, en particular, la colaboración universidad-empresa, cobran carácter no solo de oportunidad sino de evidente necesidad. Lograrlo no puede ser únicamente el resultado de un deseo. Hay que querer, claro, pero también saber y poder. Y para ello debemos disponer de la información adecuada para después guiar certeramente la voluntad política, la de las universidades, las empresas y otros agente públicos y privados implicados o, cuando menos, concernidos.



En esta línea, RedEmprendia se planteó conocer y compartir la información sobre los resultados de la investigación conjunta entre las universidades y las empresas, valorándola a través de publicaciones científicas mixtas. También queríamos saber quién es quién en cuanto a la obtención de patentes a nivel internacional, en particular en un ámbito tan exigente como el estadounidense. Siempre he dicho que nuestros países necesitan acelerar su paso en el proceso de convergencia con aquellos más desarrollados y para ello hay que tomar decisiones fundamentadas y valientes. La valentía está sujeta a variables de otro tipo, pero tomar decisiones con criterio depende sobre todo de disponer de información útil y veraz.

El liderazgo internacional y la experiencia del grupo de investigación SCImago, dirigido por el profesor Félix de Moya, nos pareció el mejor aval para llevar adelante el estudio que tiene el lector ante sus ojos y realmente su trabajo ha respondido con creces a las expectativas. Hasta donde sabemos no se había hecho antes un análisis de esta naturaleza, aportando una valiosa información para cada país o universidad en relación a la producción científica, con o sin colaboración empresarial, así como de patentes USPTO.

Hemos hecho un importante esfuerzo para poner en sus manos esta información adecuadamente tratada. Utilícela en la medida de sus responsabilidades y posibilidades para seguir avanzando en su beneficio y en el beneficio colectivo. El EIC no puede avanzar a velocidad constante, ya que hoy eso es casi sinónimo de retroceder en el contexto mundial. Por eso es imprescindible introducir aceleradores en nuestro sistema de conocimiento y desarrollo tecnológico y en su transferencia a la sociedad. Para ello, nuestros responsables políticos, empresariales y/o académicos han de comenzar por conocer cómo se adecuan los resultados de investigación obtenidos a los objetivos propuestos en planes, programas y políticas científicas, tanto a nivel institucional como nacional, e incluso supranacional, y actuar en consecuencia.

Senén Barro Ameneiro
Presidente de RedEmprendia

Contenido

Introducción.....	11
-------------------	----

1 Indicadores generales sobre la actividad científica iberoamericana	27
---	----

2 Patrones de colaboración con empresas de las universidades que conforman RedEmprendia	
2.1. Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina.....	35
2.2. Pontificia Universidad Católica de Chile (PUCC), Chile	40
2.3. Universidad de Antioquia (UDEA), Colombia	45
2.4. Universidade Estadual de Campinas (UEC), Brasil	49
2.5. Universidade de Sao Paulo (USP), Brasil.....	54
2.6. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), México.....	59
2.7. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).....	63
2.8. Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.....	68
2.9. Universidade de Coimbra (UC), Portugal	72
2.10. Universidad Autónoma de Madrid (UAM), España.....	77
2.11. Universidad Complutense de Madrid (UCM), España.....	82
2.12. Universidad de Cantabria (UNICAN), España	87
2.13. Universidade de Santiago de Compostela (USC), España.....	91
2.14. Universitat de Barcelona (UB), España.....	95
2.15. Universitat de València (UV), España	100
2.16. Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), España.....	104
2.17. Universidade do Porto (UP), Portugal	109
2.18. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil	114
2.19. Universidad Politécnica de Valencia (UPV), España	119
2.20. Universidad Politécnica de Madrid (UPM), España	124

3 Argentina	
3.1. Análisis institucional	130
3.2. Empresas con sede en Argentina.....	131
3.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	136



4	Bolivia	
	4.1. Análisis institucional	146
	4.2. Empresas con sede en Bolivia	147
	4.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	147
5	Brasil	
	5.1. Análisis institucional	150
	5.2. Empresas con sede en Brasil.....	151
	5.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	158
6	Chile	
	6.1. Análisis institucional	174
	6.2. Empresas con sede en Chile	175
	6.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	188
7	Colombia	
	7.1. Análisis institucional	196
	7.2. Empresas con sede en Colombia.....	197
	7.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	202
8	Costa Rica	
	8.1. Análisis institucional	210
	8.2. Empresas con sede en Costa Rica.....	211
	8.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	214
9	Cuba	
	9.1. Análisis institucional	218
	9.2. Empresas con sede en Cuba.....	219
	9.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	219
10	Ecuador	
	10.1. Análisis institucional	224
	10.2. Empresas con sede en Ecuador.....	225
	10.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	228
11	España	
	11.1. Análisis institucional	232
	11.2. Empresas con sede en España	233
	11.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	254

12	Jamaica	
	12.1. Análisis institucional	284
	12.2. Empresas con sede en Jamaica.....	285
	12.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	285
13	México	
	13.1. Análisis institucional	288
	13.2. Empresas con sede en México.....	289
	13.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	306
14	Perú	
	14.1. Análisis institucional	318
	14.2. Empresas con sede en Perú.....	319
	14.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	322
15	Portugal	
	15.1. Análisis institucional	326
	15.2. Empresas con sede en Portugal.....	327
	15.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	340
16	Puerto Rico	
	16.1. Análisis institucional	356
	16.2. Empresas con sede en Puerto Rico.....	357
	16.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	357
3	Trinidad y Tobago	
	17.1. Análisis institucional	362
	17.2. Empresas con sede en Trinidad y Tobago.....	363
	17.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	365
18	Uruguay	
	18.1. Análisis institucional	370
	18.2. Empresas con sede en Uruguay.....	371
	18.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	371
19	Venezuela	
	19.1. Análisis institucional	376
	19.2. Empresas con sede en Venezuela.....	377
	19.3. Empresas colaboradoras por áreas de conocimiento	382



20	Estudio de la productividad tecnológica iberoamericana: Metodología	
	20.1. Recopilación de información: Fuentes de datos	389
	20.2. Unidad de análisis y medida.....	391
21	Resultados de la productividad tecnológica iberoamericana	
	21.1. Estado de la técnica.....	393
	21.2. Titulares e inventores.....	400
	21.3. Áreas de la técnica	406
	21.4. Instituciones de RedEmprendia	412
	Conclusiones.....	415
	Referencias bibliográficas	417
	Anexos	419

Introducción

RedEmprendia es una red de universidades que promueve la innovación y el emprendimiento responsables. Lo hace desde el compromiso con el crecimiento económico, el respeto al medioambiente y la mejora de la calidad de vida, en línea con sus universidades, de las más relevantes del espacio iberoamericano. Su objetivo es ayudar a las personas emprendedoras y a sus iniciativas a través de los mejores y más actualizados recursos y servicios de apoyo. En esta línea se están llevando a cabo una serie de iniciativas, desde el asesoramiento hasta la formación, pasando por el estudio de la relación universidad-empresa en la generación de conocimiento y su valorización. Siguiendo este objetivo, RedEmprendia trata de tener la información sobre los resultados de la investigación conjunta entre las universidades y la empresa, ello ayudará a la toma de decisiones que faciliten llevar a cabo políticas de promoción del emprendimiento, para el establecimiento de redes de comparación, un mayor aprovechamiento de los recursos y una mayor visibilidad de los resultados de investigación de los distintos sectores productivos.

Objetivos

En sintonía con lo anterior este informe pretende ser una herramienta de análisis y evaluación de la actividad científica llevada a cabo por universidades en colaboración con empresas o viceversa. A partir de la información ofrecida para cada país o universidad en relación a la producción científica y de patentes con o sin colaboración empresarial, es posible realizar diagnósticos basados en su evolución y el conocimiento de sus fortalezas y debilidades. El objetivo final es ofrecer una visión general, ayudando a los responsables políticos, empresariales y/o académicos a caracterizar cómo se adecuan los resultados de investigación obtenidos a los objetivos propuestos en planes, programas y políticas científicas, tanto a nivel institucional como nacional, incluso supranacional.

Estructura del informe

El informe se divide en 21 capítulos. Los 19 primeros se centran en el análisis de la producción científica y los dos últimos, en el de la producción tecnológica, mostrando la metodología y fuente de información utilizadas y los principales resultados en términos de patentes. La producción científica es analizada desde el nivel macro, ofreciendo información de la situación de cada país en la región, hasta el nivel meso, en el que se caracteriza el análisis institucional de



universidades y empresas que forman parte o bien de la propia RedEmprendia o de los países en los que se ubican algunos de sus centros universitarios. El primero de los capítulos es introductorio. Incluye los objetivos generales del trabajo y establece el marco de referencia en el que se encuadra el estudio, incorporando cuestiones relativas a las fuentes de información empleadas y a la metodología de aplicación, con especial atención a la definición de los indicadores aplicados. El segundo capítulo muestra indicadores generales sobre la actividad científica iberoamericana, desde los resultados y las tendencias de crecimiento de los principales países productores de conocimiento de la región, hasta la relación existente entre la colaboración internacional y la visibilidad tanto en términos de citación normalizada como en el porcentaje de producción publicada en las mejores revistas de cada área. El tercero caracteriza los patrones de colaboración con empresas de las veinte universidades y centros de educación superior que conforman RedEmprendia. Los siguientes dieciséis capítulos están dedicados a cada uno de los países analizados. Cada uno de ellos se divide en dos grandes apartados. El primero es un análisis institucional general en el que se muestra la evolución de una batería de indicadores que tienen que ver con el número de instituciones en el sector privado y en el universitario público junto a su producción científica; el porcentaje de documentos publicados en revistas del primer cuartil (Q1) de la distribución del área y el impacto normalizado alcanzado por la producción de los dos sectores y, finalmente, el promedio de citas por documento tanto a nivel empresarial como académico. El segundo bloque está dedicado a las empresas nacionales y comienza con una ficha básica de indicadores comparados para todas las empresas del país en el período analizado para, a continuación, hacer un análisis individualizado de cada una de ellas. Este análisis está compuesto por una tabla con información de la evolución de los principales indicadores que se presentan en forma de gráficos. Desde la evolución del número de universidades con las que colabora la empresa junto a su producción y citación, pasando por la evolución del porcentaje de documentos en colaboración con el sector universitario y con otros países. Junto a esta información se muestra tanto la colaboración internacional en relación a la producción en revistas del Q1 hasta la relación entre la especialización temática y el impacto normalizado de la producción de cada empresa, así como la distribución de su producción científica por áreas temáticas. Los dos últimos capítulos muestran la metodología y los principales resultados sobre producción de patentes en los países iberoamericanos. Finalmente, el estudio termina con un Anexo en el que se muestran tablas con información referente a áreas temáticas e indicadores analizados.

Consideraciones generales y marco de referencia

Antes de proceder a explicar la metodología y los datos empleados en este informe es necesaria la mención de algunas consideraciones de contextualización que faciliten al lector la comprensión de los resultados obtenidos y

posibiliten la extracción de sus propias conclusiones a partir de la información presentada.

El estado del sistema científico-tecnológico ha cobrado un gran interés en la esfera política autonómica, estatal y supranacional, debido, en parte, a las evidentes conexiones entre los avances procedentes de la actividad investigadora y el empleo, el crecimiento y progreso económico y social que mejoran el bienestar de la sociedad en su conjunto y, por extensión, con la necesidad de crear una sociedad más competitiva. En este sentido, las decisiones en política científica juegan un papel fundamental en el desarrollo y evolución del sistema científico-tecnológico¹.

Este interés justifica la necesidad de análisis que permitan el seguimiento preciso de los resultados de la actividad investigadora y tecnológica cuantificando publicaciones científicas, informes, patentes, etc., constituyéndose en herramientas valiosas en el proceso de toma de decisiones en materia de política científica^{2,3}. El hecho de poder conocer cuáles han sido los resultados obtenidos a partir del cálculo de una serie de indicadores cuantitativos resulta fundamental para mejorar la calidad de la investigación y, en consecuencia, las políticas futuras. Por otro lado, esas medidas cuantificadoras precisan, a su vez, de un proceso de retroalimentación proveniente del propio sistema, debiendo ir acompañadas de una evaluación continuada que permita conocer el grado de cumplimiento de los objetivos marcados con la mayor eficacia posible.

Este tipo de estudios ponen de manifiesto una serie de patrones que aportan información relevante a los gestores desde distintas perspectivas y fomentan el incremento de la calidad de la investigación en todos los niveles; la promoción de una imagen social favorable de la actividad investigadora, justificando el retorno a la sociedad de la inversión en ciencia; y la identificación del perfil investigador con el fin de determinar sus fortalezas y debilidades.

Ahora bien, las conclusiones que de ellos se deriven deben tener en cuenta que la investigación científica no siempre proyecta resultados tangibles⁴ y que la publicación científica es solo una dimensión más dentro del quehacer y del devenir del sistema científico. Partiendo de esta base,

¹ Okubo, Y. *Bibliometric Indicators and Analysis of Research Systems: Methods and Examples*. París: Organisation for Economic Co-Operation and Development; 1997; OCDE/GD(97)41. (STI Working Papers).

² Debackere, K. y Glänzel, W. Using a bibliometric approach to support research policy making: The case of the Flemish BOF-key. *Scientometrics*. 2004; 59, (2): 253-276.

³ Tijssen, R. J. W.; Visser, M. S. and van Leeuwen, T. N. Searching for scientific excellence: Scientometric measurements and citation analyses of national research systems. *Proceedings of the International Conference on Scientometrics and Informetrics 8*; Sidney: Bibliometric and Informetric Research Group; 2001; 675-689.

⁴ Moravcsick, M. J. ¿Cómo evaluar a la Ciencia y a los Científicos? *Revista Española de Documentación Científica*. 1989; 12:313-325.



los métodos bibliométricos se han convertido en valiosos instrumentos de medición de la ciencia, reconocidos y utilizados internacionalmente. Su uso se ha extendido siempre como complemento de otro tipo de indicadores y de la insustituible aportación de los expertos, para analizar la investigación de un dominio, así como para la caracterización de su evolución a lo largo del tiempo y su posición en el contexto internacional⁵. La progresión o regresión de estos indicadores constituyen buenos ejemplos de las cambiantes políticas públicas y su impacto sobre la ciencia y la tecnología⁶.

Los indicadores son unidades de medida basadas en observaciones de la ciencia y la tecnología, entendidas como sistema de actividades más que como cuerpo de conocimiento específico. Ofrecen una imagen sintética y contrastable, de ahí que el interés no se centre en la obtención de unos valores puntuales, sino en las posibilidades que ofrecen los contrastes y comparaciones entre observaciones, enfoques y análisis diferentes. Permiten informar de las modificaciones en los patrones de comunicación o de la irrupción de factores que afectan a su estabilidad, fácilmente observables a través de las oscilaciones de tendencias a lo largo del tiempo. Por ello, los análisis empíricos y los resultados de investigación se presentan como la medición de las capacidades de los sistemas de ciencia. La complementariedad con otro tipo de estudios ayudará a enriquecer y contextualizar la complejidad de las actividades de generación y transferencia de conocimiento⁷.

Cada indicador presenta ventajas y limitaciones, por lo que debe prestarse especial atención en su uso e interpretación. En primer lugar, se ha de tener en cuenta su *parcialidad*, ya que cada indicador describe un aspecto concreto del estudio que se está realizando. En segundo lugar, su *convergencia*, puesto que la interpretación de la actividad científica, para ser efectiva, tiene que fundamentarse en la utilización de un número significativo de indicadores que contextualicen la información resultante de su análisis. Por último, su *relatividad*, pues los indicadores carecen de sentido si no se relacionan explícitamente con el entorno en el que el nuevo conocimiento ha sido generado, por lo que nunca deben ser considerados como índices absolutos⁸.

Por otro lado, la obtención de indicadores bibliométricos no debe ser confundida con la evaluación. Esta última requiere de explicaciones e interpretaciones de esos indicadores por parte de especialistas. Los indicadores

⁵ Van Raan, A. F. J. Advanced Bibliometric Methods to Assess Research Performance and Scientific Development: Basic Principles and Recent Practical Applications. *Research Evaluation*. 1993; 3:151-166.

⁶ Moed, H.F. UK research assessment exercises: Informed judgments on research quality or quantity? *Scientometrics*. 2008; 74(1):141-149.

⁷ Chinchilla Rodríguez, Z. y Moya Anegón, F. de. *La investigación científica española (1995-2002): una aproximación métrica*. Granada: Universidad de Granada; 2007.

⁸ Martin, B. R. y Irvine, J. Assessing Basic Research: Some Partial Indicators of Scientific Progress in Radio Astronomy. *Research Policy*. 1983; 12:61-90.

en ningún caso están destinados a sustituir o debilitar la función de los especialistas, todo lo contrario, fortalecen y enriquecen su capacidad de análisis aportando herramientas para la visualización y evaluación de la investigación, proporcionando valores añadidos⁹.

Los estudios cuantitativos y bibliométricos han ido ganando popularidad debido a su complementariedad con los de carácter económico, y con los de redes sociales^{10,11}. Estos estudios se fundamentan en una serie de premisas y limitaciones que se basan en el concepto de que la esencia de la investigación científica es la comunicación de nuevas contribuciones al corpus de conocimiento de la literatura científica. Los científicos de todas las áreas comunican sus resultados y, aunque existan distintos canales por los que estos se difundan, el corpus bibliográfico está definido en términos de bibliografía impresa. Desde esta perspectiva, la ciencia es un género literario estrechamente vinculado con el medio impreso. En este sentido el conocimiento se produce por acumulaciones, combinaciones y asociaciones de los artículos precedentes, de manera que el nuevo conocimiento está relacionado con investigaciones previas plasmadas en forma de referencias. En la actualidad, los retos de la cuantimetría y de la bibliometría se centran fundamentalmente en la necesidad de crear indicadores cada vez más robustos¹², así como determinar la situación actual del sistema ciencia-tecnología con respecto a la pasada, presentando información sobre la evolución de su desarrollo, la dinámica de su estructura y sobre sus relaciones en el entorno en el que se desarrolla¹³. Uno de los centros de atención de los análisis cuantitativos es tratar de identificar la interacción entre el desarrollo científico y los desarrollos sociales, políticos y económicos.

Las dificultades de utilización de este tipo de estudios cuantitativos en todos los niveles (macro, meso, micro) para la delimitación de la posición del sistema de ciencia y tecnología han sido ampliamente discutidos en la literatura de la especialidad. A pesar de ello, los análisis empíricos como el que nos ocupa presentan los resultados de la investigación bien como medición de las capacidades productivas, bien como medición de la visibilidad en el nivel internacional. La lectura combinada de la batería de indicadores facilitará

⁹ Abelson, P. Mechanisms for Evaluating Scientific Information and the Role of Peer Review. *Journal of the American Society for Information Science*. 1990; 41:216-222.

¹⁰ Diamond, A. M. Jr. The Complementarity of Scientometrics and Economics. Cronin, B. y Atkins, H. B. (Eds.). *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*. Medford, N. J.: Information Today; 2000; 321-336.

¹¹ Cronin, B. y Atkins, H. B. The Scholar's Spoor. En Cronin, B. y Atkins, H. B. (Eds.). *The Web of Knowledge: A Festschrift in Honor of Eugene Garfield*. Medford, NJ: Information Today. 2000; 1-7.

¹² Rinia, E. J. Scientometrics Studies and their Role in Research Policy of Two Research Councils in the Netherlands. *Scientometrics*. 2000; 47(2):363-378.

¹³ Heimeriks, G. y Van der Besselaar, P. State of the Art in Bibliometrics and Webometrics [Web Page]. 2002 Jan. Available at: www.eicstes.org/EICSTES_PDF/Deliverables/State%20of%20the%20Art%20in%20Bibliometrics%20and%20Webometrics.pdf [Accessed 2010].



la descripción esquemática y cautelosa de la situación. Un examen más exhaustivo precisará de enfoques y metodologías más amplias y detalladas, que escapen del objetivo general del presente estudio.

Fuentes de información

La fuente de información utilizada es la base de datos Scopus a través del portal de libre acceso SCImago Country & Journal Rank. Las razones del uso de esta nueva base de datos tienen que ver con una mayor cobertura (más de 18.000 revistas), lo que supone una mejor representación de la ciencia a nivel internacional¹⁴.

Sobre la cobertura temática, Elsevier ha hecho especial hincapié en ofrecer una amplia representación de la investigación en las áreas de Ciencias, Tecnología y Medicina, y en Ciencias Sociales, en las de Psicología, Sociología y Economía. De hecho, presenta una mejor cobertura que WoS¹⁵. A partir de junio de 2009 cuenta además con la incorporación de más de mil títulos en Artes y Humanidades gracias a la incorporación de las revistas de *European Science Foundation's European Reference Index for Humanities* (ERIH). Por tanto, nos encontramos ante una herramienta multidisciplinar, internacional, con una fuerte orientación tecnológica y con un área de Humanidades en expansión que permite ampliar estudios anteriores en los que la cobertura temática en este sentido se erigía como una limitación¹⁶.

Por otra parte, el universo de citación de esta fuente es mucho mayor debido a la mayor presencia de documentos citables. Sin embargo, aunque *Scopus* presenta su volumen como una fortaleza, no es hasta mediados de los años 90 cuando esta mayor magnitud se traslada a la citación.

A las características específicas de Scopus como fuente de información se suma la disponibilidad de una nueva herramienta en línea de acceso abierto: el portal SCImago Journal & Country Rank¹⁷. Se trata de un sistema de información científica basado en los contenidos de Scopus entre 1996 y 2008, de acceso abierto y que facilita la generación de listados ordenados de revistas y países convirtiéndose en un recurso dirigido a la evaluación de la ciencia a nivel mundial. La posibilidad de acceder gratuitamente a los indicadores de referencia tanto a nivel mundial como regional y nacional, la

¹⁴ Scopus. Content coverage [en línea]. Scopus, 2007. www.info.scopus.com/scopus-in-detail/facts. [Accessed 4-2-2010].

¹⁵ Bosman, J., Van Mourik, I., Rasch, M. y Verhoeff, H. (2006). Scopus reviewed and compared. The coverage and functionality of the citation database Scopus, including comparisons with Web of Science and Google Scholar. Utrech University Library [en línea]. Disponible en: <http://igitur-archive.library.uu.nl/DARLIN/2006-1220-200432/Scopus%20doorgelicht%20&%20vergeleken%20-%20translated.pdf>

¹⁶ Moya-Anegón F. (Dir.), Chinchilla-Rodríguez, Z. (Coord.). *Indicadores bibliométricos de la actividad científica española: ISI Web of Science 1998-2002*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2004.

¹⁷ SJR. SCImago Journal and Country Rank [en línea]. Granada: SCImago Research Group. 2007. www.scimagojr.com. [Accessed 14-4-2009].

hacen óptima para su uso como referente en el contexto internacional. Es de especial utilidad para lograr uno de los objetivos propuestos en este trabajo, situar a España en el contexto internacional en relación con los principales productores de conocimiento en educación superior.

La información suministrada es similar a la ofrecida en los Essential Science Indicators nacionales. La principal diferencia radica en la agregación de indicadores sobre producción primaria, autocitación y h-index, a los ya tradicionales (documentos, citas y citas por documento). Además, cualquier usuario puede acceder a la herramienta y replicarlos en cualquier momento, teniendo la posibilidad de compararlos con una región o un conjunto de países en el período deseado.

Niveles de agregación

Distribución temporal. El período de años analizado abarca desde 2003 hasta 2009, ambos incluidos. Para incluir cada trabajo en un período cronológico (año o serie temporal) se ha tomado como referencia el año de publicación del número de la revista en la que aparece el trabajo y se ha agrupado por años. Esta periodización permite ver la evolución anual de cualquiera de los indicadores analizados.

Distribución geográfica. El análisis incluye los catorce países de la región latinoamericana que producen más de mil documentos en el período analizado, junto a España y Portugal. En el caso de Panamá, solo aparece en el análisis general, ya que no posee ninguna empresa con producción científica registrada en el período y fuente de información analizados.

Distribución temática. Para el conjunto de publicaciones analizado se ha utilizado la clasificación ofrecida por Scopus, que asigna todos los documentos publicados en cada una de las revistas a una o más categorías temáticas. Scopus trabaja con tres niveles jerárquicos de clasificación. Un primer nivel con 4 grandes áreas científicas, un segundo nivel con 27 campos temáticos y un tercero con más de trescientas categorías temáticas. En este estudio se ha utilizado el segundo nivel.

Distribución sectorial. Pese a que este informe se centra en la colaboración universidad-empresa, el análisis sectorial está estructurado en ocho bloques para poder analizar desde una perspectiva global la distribución institucional de la producción y analizar tendencias en unos u otros sectores. La manera de proceder es simple. Cada uno de los documentos producidos por las instituciones analizadas se le asigna a uno o más sectores en caso de colaboración o a un solo sector en caso de no colaboración, sin embargo es una de las tareas centrales y que más recursos consume dentro del tratamiento y depuración de datos para poder contar con una información fiable. Los sectores productivos son:



- Universidad: todas las universidades y centros de educación superior.
- Empresa: empresas privadas.
- Administración: cualquier organismo público estatal, autonómico y local independientemente de las universidades y hospitales.
- Sistema sanitario: instituciones y centros de carácter público y privado que están relacionados con el sistema de salud.
- Otros: organismos e instituciones que no pueden considerarse como parte de alguno de los otros sectores.

Metodología

Este estudio emplea una batería de indicadores agrupados en tres grandes bloques. A continuación, se describen brevemente cada una de las dimensiones analizadas y los indicadores agrupados según el tipo de información proporcionada, así como los objetivos que persiguen y su forma de cálculo.

Indicadores para la dimensión cuantitativa de la producción científica

En este apartado dedicado al análisis de los aspectos cuantitativos de la producción científica se emplearán un conjunto de indicadores basados en recuentos de publicaciones. Se parte del principio de que en circunstancias equivalentes, un mayor número de trabajos publicados implica una mayor cantidad de resultados (*output*) científicos obtenidos. Este tipo de indicadores se utilizan con el fin de caracterizar la dimensión cuantitativa desde una triple perspectiva. En primer lugar, tratan de medir la cantidad de conocimiento generado a partir del recuento de publicaciones y su aportación porcentual al total de trabajos producidos. En segundo lugar, describen la evolución de la investigación a lo largo del tiempo, tratando de establecer los períodos clave en la producción. Por último, valoran la actividad en las distintas áreas temáticas, dando cuenta del volumen y de la especialización temática institucional.

Indicador Ndoc (producción total): En el documento puede aparecer con distintas denominaciones (*output*, *documents*, número de documentos). Señala el número de documentos de cualquier tipo. Este indicador refleja, desde una perspectiva general, el volumen o tamaño científico de la producción científica en cada agregado (temporal, geográfico y temático).

$$Ndoc = doc_1 + doc_2 + \dots + doc_n$$

Indicador %Ndoc: presenta el porcentaje de trabajos respecto al total de documentos diferentes del nivel señalado. Permite estimar el grado de participación de una institución, comunidad, disciplina o cualquier otro nivel de agregación en el conjunto de la producción que se considere. Ha sido calculado solo para comparaciones generales, con el fin de observar la presencia

relativa de la producción. La comparación entre los porcentajes de distintas áreas temáticas no es indicativa de la contribución o peso real en el dominio considerado (nacional, regional, institucional o sectorial).

$$\% Ndoc = \frac{Ndoc}{\sum Ndoc} \times 100$$

Indicador Tasa de crecimiento: la TC muestra el aumento productivo que el dominio (región, país, comunidad, sector, institución) realiza respecto al año anterior. Es, por tanto, la diferencia porcentual del número de trabajos en relación con el período anterior. Su cálculo anual permite calibrar la evolución del agregado a lo largo del período analizado.

$$TC_n = \frac{Ndoc_n - Ndoc_{n-1}}{Ndoc_{n-1}} \times 100$$

Índice de especialización temática (Gini): el índice de especialización temática indica el grado de concentración o dispersión temática de la producción científica de una institución. Los valores oscilan entre el 0 y 1. Un valor igual a 0 significa que la institución tiene una gran dispersión temática y valores más cercanos al 1 indican una mayor especialización en un determinado campo científico. Su cálculo es igual al índice de Gini usado en Economía.

Indicadores para la dimensión cualitativa de la producción científica

La elección de una batería de indicadores bibliométricos que proporcionen una visión que nos permita una aproximación a la “calidad” asociada a la producción científica nos lleva a tener presente que nuestro propósito es ofrecer información válida y útil a los responsables de política científica. Por tanto, es preciso elegir un aspecto de la calidad con una significación práctica y que, simultáneamente, pueda cumplir los requisitos necesarios para evitar la arbitrariedad, además de ofrecer información equiparable entre grandes cantidades de datos. En el terreno de la política científica está muy bien valorada la capacidad de elaboración de análisis cualitativos que permitan fundamentar la toma de decisiones a partir de una serie de indicadores encargados de configurar los principales rasgos del sistema evaluado. Los responsables de la política científica se interesan por los indicadores de calidad, fundamentalmente desde la perspectiva estratégica, y por eso necesitan una valoración relativa más que absoluta, que les permita comparar entre sistemas o conocer la evolución de uno concreto.

Se entiende por *calidad-visibilidad* el impacto de cada publicación medido a partir del número real de citas recibidas por un trabajo. De esta forma, se analiza la repercusión que la difusión del conocimiento científico logra en la comunidad científica en todos los niveles de agregación posibles y cuya unidad de análisis es la cita bibliográfica.



Al igual que en el bloque anterior, se recogen indicadores de volumen, en tanto en cuanto, el número de documentos da cuenta de la cantidad de conocimiento generado y el número de citas recibidas de la cantidad de conocimiento transferido y utilizado. En principio, la cuestión del tamaño en un bloque incidirá en el otro y será un indicador de la capacidad investigadora del agregado a estudiar. Lo que se espera es que una mayor producción se corresponda con una mayor visibilidad, dando cuenta de los recursos tanto económicos como intelectuales involucrados en la actividad investigadora de la comunidad.

Ncit: en el documento aparece como número de citas recibidas por el agregado. Este indicador absoluto decrece a medida que se aproxima al presente, sirviendo de ejemplo para el proceso de uso y consumo de la información. La inclinación de la curva descendente dependerá en gran medida de los hábitos de publicación del área. Su utilidad informativa aumentará si se relativiza y/o compara con otros indicadores y dominios.

$$Ncit = ncit_1 + ncit_2 + \dots + ncit_n$$

Ndoc cit: en el documento aparece como número de documentos citados de cualquier tipo que reciben al menos una cita durante el período analizado. Aunque se trata de un indicador simple, es muy informativo, ya que un elevado porcentaje de producción jamás se cita, y este indicador permite cuantificar las fortalezas o debilidades de los agregados en la transferencia del conocimiento.

%Ndoc cit: en el documento puede aparecer como % documentos citados. Representa porcentualmente el número de documentos citados sobre el total de los producidos. Estima el grado de visibilidad alcanzado por el agregado objeto de estudio.

$$\%Ndoc\ cit = \frac{Ndoc\ cit}{Ndoc} \times 100$$

Cpd (citas por documento): en el documento aparece como citas por documento o cites per document. Es el promedio de citas recibidas por el total de la producción científica. Es un indicador importante, capaz de relativizar los tamaños ponderando las dos dimensiones: cantidad y visibilidad. No está exento del sesgo propio de los hábitos de publicación y citación de las distintas áreas temáticas, pero al igual que el Ndoc cit es extremadamente informativo.

$$Cpd = \frac{Ncit}{Ndoc}$$

SCImago Journal Rank (SJR): es una medición de prestigio (como el factor de impacto de las bases de datos de Thomson Reuters) basada en la idea de que “no todas las citas fueron creadas de igual manera”. Con SJR, el

área de investigación, la calidad y reputación de la revista científica tienen un impacto directo sobre el valor de la citación. Esto significa que la cita de una fuente con un SJR alto tiene más valor que la cita de una fuente con un SJR menor. Sus principales características son:

- Es ponderado por el prestigio de la revista científica, igualando así las condiciones entre todas las revistas.
- Elimina la manipulación, la única forma de elevar la clasificación SJR es ser publicado en revistas científicas de mayor reputación.
- “Comparte” igualmente el prestigio de una revista científica entre el número total de citas en dicha revista.
- Estandariza las diferencias en el patrón de citación entre las áreas de investigación.

SCImago Journal Rank medio normalizado (ASSJR): es el promedio del SJR normalizado. Si un trabajo presenta varios SJRs, como consecuencia de su adscripción a diferentes categorías, se empleará el mayor de los valores (SJR, 2007).

Calidad científica promedio o impacto normalizado (nif): en el documento puede aparecer como: normalized citation, impacto normalizado, citación normalizada dependiendo de la fuente. Este indicador compara el número medio de citas de las publicaciones de un agregado con el número medio de citas de la producción mundial en un mismo período y área temática. Se calcula a partir del *item oriented field normalized citation score average* del Karolinska Institutet sueco, fórmula que permite la normalización de los valores de citación para artículos individuales:

$$[\bar{c}]_f = \frac{\sum_{i=1}^p c_i}{\sum_{i=1}^p [\bar{\mu}_f]_i}$$

Donde: P es el número de publicaciones, c_i es el número de citas de la publicación i , y $[\bar{\mu}_f]_i$ es el valor medio de citas de las publicaciones del mismo tipo, publicadas el mismo año y en el mismo campo científico que el del artículo i ¹⁸.

Los valores de este indicador se presentan como números decimales, y relacionan el resultado respecto a la media mundial normalizada, de valor unidad. Por ejemplo, un valor de citación normalizada de 0.8 supondrá que la institución es citada un 20 % menos que la media mundial; análogamente, una citación normalizada de valor 1.3 indicará que la producción de la institución es citada un 30 % más que el promedio mundial.

Porcentaje de publicaciones en revistas del primer cuartil SJR (% Q1)

¹⁸ Rehn, C; Kronman, U. y Wadskog, D. *Bibliometric indicators: definition and usage at Karolinska Institutet*. Estocolmo: Karolinska Institutet, 2008.



Indica el porcentaje de publicaciones que una institución ha conseguido publicar en revistas incluidas en el primer cuartil, ordenadas por el indicador SJR. El ranking Q1 muestra la cantidad de publicaciones que las instituciones publican dentro del conjunto compuesto por el 25 % de las revistas más influyentes del mundo.

El indicador SJR mide la influencia o prestigio científico de las revistas mediante el análisis de la cantidad y la procedencia de las citas que recibe una revista científica. Su uso se ha extendido a través del portal SCImago Journal & Country Rank y es utilizado en el índice de citas Scopus.

Indicador potencial investigador (*Research Power*): para establecer las fortalezas o debilidades de un agregado a partir del indicador de visibilidad que posean los distintos documentos producidos por él se calcula el potencial investigador¹⁹. Este indicador pondera el valor del SJR en función del número de documentos considerados para el dominio analizado. En definitiva, establece una relación entre la visibilidad de los trabajos y el número de ellos publicados durante el período por la institución:

$$PI = \sum (Ndocc \times ASSJR)$$

Indicadores de colaboración científica

El aumento que ha experimentado la colaboración es uno de los fenómenos más visibles de entre los que han conformado la transformación de la ciencia a lo largo de la historia. Desde los estudios de Price hasta nuestros días, se ha convertido en la norma y no en la excepción²⁰. Sin embargo, esta afirmación está condicionada por factores tales como la disciplina analizada, posibles variaciones que pueden darse entre las especialidades de un área temática específica, lengua de publicación, tamaño del dominio, etc. Además es preciso recordar que los indicadores se centran exclusivamente en aquellas colaboraciones exitosas, en las que han producido resultados publicados.

Teniendo en cuenta esta limitación, este apartado se centra en el análisis de la coautoría a partir del número de autores, instituciones, regiones y países firmantes por documento para conocer el grado de colaboración entre los productores de conocimiento. En cuanto al nivel geográfico de colaboración, se han establecido diferentes tipos de colaboración que van desde el ámbito regional al internacional, a partir de las cuales analizar las distintas perspectivas de asociación institucional, regional y por países:

- **Documentos sin colaboración:** a nivel institucional se calcula el porcentaje de documentos en los que solo aparece la institución firmante indepen-

¹⁹ Chinchilla-Rodríguez, Z. Análisis del dominio científico español: 1995-2002 (ISI, Web of Science). Universidad de Granada. Tesis Doctoral, 2005

²⁰ Katz, J. S. y Martin, B. R. What Is Research Collaboration. *Research Policy*. 1997; 26(1):1-18.

dientemente de si participan más de un autor, grupo o departamento, con lo cual no se tiene en cuenta la colaboración intradepartamental o intrainstitucional.

- **Colaboración nacional neta:** los documentos que estén firmados por más de una institución del país.
- **Colaboración nacional e internacional:** los documentos en los que participa más de una institución del país, independientemente de que participen además otras instituciones extranjeras.
- **Colaboración internacional:** los documentos firmados por más de un país para determinar el incremento o decremento de la producción en el período y la aparición o desaparición de países colaboradores.

Índice de visibilidad según tipo de colaboración (VtC): es la aportación en términos de visibilidad del número de publicaciones y el rango de las autorías.

Limitaciones del estudio

Este bloque del informe se centra exclusivamente en los output obtenidos a partir de las investigaciones científicas publicadas. Por tanto solo analiza aquellos resultados que utilizan las revistas científicas como vehículo de comunicación, y en particular, las publicaciones recogidas en la base de datos Scopus, por ser el principal producto de la labor científica y ser común a la mayor parte de las disciplinas. Quedan, por tanto, excluidos otros resultados propios de la investigación y la innovación tecnológica.

La evaluación exclusiva de los resultados publicados en canales formales internacionales es una limitación inherente a los indicadores bibliométricos, puesto que estos descartan cualquier otra forma de expresión científica. Sin embargo, los teóricos apuntan a que la bibliografía internacional es una muestra suficientemente significativa, ya que la mayor parte de lo que circula en circuitos informales termina publicándose en canales formales y, aunque esto no sucede siempre, sobre todo en el ámbito empresarial, la confirman como un ejemplo representativo de la actividad científica de ámbito internacional.

Estos métodos de evaluación basados en producción científica pueden acarrear consecuencias negativas capaces de pervertir el sistema de generación del conocimiento. Es la denominada *reflexividad de los indicadores científicos*, que puede inducir cambios en las pautas de comunicación científica, o lo que es lo mismo, el desarrollo por parte de los agregados interesados de conductas que se adaptan a los requerimientos de la evaluación, enviando en ocasiones las buenas prácticas científicas e investigadoras²¹.

²¹ El síndrome de publicar o perecer; la práctica del *salami publication*; los casos dirigidos al aumento artificial del número de citas mediante la autocitación convencional o a través de redes de citación; la búsqueda a cualquier precio de las revistas con mayor impacto por parte de los autores; o la autoría gratuita, entre otros.



Pese a todo, la evaluación a través de indicadores bibliométricos es tremendamente útil. La mayor parte de los problemas pueden ser minimizados utilizando una gran variedad de indicadores y estos, a su vez, deben ser complementados y contrastados con otro tipo de análisis y perspectivas, como el sistema de revisión por expertos, los retornos económicos generados por la investigación o la capacidad tecnológica adquirida, el número de patentes, etc. Finalmente, disponer de indicadores, estudiar sus sesgos y minimizar sus efectos negativos, debe ser una constante.