



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SARMIENTO  
INSTITUTO DE INDUSTRIA**

**INSTITUTO DE DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL**

**REDES. CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE CIENCIA, DESARROLLO  
Y EDUCACIÓN SUPERIOR**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN**

**Visibilidad y repercusión internacional de la producción científica  
argentina en biotecnología (1997-2007)**

**Una aproximación métrica a través del**  
*Science Citation Index Expanded*

**Cristian Merlino Santesteban**

**Director: Prof. Mario Albornoz**

**Julio de 2010**

**Mar del Plata, Argentina**



**Universidad Nacional  
de General Sarmiento**

**FORMULARIO “E”  
TESIS DE POSGRADO**

**Niveles de acceso al documento autorizados por el autor: a)**

- a) Liberar el contenido de la tesis para acceso público.**
- b) Liberar el contenido de la tesis solamente a la comunidad universitaria de la UNGS.**
- c) Retener el contenido de la tesis por motivos de patentes, publicación y/o derechos de autor por un lapso de cinco años.**

**a. Título completo del trabajo de Tesis:**

**Visibilidad y repercusión internacional de la producción científica argentina en biotecnología (1997-2007). Una aproximación métrica a través del *Science Citation Index Expanded***

**b. Presentado por (Apellido/s y Nombres completos del autor):**

**Merlino Santesteban, Cristian**

**c. E-mail del autor:**

**csantest@mdp.edu.ar**

**d. Estudiante del Posgrado (consignar el nombre completo del Posgrado):**

**Maestría en Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación**

**e. Institución o Instituciones que dictaron el Posgrado (consignar los nombres desarrollados y completos):**

**Universidad Nacional de General Sarmiento. Instituto de Industria**

**Instituto de Desarrollo Económico y Social**

**Redes. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior**

**f. Para recibir el título de (consignar completo):**

**a) Grado académico que se obtiene:**

**Magister**

**b) Nombre del grado académico:  
Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación**

**g. Fecha de la defensa:        /        /**  
    **día    mes    año**

**h. Director de la Tesis (Apellidos y Nombres):**  
**Albornoz, Mario**

**i. Tutor de la Tesis (Apellidos y Nombres):**

**j. Colaboradores con el trabajo de Tesis:**

**k. Descripción física del trabajo de Tesis (cantidad total de páginas,  
imágenes, planos, videos, archivos digitales, etc.):**

**95 páginas**

**l. Alcance geográfico y/o temporal de la Tesis:**

**Argentina, 1997-2007**

**m. Temas tratados en la Tesis (palabras claves):**

**Biotecnología, Producción científica, Análisis bibliométrico**

**n. Resumen en español (hasta 1000 caracteres):**

**La biotecnología es una tecnología estratégica con una fuerte base en ciencia y un gran potencial para motorizar el crecimiento económico de una nación. Su característica de ser conocimiento científico intensiva hace posible estudiar, a través del análisis de la literatura científica doméstica generada, ciertos rasgos tangibles de las capacidades locales existentes para su desarrollo endógeno. Mediante un conjunto de indicadores bibliométricos, se presenta un panorama de la producción científica de la Argentina en el campo biotecnológico en el período 1997-2007, con especial énfasis en su visibilidad e impacto internacional. El análisis se basa en las publicaciones científicas recogidas en la base de datos multidisciplinar *Science Citation Index Expanded*. Los aspectos estudiados dan cuenta de la evolución temporal, el impacto, la visibilidad, la tipología documental, el idioma preferente de comunicación, los canales de difusión y las temáticas de los documentos publicados. Se**

presentan asimismo los patrones y la red de colaboración internacional identificada en la producción científica analizada.

**o. Resumen en portugués (hasta 1000 caracteres):**

A biotecnologia é uma tecnologia estratégica com uma forte base em ciência e um grande potencial para promover o crescimento econômico de uma nação. Sua característica de ser conhecimento científico intensivo torna possível estudar, por meio da análise da literatura científica nacional gerada, alguns traços tangíveis das atuais capacidades locais para o seu desenvolvimento endógeno. Usando um conjunto de indicadores bibliométricos, fornece uma visão geral da produção científica da Argentina no campo da biotecnologia, no período 1997-2007, com especial ênfase na sua visibilidade e impacto internacional. A análise é baseada em publicações científicas listadas no banco de dados multidisciplinar *Science Citation Index Expanded*. Os aspectos estudados representam tendências temporais, o impacto, visibilidade, tipo de documento, o idioma preferido de comunicação, os canais de difusão e a temática dos documentos publicados. Se apresentam também os padrões e a rede de colaboração internacional identificada na a produção científica analizada.

**p. Resumen en inglés (hasta 1000 caracteres):**

Biotechnology is a strategic technology with a strong scientific base and great potential to boost economic growth of a country. Its knowledge-intensive nature makes it possible to explore, through the analysis of domestic scientific literature generated, some tangible features of existing local capacities for its development. Using a set of bibliometric indicators, an overview of the scientific production of Argentina in the biotechnologic field in the period 1997-2007 is showed, with special emphasis on its international visibility and impact. The analysis is based on scientific publications listed in the multidisciplinary database *Science Citation Index Expanded*. Aspects analyzed help to realize about time development, impact, visibility, type of document, preferred language of communication, dissemination channels and the subject categories of the published documents. Patterns are presented as well as international collaboration network identified in scientific production analysis.

**q. Aprobado por (Apellidos y Nombres del Jurado):**

---

---

---

---

**Firma y aclaración de la firma del Presidente del Jurado:**

---

---

**Firma del autor de la tesis:**

---

## **Agradecimientos**

**A mis compañeras de trabajo Elba y Patricia por el apoyo recibido.**

**A mis compañeros de cohorte por los buenos momentos compartidos. Especialmente al trío Pablín (Juan, Cecilia y Fabiola) y a Diego y Martín. Por supuesto, tampoco me puedo olvidar de mencionar a Silvana, Darío, Raúl, Patricia, Rodolfo, Jéssica, Devora y Rodrigo**

**Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (ex SeCyT) por darme la posibilidad de disfrutar de una beca del “Programa de Formación para la Gestión de la Ciencia y la Tecnología en las Provincias” para cursar estos estudios.**

*A mi familia  
Juntos por siempre*

## Tabla de Contenido

<b>Abreviaturas .....</b>	<b>8</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>PARTE I. MARCO CONCEPTUAL</b>	
<b>1. Evaluación de la Actividad Científica .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Instrumentos de Evaluación del Desempeño Científico .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.1. Revisión por Pares .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1.2. Indicadores Bibliométricos.....</b>	<b>21</b>
<b>2. Investigación Bibliométrica en Biotecnología .....</b>	<b>26</b>
<b>3. Definición de Biotecnología.....</b>	<b>28</b>
<b>PARTE II. ESTUDIO EMPÍRICO</b>	
<b>1. Justificación de la Investigación .....</b>	<b>31</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1 Objetivo General .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>33</b>
<b>3. Limitaciones del Estudio .....</b>	<b>33</b>
<b>4. Fuentes de Datos .....</b>	<b>34</b>
<b>5. Delimitación del Campo de Estudio .....</b>	<b>37</b>
<b>6. Recolección de Datos .....</b>	<b>38</b>
<b>7. Consideraciones Metodológicas.....</b>	<b>40</b>
<b>8. Resultados.....</b>	<b>42</b>
<b>8.1. Producción Científica en Biotecnología en el Contexto Nacional.....</b>	<b>42</b>
<b>8.2. Producción Científica en Biotecnología en el Contexto Regional.....</b>	<b>45</b>
<b>8.3. Impacto Observado y Repercusión Relativa de la Producción Científica .</b>	<b>49</b>
<b>8.4. Visibilidad Científica .....</b>	<b>53</b>
<b>8.5. Visibilidad Científica Institucional .....</b>	<b>57</b>
<b>8.6. Tipo de Documento .....</b>	<b>62</b>
<b>8.7. Idioma de Publicación .....</b>	<b>64</b>
<b>8.8. Colaboración Científica Internacional.....</b>	<b>65</b>
<b>8.8.1. Red de Colaboración Internacional.....</b>	<b>73</b>
<b>8.8.2. Repercusión de la Producción Citable .....</b>	<b>74</b>
<b>8.8.3. Visibilidad de la Producción Citable .....</b>	<b>75</b>
<b>8.9. Dispersión de la Producción Científica .....</b>	<b>77</b>
<b>8.10. Producción Científica por Categoría Temática .....</b>	<b>79</b>
<b>9. Conclusiones .....</b>	<b>84</b>

<b>10. Bibliografía .....</b>	<b>86</b>
<b>Anexo I. Formato Registro bibliográfico SCI-E .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo II. Ventana de Citación Variable .....</b>	<b>94</b>
<b>Anexo III. Matriz de copublicación, 1997-2007 .....</b>	<b>95</b>

## **Abreviaturas**

<b>CyT</b>	<b>Ciencia y Tecnología</b>
<b>FI</b>	<b>Factor de Impacto</b>
<b>RICyT</b>	<b>Red Iberoamericana / Interamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología</b>
<b>SCI-E</b>	<b>Science Citation Index Expanded</b>

## **Países y Regiones**

<b>AR</b>	<b>Argentina</b>
<b>BR</b>	<b>Brasil</b>
<b>CL</b>	<b>Chile</b>
<b>MX</b>	<b>México</b>
<b>VE</b>	<b>Venezuela</b>
<b>AL</b>	<b>América Latina</b>
<b>UE-15</b>	<b>Unión Europea de los 15</b>

## **Instituciones Nacionales**

<b>ANLIS</b>	<b>Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud</b>
<b>CONICET</b>	<b>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas</b>
<b>INTA</b>	<b>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria</b>
<b>UBA</b>	<b>Universidad de Buenos Aires</b>
<b>UNC</b>	<b>Universidad Nacional de Córdoba</b>
<b>UNL</b>	<b>Universidad Nacional de Lanús</b>
<b>UNLP</b>	<b>Universidad Nacional de La Plata</b>
<b>UNMDP</b>	<b>Universidad Nacional de Mar del Plata</b>
<b>UNQ</b>	<b>Universidad Nacional de Quilmes</b>
<b>UNRC</b>	<b>Universidad Nacional de Río Cuarto</b>
<b>UNS</b>	<b>Universidad Nacional del Sur</b>
<b>UNSAM</b>	<b>Universidad Nacional de San Martín</b>
<b>UNSL</b>	<b>Universidad Nacional de San Luis</b>
<b>UNT</b>	<b>Universidad Nacional de Tucumán</b>

## **Unidades Ejecutores del CONICET**

<b>CEDIE</b>	<b>Centro de Investigaciones Endocrinológicas</b>
<b>CENPAT</b>	<b>Centro Nacional Patagónico</b>
<b>CERELA</b>	<b>Centro de Referencia de Lactobacilos</b>
<b>CIDCA</b>	<b>Centro de Investigaciones en Criotecnología de Alimentos</b>
<b>CIG (EN)</b>	<b>Centro de Investigaciones Genéticas</b>
<b>CINDEFI</b>	<b>Centro de Investigaciones en Fermentaciones Industriales</b>
<b>CIQUIBIC</b>	<b>Centro de Investigaciones en Química Biológica de Córdoba</b>
<b>IBONE</b>	<b>Instituto de Botánica del Nordeste</b>
<b>IBR</b>	<b>Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario</b>
<b>IBYME</b>	<b>Instituto de Biología y Medicina Experimental</b>
<b>IDEHU</b>	<b>Instituto de Estudios de la Inmunidad Humoral Profesor Ricardo A. Margni</b>
<b>IDIM</b>	<b>Instituto de Investigaciones Metabólicas</b>
<b>IIBBA</b>	<b>Instituto de Investigaciones Bioquímicas de Buenos Aires</b>
<b>IIB-INTECH</b>	<b>Instituto de Investigaciones Biotecnológicas-Instituto Tecnológico de Chascomús</b>
<b>IMASL</b>	<b>Instituto de Matemática Aplicada de San Luis</b>
<b>IMBICE</b>	<b>Instituto Multidisciplinario de Biología Celular</b>
<b>INGEBI</b>	<b>Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular</b>
<b>INBIOLP</b>	<b>Instituto de Investigaciones Bioquímicas de La Plata</b>
<b>INIFTA</b>	<b>Instituto de Investigaciones Físico-Químicas, Teóricas y Aplicadas</b>
<b>INQUIMAE</b>	<b>Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía</b>
<b>INSIBIO</b>	<b>Instituto Superior de Investigaciones Biológicas</b>
<b>IQUIFIB</b>	<b>Instituto de Química y Físico-Química Biológicas</b>
<b>PROIMI</b>	<b>Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos</b>

## **Introducción**

**Históricamente la biotecnología, entendida en un sentido amplio como la aplicación de organismos, componentes o sistemas biológicos para la obtención de bienes y servicios, comenzó desde los albores de la humanidad. El establecimiento de cultivos, la cría de animales, la transformación de alimentos (producción de cerveza, vino, yogurt, pan) y el procesamiento de hierbas para uso medicinal son actividades que fueron desarrolladas de un modo artesanal y empírico, sin base científica, ignorando la existencia de los microorganismos o de las leyes de la herencia.**

**La división entre la biotecnología tradicional y la biotecnología moderna se produce a mediados del siglo XX a partir de la propuesta de Watson y Crick (1953a, 1953b) de un modelo helicoidal para la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) y algunas implicaciones genéticas de la estructura sugerida, y de los experimentos de ADN recombinante realizados por Stanley Boyer y Herbert Cohen que culminan en 1973 con la inserción de un gen de sapo en el ADN plasmídico de una bacteria (Stanley *et al.*, 1973), creando así el primer organismo recombinante y dando inicio al desarrollo de la ingeniería genética.**

**Hoy día, la biotecnología va más allá de la manipulación genética, abarca una amplia área del conocimiento que surge de la investigación básica (genética, microbiología, biología celular, biología molecular, etc.), de la investigación aplicada (técnicas bioquímicas e inmunológicas, así como técnicas basadas en la electrónica y la física), y de otras tecnologías (purificaciones, fermentaciones, separaciones, control de procesos) (Muñoz de Malajovich, 2007). Se trata de un conjunto de tecnologías, no así de una disciplina científica o sector industrial, que interactúa en forma transversal con numerosos campos del saber y encuentra aplicaciones en muchas áreas de la actividad humana y muchos sectores industriales diferentes, permitiendo esencialmente a estos últimos un aumento de su productividad y competitividad y la diversificación de su producción.**

**Sus aplicaciones son múltiples, dándose en sectores variados como la agricultura, la alimentación, la medicina, la minería o el medio ambiente. Con**

**tal potencial que suele ser percibida como fuente de innovaciones disruptivas del estilo *schumpeteriano*. Se apoya en una superioridad decisiva en costos y calidad.**

**En base a los logros alcanzados en los sectores productivo y de servicios y un futuro promisorio (aunque rodeado por una cierta incertidumbre), muchos gobiernos han propiciado el desarrollo biotecnológico mediante diferentes políticas y la asignación de recursos para incrementar la competitividad de sus naciones. En la Argentina, las primeras acciones de gobierno más destacadas tuvieron lugar en la década de 1980 cuando se lanzó un Programa Nacional de Biotecnología y se establecieron proyectos de cooperación con Brasil, a través del Centro Argentino Brasileño de Biotecnología (CABBIO) (Dellacha, 2003). Desde la década de 1990 la biotecnología es considerada un área prioritaria de investigación y desarrollo experimental (I+D), siendo una clara muestra de ello su constante presencia como eje de acción en los Planes Nacionales de Ciencia y Tecnología.**

**Dada la fuerte impronta conocimiento intensiva de la biotecnología, la investigación científica fundamental y aplicada cumplen, principalmente la primera, un papel preponderante como impulsoras de su desarrollo. Asimismo, ambas labores se retroalimentan continuamente en un círculo cada vez más estrecho y acelerado. Como uno de los productos de esa actividad investigadora surge la publicación científica (*corpus* bien articulado de conocimiento codificado) para comunicar los hallazgos obtenidos. De esta manera, los descubrimientos y avances alcanzados quedan plasmados en escritos científicos y son difundidos por canales de comunicación formales e informales (revistas científicas, libros, congresos, reuniones científicas, etc.). Pues sólo a través de la comunicación, los nuevos hallazgos se ponen a disposición del resto de la comunidad científica para que valore la calidad de los mismos e incorpore al acervo del conocimiento.**

**Consiguientemente, teniendo en cuenta que la publicación científica es una existencia tangible del conocimiento y uno de los productos más representativos del quehacer científico, la pretensión de medir una faceta de la capacidad científica por medio del análisis métrico de la literatura producida es posible y válida (Price, 1973; van Raan, 2004).**

En general, sea cual sea la demarcación de la actividad investigadora - fundamentalmente del entorno académico- que se analice, los estudios métricos de la documentación científica se constituyen en un herramienta primordial y de gran importancia para caracterizar la investigación, su comportamiento e identificar indicios vinculados con su repercusión y contribución al progreso de la ciencia. Estos estudios suministran información objetiva para elaborar ciertos indicadores cuantitativos a emplear en procesos de evaluación de la actividad científica. En efecto, al ser los recursos destinados a ciencia y tecnología limitados, resulta vital contar con un conjunto de indicadores confiables, tanto cualitativos como cuantitativos, para valorar el rendimiento de los agentes científicos, juzgar qué tan bien fueron cumplidos los objetivos propuestos y tomar decisiones en política científica. Por otra parte, la productividad de investigadores, instituciones y naciones sólo se puede valorar a partir de resultados, siendo la publicación científica una forma de canalizarlos.

La utilización de publicaciones como insumo para analizar una de las facetas del desarrollo biotecnológico, la faceta de difusión de conocimiento, está ampliamente aceptada (Dalpé, 2002; Arundel, 2003; OECD, 2005; Albornoz, 2008a), ya que la investigación científica constituye la base fundamental sobre la que se apoyan las invenciones y mejoras biotecnológicas.

Por las razones mencionadas y por considerarse de gran interés, en la presente tesis se realiza una aproximación bibliométrica al análisis de la visibilidad y repercusión de la producción científica argentina en biotecnología, estimada a través de sus publicaciones en su vertiente internacional para un espacio temporal de once años. Específicamente, se aborda el problema ¿cuán visible es y qué impacto internacional tiene la producción científica argentina en biotecnología indizada en el *Science Citation Index Expanded* durante el período 1997-2007?. Conocer el comportamiento, la dinámica y la influencia de la literatura científica doméstica es algo necesario si se aspira a vislumbrar con mayor claridad la base científica que sustenta e impulsa el desarrollo biotecnológico endógeno.

En la primera parte del trabajo se aborda el marco conceptual en el que se engloba, se revisan algunas de las investigaciones bibliométricas realizadas

**sobre el campo biotecnológico y se presenta el concepto de biotecnología adoptado.**

**La segunda parte expone las características y limitaciones del material y método utilizado, y presenta las consideraciones metodológicas y los hallazgos del estudio cometido.**

## PARTE I. MARCO CONCEPTUAL

### 1. Evaluación de la Actividad Científica

La evaluación de la actividad se entiende como una necesidad indispensable para promover la calidad de la investigación en el mundo científico. Se trata de una condición imprescindible para el avance de la comunidad científica y es vital para el progreso de cualquier campo disciplinar. Ésta ha sido, y continua siendo aún con mayor énfasis, un elemento central en la vida de la ciencia. Al ser la evaluación un proceso social, la forma de llevarla a cabo es determinante para sus resultados.

La práctica de la evaluación de la investigación, entendida como la emisión de juicios de valor sobre el conocimiento producido, tiene su momento fundacional en el año 1665, cuando la *Royal Society of London for Improving Natural Knowledge* desarrolló un sistema de aprobación de manuscritos para su publicación en la revista científica *Philosophical Transactions*<sup>1</sup> (Zuckerman y Merton, 1977). Desde entonces, la obtención de la “certificación de calidad” y la declaración del conocimiento como válido ha sido parte consustancial de la ciencia. La evaluación de la investigación se ha desarrollado inicialmente en el marco del sistema de comunicación científica. La revisión por pares de los trabajos de investigación o de los méritos curriculares ha sido el mecanismo central que la comunidad investigadora ha empleado para la aprobación de publicaciones científicas, la categorización de personal académico, y también para el otorgamiento de premios y distinciones (Sanz Menéndez, 2004).

En una primera etapa, como se mencionó, los criterios utilizados para la evaluación de la investigación estaban asociados principalmente al mérito o a la calidad científica, ya fuese del científico, del documento producido o de la propuesta de investigación, y era la propia comunidad científica (los pares) la que daba sus opiniones y asesoraba las decisiones sobre la asignación de

---

<sup>1</sup> Recién en el año 1753 la *Royal Society* oficializó el sistema de revisión de manuscritos a través de la conformación de un *Committee on Papers*. Anteriormente, la labor de revisión de trabajos había sido competencia de los respectivos secretarios de la Sociedad, comenzando por el primer editor de la publicación, Henry Oldenburg (Kronick, 1990). El proceso de revisión adoptado por el Comité había sido utilizado previamente por la *Royal Society of Edinburgh* en 1731 (Spier, 2002).

fondos. Sin embargo, con el paso de los años, los gobiernos comenzaron a aceptar que sin progreso científico no hay posibilidad de asegurar la prosperidad de una nación y, en consecuencia, a interesarse más profundamente por la ciencia<sup>2</sup>, desarrollando nuevas formas de intervención estatal en la política de I+D. De esta manera surgieron otras finalidades sociales, propias de los intereses públicos, que tornaron más complejo el sistema de evaluación, incorporando en él nuevos criterios y actores<sup>3</sup> (Albornoz, 2003).

Desde entonces, en la medida en que el conocimiento científico es percibido como un valor estratégico, el interés por la evaluación de la investigación se ha extendido. Sobre todo, teniendo en cuenta el crecimiento de la ciencia, su dinámica competitiva, su incidencia en el desarrollo económico y social, y la disponibilidad de recursos limitados. Asimismo, si se tiene en cuenta que quienes (sectores público y privado) asignan recursos a las actividades científicas desean saber si se utilizan bien o no, las actividades científicas necesitan ser evaluadas para juzgar qué tan bien fueron cumplidos sus objetivos propuestos, el valor de sus resultados y qué elementos o circunstancias contribuyeron o impidieron el éxito. En definitiva, en este contexto, la investigación se evalúa para identificar las capacidades y deficiencias de la comunidad investigadora, para asignar de forma más eficiente los recursos y para justificar el gasto.

Entre los múltiples factores que han contribuido a la necesidad de una mayor selectividad en el proceso de asignación de recursos se pueden identificar los siguientes (King, 1987; Martín, 1996):

---

<sup>2</sup> El interés por la ciencia se vio acentuado a partir de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945). Un hito emblemático del rol de la investigación científica, con gran trascendencia mundial, fue el éxito del Proyecto Manhattan (1942-1945) en Estados Unidos, con el desarrollo de la primera bomba atómica.

<sup>3</sup> La evaluación pasa a constituir un instrumento para determinar la asignación de recursos, un mecanismo para cambiar estructuras organizativas y definir nuevos incentivos, o para evaluar los resultados en ciertas áreas científicas con relación a las necesidades nacionales y a otras dimensiones tales como relevancia o pertinencia social.

- **Incremento creciente en los costos de la investigación debido a su cada vez mayor complejidad y sofisticación<sup>4</sup>.**
- **Expansión de la ciencia, con la consiguiente aparición de nuevas áreas de investigación y disciplinas.**
- **Aumento de proyectos en colaboración, a menudo multidisciplinares, que requieren de coordinación.**
- **Acercamiento e interrelación entre la investigación básica y la aplicada, con aumento de investigaciones de naturaleza estratégica.**
- **Restricciones económicas, que obligan a elegir entre distintas disciplinas y propuestas de proyectos de investigación.**
- **Requerimiento de los gobiernos de una mayor rendición de cuentas en todas las áreas de gasto público<sup>5</sup>.**

La mayor selectividad trajo aparejada la “carrera por los recursos” donde, mediante procesos evaluativos sistemáticos, se vincula (con mayor o menor grado) el financiamiento a la calidad y valor de las aportaciones. Con esta vinculación se busca elevar la calidad de la investigación competitivamente, es decir, beneficiar con recursos a los agentes con el mejor desempeño y no dilapidar éstos en aquellos con un desempeño poco favorable o inactivos. A la postre, se pide calidad y valor por dinero. No obstante, esta asociación competitiva, si no se realiza con una mirada sistémica, puede traer una serie de consecuencias negativas ante las cuales tienen que estar atentos los encargados de la gestión científica. Entre ellas se puede mencionar, por ejemplo, que los diferentes agregados (investigadores, grupos, etc.) pueden adaptar intencionalmente su actuación científica (hábitos de publicación, líneas de investigación, etc.) a los requerimientos de la evaluación; y que los agregados débiles pueden ver seriamente limitada su capacidad de mejora y fortalecimiento si solo se recompensa teniendo como único criterio la excelencia. Resumidamente, la financiación de las actividades científicas en un marco de escases de recursos es evidentemente una tarea compleja donde confluyen una multiplicidad de intereses científicos y extra científicos.

---

<sup>4</sup> La actividad científica deja de ser vista como una actividad “barata”. Sumado a ello, no puede ofrecer retornos inmediatos a los inversores.

<sup>5</sup> El gasto en ciencia entra en seria competencia con otros ítems clave del presupuesto público.

Según el momento en que se realiza la evaluación de la actividad científica, ésta puede ser: *ex ante*, *in itinere* y *ex post*. La evaluación *ex ante* se usa en la fase de formulación del programa o proyecto de investigación con el objeto de proporcionar una evaluación previa que sirva como apoyo para la toma de decisiones respecto a qué es, a quién está dirigida la metodología, los aspectos a considerar, etc.<sup>6</sup>. Al ser la investigación una actividad incierta, esta evaluación es enormemente subjetiva y se basa en suposiciones sobre comportamientos y actos futuros teniendo como referencia la trayectoria previa de los investigadores. La evaluación *in itinere* proporciona información parcial durante el desarrollo e implantación de un programa o proyecto, lo que permite efectuar cambios y correcciones en función de los resultados de la evaluación continua. La evaluación *ex post* suele aplicarse a los resultados (y más recientemente a los impactos sociales<sup>7</sup>) de los procesos de investigación ya finalizados, realizando un análisis del modo en que los recursos y medios destinados han sido utilizados en comparación con los objetivos iniciales.

Por último es importante señalar que la actividad científica debe ser vista y entendida dentro del marco social en la que está inmersa, por lo que las evaluaciones del rendimiento científico deben ser sensibles al contexto socio-económico e histórico de la sociedad donde actúa. En consecuencia, la ciencia no debe medirse de igual manera en todas partes, sino en concordancia con la sociedad en la que se haya enmarcada y sus expectativas de desarrollo humano (Spinak, 1998).

### 1.1. Instrumentos de Evaluación del Desempeño Científico

Para evaluar el desempeño de científicos, grupos de investigación, instituciones, etc. se utilizan diversos procedimientos, entre los cuales, los

---

<sup>6</sup> La evaluación *ex ante* fundamentalmente está vinculada a la selección de prioridades de investigación. En este sentido, el juicio de expertos en esta instancia, además de ejercer el control sobre la calidad y valor potenciales del programa o proyecto de investigación, incide en la dirección del desarrollo del conocimiento en las diversas disciplinas y áreas científicas.

<sup>7</sup> En los últimos años se ha hecho énfasis en la identificación, medición y evaluación de los impactos sociales de la ciencia y la tecnología (CyT). Sin embargo, dado que el impacto social de la CyT es un fenómeno complejo y de difícil conceptualización, no existe un consenso acabado en como mensurarlo y evaluarlo (Albornoz, Estébanez y Alfaraz, 2005).

más empleados son los indicadores de calidad científica, basados en la revisión por pares, y los indicadores bibliométricos, basados en el análisis estadístico de los datos cuantitativos que brinda la literatura científica.

Dada las limitaciones o los sesgos de dichos procedimientos, como se verá más adelante, es conveniente que en la evaluación se emplee más de un indicador - cada uno de los cuales aludirá a un aspecto concreto del objeto a evaluar -, ya que la ciencia, al ser pluridimensional, no se puede valorar con un indicador simple, se necesita una variedad de ellos para brindar un enfoque equilibrado (Martin, 1996; Moravcsik, 1989). Por otro lado, el uso de una batería de indicadores parciales permite reducir el riesgo de que los actores los manipulen para su conveniencia. Martin (1996) expresa que cuando son aplicados diferentes indicadores es muy difícil, sino imposible, manipularlos sin que al mismo tiempo se esté mejorando la propia investigación.

Otro aspecto que complejiza aún más el proceso de evaluación del desempeño científico, independientemente del instrumento a utilizar, es el concepto de calidad científica. Existen muchas dificultades para determinar qué es un trabajo científico de calidad. En tal sentido, Maltrás Barba (2003) realiza una revisión de una variedad de significados y vocabularios empleados, y manifiesta que la calidad científica es una noción de múltiples dimensiones, lo que conlleva a hablarse de la calidad de un trabajo científico concreto desde una variedad de puntos de vista e intereses.

Martin (1996) diferencia entre calidad, importancia e impacto. La calidad refleja la superioridad o excelencia de una investigación (qué tan bien está hecha). No obstante, es más relativa que absoluta y está cognitiva y socialmente determinada. La importancia trata de evaluar la influencia o significación potencial del trabajo en la comunidad científica. El impacto describe la influencia real de la investigación sobre el colectivo científico.

De acuerdo con Sancho (1990) podemos distinguir entre calidad cognitiva, metodológica y estética. La primera se relaciona con la importancia del contenido específico de las ideas científicas. La segunda se relaciona con la precisión de métodos y técnicas empleados. La última, más subjetiva, se basa en el grado de atracción de fórmulas, modelos matemáticos, etc.

**La multidimensionalidad de la calidad científica hace prácticamente imposible operacionalizar el concepto, por ende, no se pueden encontrar indicadores que la midan directamente. Esto es así porque la calidad puede referirse a una variedad de valores, que además no están determinados con precisión.**

#### **1.1.1. Revisión por Pares**

**La mayoría de las medidas de calidad de la investigación han estado basadas tradicionalmente en la opinión de destacados investigadores en un campo de investigación en particular, por tanto, la evaluación de las actividades científicas está en manos de los propios investigadores. Es la llamada revisión por pares o *peer review*. En este sentido, es el método de evaluación (generalmente, *ex ante*) preferido por los propios científicos, dado que ellos son los más calificados para valorar la calidad de las investigaciones. Este proceso de revisión por colegas se ha empleado en evaluaciones de calidad llevadas a cabo para tres propósitos básicamente: asignar fondos a la investigación, determinar el proceso de control de calidad adoptado por las revistas académicas y determinar el desempeño de universidades y sus unidades académicas (Daniel, Mittag y Bornmann, 2007; Thomas y Watkins, 1998).**

**Respecto al primer propósito, las principales instituciones encargadas de distribuir los recursos tales como las agencias de promoción científica-tecnológica, consejos de investigación u organizaciones no gubernamentales, utilizan la opinión de expertos para determinar qué proyectos deberían financiarse en primer lugar y valorar el progreso de proyectos financiados.**

**En cuanto al segundo propósito, el juicio de expertos se utiliza para valorar la calidad de la investigación enviada a publicar, y juzgar de esta forma su importancia. Mediante este proceso, se determina qué ciencia entra al dominio público y dónde es publicada. El juicio por pares además, sirve como filtro a las contribuciones científicas de calidad, incidiendo en el desarrollo y dirección de las distintas ramas del conocimiento.**

Por último, la evaluación por pares se utiliza para valorar la calidad de la investigación realizada por las dependencias académicas universitarias y las instituciones en las que se realiza ciencia. El desarrollo, expansión y consolidación de la ciencia ha ocasionado que surjan conflictos con las demandas de la sociedad y del Estado, lo cual hace de la evaluación un buen instrumento para la asignación de recursos, determinar cambios en la forma de organización, definir nuevos incentivos y juzgar los resultados en áreas del conocimiento, identificadas como clave en la política científica de los países.

La principal dificultad que plantea la revisión por expertos se centra en la naturaleza subjetiva de éste método: la evaluación de colegas está basada en percepciones de científicos individuales sobre las contribuciones que otros han generado, percepciones que resultan de una complicada serie de procesos intelectuales y sociales, originadas en muchos casos por factores distintos de la calidad, la importancia o del impacto potencial de la investigación que se está evaluando. La organización de una revisión por colegas exige, por sí misma, una considerable experiencia y capacidad en actividades científicas (Moravcsik, 1989).

Al ser una actividad basada en la percepción, Maltrás Barba (2003, p. 46-48) menciona tres factores que considera claves para el éxito de esta evaluación y que resumen su carácter: paridad, pluralidad y anonimato.

Con la paridad, se establece un control interno en la ciencia, cuyas acciones y efectos derivados de este autocontrol deberán interpretarse tomando en cuenta los intereses, normas, valores y objetivos de la propia ciencia y sus agentes, el cual servirá para evitar interpretaciones sesgadas por el uso de algún indicador.

Con la pluralidad como rasgo, se pretende que no haya un único árbitro para alcanzar un veredicto confiable, sino que haya varios juicios independientes, persiguiendo con esto fiabilidad en la evaluación, y disminuir los posibles errores. Al mantener en el anonimato tanto la identidad del autor del trabajo como de los árbitros elegidos para evaluarlo, se protege la independencia de los juicios, y da lugar a que la pluralidad alcance los objetivos perseguidos.

**Con el anonimato se pretende asegurar un proceso limpio, y que todos puedan disfrutar de las mismas condiciones, juzgándose un documento o propuesta de investigación únicamente por su contenido intrínseco.**

**Respecto a la objetividad y fiabilidad de la evaluación en el arbitraje por colegas, Martin (1996) distingue tres problemas para alcanzar una valoración justa: por una parte las valoraciones por parte de los árbitros pueden ser influenciadas por presiones políticas y sociales dentro de una comunidad. Un segundo problema tiene que ver con que una contribución puede ser evaluada de formas muy distintas por árbitros localizados en diferentes estratos sociales, y con diferentes percepciones cognitivas. El tercer problema es que el juicio puede verse influenciado por el hecho de que ningún árbitro tiene información “completa” sobre el documento que evalúa.**

**El juicio de expertos ha planteado muchas formas de objeciones y ha supuesto el descontento entre los científicos debido a las desventajas que ocasiona (e.g., Brown, 2004; Campanario, 2002; Daniel, Mittag y Bornmann, 2007). Evaluar la calidad de una investigación es, cuando menos, compleja y sujeta a influencias “ambientales” tales como parcialidad al favorecer a científicos más visibles o disciplinas más antiguas, diferir de nuevos campos, o la dificultad de evaluar la investigación en el contexto de necesidades sociales y económicas, pero hoy por hoy es el mejor (o menos imperfecto) método de evaluar la calidad de la investigación (Daniel, Mittag y Bornmann, 2007). En países con una comunidad científica pequeña, este tipo de evaluación se torna todavía más compleja, porque son escasos los pares reales y abundantes los conflictos de intereses. Por eso, y para evitar fraudes, es necesario que esta forma de evaluación se combine con otro tipo de indicadores, por ejemplo indicadores bibliométricos (e.g., Moed, 2005; Thomas y Watkins, 1998; van Raan, 2000). En este sentido, los indicadores bibliométricos suponen un gran complemento para los revisores, permitiéndoles apoyar sus decisiones en datos objetivos.**

### **1.1.2. Indicadores Bibliométricos**

**Desde hace mucho tiempo las publicaciones científicas se han considerado un indicador cuantitativo apropiado del producto de la investigación, un**

**indicador entre muchos que pueden emplearse en una evaluación en particular. Esto se debe a que la documentación es el canal más prolífico y exitoso para la difusión del conocimiento científico, junto con su difusión oral por medio de acontecimientos programados (jornadas, congresos, conferencias) y comunicaciones personales.**

**El uso de los indicadores bibliométricos se basa en la premisa que el propósito inmediato de la investigación es generar nuevo conocimiento y que los científicos comparten sus resultados, para que adquieran valor y se reconozcan por parte de la comunidad científica, a través de diferentes medios y soportes, porque sólo así éstos podrán contribuir al avance de la ciencia. Esta actividad forma parte del sistema reconocimiento o recompensa de la ciencia del que hizo alusión el sociólogo Robert K. Merton.**

**Este autor manifiesta el rol de la comunicación como característica esencial de la ciencia de la siguiente manera:**

**“... para que la ciencia avance, no basta concebir ideas fructíferas, elaborar nuevos experimentos, formular nuevos problemas o establecer nuevos métodos. Las innovaciones deben ser efectivamente comunicadas a otros. A fin de cuentas, esto es lo que entendemos como *contribución* a la ciencia: es algo que se da al fondo común del conocimiento. En última instancia, la ciencia es un cuerpo de conocimiento socialmente compartido y convalidado. Para el desarrollo de la ciencia, sólo importa la obra efectivamente conocida y utilizada por los otros científicos inmediatamente.” (Merton, 1977, p. 567).**

**Las publicaciones son el vehículo por el cual un científico difunde su investigación. Por ende, cuanto más trabajos científicos publicados, tanto mayor es la cantidad de resultados científicos, de manera que aunque solamente de información sobre la cantidad y no la calidad, ayuda a discriminar aquellos científicos o agregados (grupos, departamentos, instituciones, etc.) que publican más o menos. Ahora bien, no todas las publicaciones suponen una contribución igual al desarrollo de la ciencia. De hecho sólo un pequeño porcentaje de ellas constituye una aportación mayor al progreso científico, mientras que la mayoría representa una pequeña aportación (Price, 1965; Seglen, 1992). Pero al trabajar con agregados suficientemente grandes (o documentos elegidos aleatoriamente) las**

diferencias de contenido en la producción científica (trabajos excelentes, buenos, regulares y malos) dejan de ser estadísticamente significativas. Por otro lado, si no se trabajara con agregados grandes o con una selección azarosa se presume que cada documento posee un mínimo grado de novedad y relevancia científica, puesto que ha superado un proceso de revisión por pares. Al respecto, Maltrás Barba (2003, p. 127) expresa que “*Los recuentos son una operación aditiva que supone que todas las publicaciones son equiparablemente portadoras de lo valiosa para la ciencia.*”.

Esta última presunción se basa en la autoregulación del sistema de publicación en la ciencia, donde es la misma comunidad científica (a través de pares revisores) la que certifica un umbral mínimo de valor a cada documento publicado en un canal formal<sup>8</sup>. A la postre, es la rigurosidad del sistema de arbitraje científico lo que determina el nivel de corte valorativo en razón del prestigio de la fuente donde se pretenden publicar los resultados de investigación<sup>9</sup>.

Por tanto, a la luz de lo expuesto y considerando que la comunicación escrita no es el único *output* del quehacer científico, es imprescindible enfatizar que la contabilización de publicaciones sólo es un indicador parcial de la actividad investigadora.

Adicionalmente a la perspectiva de recuentos de documentos, los indicadores bibliométricos tienen otra perspectiva que trata de analizar, indirectamente, el aspecto cualitativo de las publicaciones a través su impacto y difusión dentro de la comunidad científica. Este punto de vista se basa mayormente en el cómputo de las citas recibidas por los documentos o por las revistas donde están publicados. Una cita es una remisión o mención que un documento

---

<sup>8</sup> Por supuesto, este juicio valorativo no está exento de limitaciones (véase inicio anterior).

<sup>9</sup> La idea que subyace en el mecanismo de control y regulación es simple. Una revista de prestigio tiene una fuerza de atracción mayor sobre los autores que publican en su disciplina, lo que significa que aumentará la competencia por publicar en ella, lo que a su vez conduce a elevar los criterios de rigurosidad en la evaluación que aplican los revisores internos de la revista para aceptar nuevos trabajos.

recibe de otro<sup>10</sup> y, al margen de toda discusión o punto de vista sobre su significado, expresa que el documento que recibe la cita ha sido consultado y utilizado. Como manifiesta Ziman (1986), un documento científico no se encuentra aislado sino inmerso en la literatura del tema. Cada trabajo se apoya en otros anteriores y, a su vez, sirve de punto de partida de otros.

Con los indicadores bibliométricos se podrán determinar, entre otros, aspectos tales como el crecimiento y evolución de cualquier campo de la ciencia; el envejecimiento de los campos científicos; la temática y el carácter del conocimiento producido; las redes de colaboración entre los científicos, instituciones o países; el impacto y visibilidad de las publicaciones dentro de la comunidad científica internacional; el análisis y evolución de las fuentes difusoras de los trabajos; los hábitos de publicación de los investigadores; la dispersión de las publicaciones científicas entre las diversas fuentes; la productividad de autores o agregados, etc. (Maltrás Barba, 2003; Okubo, 1997; Sancho, 1990).

Sin embargo, en su empleo para la evaluación (*ex post*) de la actividad científica deben reconocerse una serie de premisas (Maltrás Barba, 2003; Okubo, 1997; Sancho, 1990):

- Los resultados de la mayoría de las investigaciones realizadas por los científicos y tecnólogos se transmiten a través de un proceso de comunicación escrita, en forma de publicaciones científicas y técnicas. Por tanto, los trabajos publicados componen uno de los productos finales de toda actividad científica y representan un indicador del volumen de investigación producido.
- Los documentos publicados son acopiados en forma abreviada en bases de datos bibliográficas. En consecuencia, la consulta a las bases de datos apropiadas es el método adecuado para obtener información sobre las publicaciones de cualquier campo del conocimiento.

---

<sup>10</sup> La definición expuesta sigue la convención establecida por Derek de S. Price, quien diferencia entre referencia y cita: si un documento R contiene una remisión bibliográfica utilizando y describiendo un documento C, entonces R contiene una referencia a C (carácter sincrónico) y C tiene una cita de R (carácter diacrónico).

- **Los recuentos de documentos miden la cantidad. La calidad queda exenta a una amplia variedad de valoraciones personales y científicas. No obstante, los indicadores bibliométricos pueden construirse como reflejos de calidad (impacto internacional).**
- **Los indicadores bibliométricos no tienen la misma relevancia y significación en todos los campos científicos.**
- **El prestigio de las fuentes bibliográficas donde se publican los resultados de las investigaciones representa una medida de la influencia que pueden ejercer los trabajos publicados en ella.**

**Algunos de estos supuestos están debidamente justificados en la mayoría de los casos y otros se verifican bien en algunos casos. Como ocurre en general, los indicadores bibliométricos son más eficaces cuanto más alto sea el nivel de agregación, pues así los resultados serán estadísticamente significativos. Para evaluar unidades pequeñas, como científicos individuales, la simple mensuración de las publicaciones científicas es, indiscutiblemente, insuficiente.**

**Martin (1996) atribuye a los indicadores bibliométricos dos características: parcialidad y convergencia. Parcialidad, esta característica se refiere a que cada uno de los indicadores únicamente muestra un aspecto de la evaluación que se realiza. Convergencia significa que los distintos indicadores concurren para proporcionar un conocimiento más completo de la actividad que se evalúa, por lo que se recomienda utilizar un gran número de indicadores en busca de evitar un conocimiento sesgado. Debido a que los hábitos de investigación que observan los investigadores en las distintas disciplinas, la información que proporcionan los indicadores en un campo dado son propios o “relativos” a la disciplina, y no es posible extrapolarlos a otra.**

**El empleo de indicadores bibliométricos por ser un método objetivo y susceptible de verificarse presenta una serie de ventajas respecto a otros métodos utilizados en la evaluación de la ciencia, pero, por supuesto, no está exento de limitaciones (Maltrás Barba, 2003; Okubo, 1997; Sancho, 1990, 2001).**

Respecto a utilidad de los indicadores bibliométricos como apoyo a los dictámenes de expertos, van Raan (1996, p. 413) opina que si los indicadores bibliométricos muestran un rendimiento pobre de la unidad de análisis pero los juicios de pares son positivos, entonces posiblemente la investigación de la unidad evaluada no está bien representada a través de los indicadores bibliométricos. En cambio, si los indicadores bibliométricos muestran un buen rendimiento y los juicios de pares son negativos es posible que los expertos se estén equivocando.

## **2. Investigación Bibliométrica en Biotecnología**

La fuerte base científica e importancia económica de la biotecnología propició que esta actividad sea objeto de análisis en múltiples estudios bibliométricos. Principalmente para analizar la generación y flujo de información científica, y para investigar la dinámica de invención e innovación del campo.

Rip y Courtial (1984) analizan el desarrollo y la estructura cognitiva del campo de la biotecnología aplicando el método de coocurrencia de palabras a los trabajos publicados en la revista *Biotechnology and Bioengineering* durante un espacio temporal de 10 años.

Nederhof (1988) estudia los efectos de un programa de estímulo para el desarrollo biotecnológico del gobierno holandés y compara sus efectos con los programas de cinco importantes naciones industrializadas. Para ello analiza la productividad científica de biotecnólogos holandeses y no holandeses así como el impacto de sus trabajos.

McCain (1995) investiga la estructura de I+D de la biotecnología empleando el método de aparición conjunta de clasificaciones temáticas a la producción científico-tecnológica recogida en *Derwent Biotechnology Abstracts*, y analizando los perfiles temáticos de las publicaciones y patentes indizadas en la mencionada fuente y producidas por 44 importantes organizaciones biotecnológicas.

Leydesdorff y Heimeriks (2001) estudian la estructura intelectual de la producción científica biotecnológica europea, a través de documentos canalizados en cinco revistas centrales del campo, y la comparan con la estadounidense y japonesa.

Dalpé (2002) realiza una revisión de estudios bibliométricos sobre biotecnología haciendo énfasis en la pertinencia de las fuentes de datos utilizadas, y estudia la investigación genética vegetal por medio de la producción cubierta en *Derwent Biotechnology Abstracts*.

Glänzel *et al.* (2003) examinan el estado del dominio biotecnológico de Flandes y evalúan sus fortalezas y debilidades en base a ciertos *outputs* del sistema de ciencia y tecnología, específicamente se centran en publicaciones científicas y patentes.

van Looy, Magerman y Debackere (2007) investigan la relación entre la intensidad científica de patentes, medida por el número de referencias a trabajos científicos, y la productividad tecnológica en el campo de la biotecnología para 20 países.

A nivel país, se puede mencionar trabajos bibliométricos sobre la actividad biotecnológica, tanto en su parte científica como tecnológica (patentamiento), de Canadá (Campbell *et al.*, 2005), España (Garcés Toledano, Montero Plata y Vega García, 2007; Genoma España, 2009; Plaza y Albert, 2004), Estados Unidos (McMillan y Hamilton, 2007) y Suecia (Sandström y Norgren, 2003). Exclusivamente desde el punto de vista de la producción científica, cabe citar trabajos sobre Corea del Sur (Kim, 2007), España (Fernández *et al.*, 2002), India (Sevukan y Sharma, 2008) y Sudáfrica (Molatudi y Pouris, 2006).

Recientemente, en el marco del “Inventario Diagnóstico de las Biotecnologías en Mercosur y comparación con la Unión Europea” para el Programa BIOTECSUR se analizan los resultados de producción científica y de patentes de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (Albornoz, 2008b; Albornoz, 2008c).

En particular para Argentina, la utilización de estudios métricos de la documentación científica para analizar dominios científicos de manera

sistemática es relativamente escasa. Sin embargo, en los últimos años el Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT), junto con algunos esfuerzos aislados e individuales, viene intentando suplir esa carencia, al menos en las áreas prioritarias de I+D. A raíz de ello, en 2008, se condujo un estudio bibliométrico del campo biotecnológico en cual se analiza la producción científica y tecnológica argentina en el contexto internacional (Albornoz y Barrere, 2008).

### 3. Definición de Biotecnología

El término *biotecnología* (*biotechnologie*), tanto en su gramática como en su significado, se atribuye al ingeniero agrónomo húngaro Karl Ereky. Si bien su primera utilización data 1917, el “nuevo campo” fue definido con claridad en su libro *Biotechnologie der Fleisch-, Fett- und Milcherzeugung im landwirtschaftlichen Grossbetriebe*, publicado en Berlín, Alemania, en 1919 (Fári, Bud y Kralovánszky, 2001). En esta obra, Ereky define la biotecnología como “métodos de producción que permiten la obtención de productos a partir de materia prima, mediante la intervención de organismos vivos” y expresa que “las criaturas vivas deben ser consideradas como máquinas biotecnológicas” (Holló y Kralovánszky, 2000, p. 153).

El advenimiento de la ingeniería genética en la década de 1970 originó una serie de intentos por redefinir el campo de la biotecnología. En sí, se buscaba diferenciar entre aquella concepción inicial, hoy tradicional, y la moderna. Esencialmente, reemplazando la expresión “intervención de organismos vivos” por “empleo de procesos celulares y moleculares” (Muñoz de Malajovich, 2007). Sin embargo, las nuevas definiciones terminaron superponiéndose y en variadas ocasiones reflejando la visión de los sectores profesionales predominantes.

La existencia de múltiples definiciones desarrolladas por instituciones, agencias y gobiernos pone en evidencia que no hay un consenso universal de qué es y qué no es biotecnología (Dhams, 2004). A fin de arribar a tal consenso, desde hace algunos años la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) encaró el desafío de lograr una definición de

**biotecnología que sea reconocida globalmente. Uno de los principales resultados de ese reto es el documento *A framework for biotechnology statistics*, publicado en 2005.**

**Teniendo en cuenta la complejidad y dificultad de definir el concepto, la OCDE planteó un enunciado único que cubre las posibles actividades del campo y complementó el mismo con una lista de técnicas biotecnológicas. En esta instancia es importante mencionar que a pesar de utilizar el término biotecnología en singular en realidad engloba, como se hizo alusión anteriormente, un conjunto de tecnologías.**

**El enfoque de la OCDE da cuenta de la biotecnología moderna, en oposición a los usos tradicionales de la utilización de organismos vivos en los procesos de producción. Por ese motivo, presenta de una definición única, deliberadamente amplia, que abarca a toda la biotecnología moderna pero también incluye algunas actividades tradicionales y otras de frontera, que acota a partir de una lista de técnicas de la biotecnología moderna.**

**La definición única de biotecnología es:**

**“La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimientos, bienes o servicios” (OECD, 2005, p. 9).**

**Esta definición general es acotada a la siguiente lista de técnicas biotecnológicas:**

**ADN (Ácido Desoxirribonucleico)/ARN (Ácido Ribonucleico): genómica, fármacogenética, sondas de genes, ingeniería genética, secuenciado/síntesis/amplificación de DNA/RNA, expresión genética copiadora y uso de tecnología contrasentido.**

**Proteínas y otras moléculas: secuenciado/síntesis/ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo grandes hormonas moleculares), métodos de entrega mejorados para medicamentos de grandes moléculas, proteómica, aislamiento**

**y purificación de proteínas, identificación de receptores/transmisores de señales celulares.**

**Cultivo e ingeniería celular y de tejidos: cultivo de células/tejidos, ingeniería de tejidos, hibridación, fusión celular, vacunas/estimulantes de inmunidad, manipulación de embriones.**

**Biotecnología de procesos: fermentación utilizando biorreactores, bioprocesos, biolixiviación, bio-producción de pulpa de papel, bio-blanqueado, bio-desulfuración, biofiltración y biorremediación.**

**Genes y vectores de ARN: terapia génica, vectores virales.**

**Bioinformática: construcción de bases de datos de genomas, secuencias de proteínas, y modelización de complejos procesos biológicos, incluyendo sistemas biológicos.**

**Nanobiotecnología: aplicaciones de herramientas y procesos de nano/microfabricación a la construcción de dispositivos para estudiar biosistemas y aplicaciones en entrega de drogas, diagnósticos, etc.**

## PARTE II. ESTUDIO EMPÍRICO

### 1. Justificación de la Investigación

La importancia y relevancia de una actividad compleja, intensiva en conocimiento y de gran valor estratégico para potenciar el crecimiento económico de una nación como es el caso de la biotecnología está bastante probada (e.g. Genoma España, 2009; MinCyT, 2010; van Beuzekom y Arundel, 2009). Es su utilización en la mejora o diseño de procesos o productos específicos, con aplicación en múltiples sectores (transversalidad), lo que acrecienta su valor. Las oportunidades que ofrece al sector al agroalimentario -mejora de la calidad nutritiva de los alimentos, tratamiento de plagas, resistencia a virus, tolerancia de cultivos a sequía y salinidad de los suelos, etc.-, al medioambiental -descontaminación con mayor selectividad y eficacia-, al farmacéutico (incluyendo la sanidad humana y animal), por ejemplo en la consecución de productos más baratos y seguros -hormona del crecimiento, insulina, test de diagnóstico, etc.-, convierte a la biotecnología en un área con enormes posibilidades de desarrollo.

En el caso de Argentina los desarrollos biotecnológicos conducen, principalmente teniendo en cuenta el perfil de especialización productiva del país, a dinamizar y revalorizar sectores económicos tradicionales tales como el agropecuario y el alimentario. El interés por esta actividad no es tan reciente como pareciera indicar el *boom* acaecido en los últimos años. Desde 1984, cuando se formuló un Programa Nacional de Biotecnología destinado a “brindar apoyo institucional y financiero a la I+D, formación y cooperación internacional en biotecnología” (Bercovich y Katz, 1990, p. 29), su presencia se ha mantenido (con mayor o menor énfasis) en las agendas públicas de CyT.

Al ser la biotecnología un campo guiado por una fuerte base en ciencia es indispensable identificar y caracterizar las capacidades científicas (y tecnológicas) existentes, que en definitiva son las que van a permitir directa o indirectamente la recepción, adaptación y, en el mejor de los casos, generación de desarrollos biotecnológicos endógenos.

Una de las maneras de conocer y estimar dichas capacidades es a través del análisis de los resultados del sistema de ciencia. Es en esta instancia donde los estudios métricos de la información científica cumplen un rol fundamental sobre uno de los productos de la actividad investigadora, las publicaciones científicas. Puesto que éstas recogen los resultados de investigación y sirven de medio de comunicación y diseminación del conocimiento codificado. Los indicadores bibliométricos aparecen aquí para proporcionar información orientativa sobre la cantidad, temática y carácter (básico o aplicado) de la actividad realizada. Al mismo tiempo, teniendo en cuenta que los resultados publicados han sido valorados por los propios científicos, el estudio de su comportamiento sirve para caracterizar y determinar de manera aproximada el uso, la repercusión, la relevancia y, en cierto modo, la calidad del conocimiento generado. Sin duda en el contexto local, al realizarse la mayoría de la actividad de I+D en institutos y universidades del sistema público de CyT, las publicaciones científicas cobran todavía mayor importancia como producto de investigación.

Por último, está investigación, a diferencia del trabajo realizado por Albonoz y Barrere (2008), amén de cubrir un período más amplio y enriquecer la expresión de búsqueda para la recogida de documentos, se focaliza en dos cuestiones no analizadas anteriormente, la visibilidad y la repercusión internacional de la producción biotecnológica argentina, es decir, se centra tanto en los aspectos cuantitativos como cualitativos de las publicaciones vistos desde la perspectiva de los indicadores bibliométricos. En definitiva, se pretende complementar el estudio previo y subsanar el déficit existente de información bibliométrica con el fin de ayudar a todos aquellos interesados en conocer el desempeño científico (gestores científicos, comités de evaluación) a tomar decisiones más informadas.

## **2. Objetivos**

El sentido de este trabajo es iniciar un acercamiento bibliométrico, desde sus perspectivas cuanti y cualitativa, a la actividad investigadora en biotecnología que tiene lugar en la Argentina en su vertiente más internacional.

## **2.1 Objetivo General**

**Analizar el dominio de la investigación científica argentina en biotecnología canalizada en las publicaciones indizadas en el *Science Citation Index Expanded* durante el período 1997-2007, haciendo especial hincapié en su visibilidad y repercusión internacional.**

## **2.2 Objetivos Específicos**

**Para alcanzar el objetivo general, se propone una serie de objetivos específicos:**

- ❖ **Explorar el crecimiento de la producción visible internacionalmente en biotecnología en el contexto local y regional.**
- ❖ **Estimar la posición relativa de la producción científica argentina en términos de visibilidad e impacto.**
- ❖ **Definir los patrones de comunicación científica de los investigadores argentinos.**
- ❖ **Identificar las redes de colaboración internacional.**
- ❖ **Determinar y caracterizar los centros más visibles internacionalmente.**

## **3. Limitaciones del Estudio**

**Como se hizo mención anteriormente, este estudio no trabaja con todos los resultados objetivables obtenidos en biotecnología por el sistema argentino de ciencia y tecnología. Se centra en los *outputs* obtenidos por la investigación del país canalizados en revistas científicas de la corriente principal de la ciencia (*mainstream science*), excluyendo por tanto, libros, informes técnicos, patentes y otros resultados propios de la investigación y la innovación tecnológica.**

El hecho de trabajar sólo con documentos que aparecen en canales formales de rango internacional, concretamente en este caso artículos científicos difundidos en publicaciones periódicas indizadas en la base de datos *Science Citation Index Expanded*, es una limitación, por un lado, atribuida a que el artículo científico es la unidad de comunicación certificada básica por excelencia, especialmente en las ciencias básicas y áreas experimentales (Moed, 2005, p. 119-136), y que las revistas cubiertas por esta fuente de información son aquellas más visibles internacionalmente y reconocidas por los estamentos argentinos dedicados a la evaluación de la producción científica; por el otro, es una limitación debida a la falta de bases de datos nacionales y regionales que recojan de manera normalizada, completa, exhaustiva y sistemática la producción doméstica, tanto a nivel unidisciplinar como multidisciplinar<sup>11</sup>. Esto conlleva a utilizar fuentes externas, no libres de sesgos, como alternativa viable para realizar estudios métricos de la literatura científica local.

#### 4. Fuentes de Datos

Considerando que la biotecnología abarca un entramado de conocimiento multi e interdisciplinario (de fronteras difusas) y que el estudio se centra en la producción argentina visible internacionalmente, se optó por utilizar la base de datos bibliográfica multidisciplinar *Science Citation Index Expanded (SCI-E)*, elaborada por la empresa *Thomson Reuters (ex ISI, Institute for Scientific Information)*, por varios motivos. Primeramente, registra los datos de filiación de los todos autores firmantes de los trabajos, con lo cual es posible recuperar la contribución nacional y hacer comparaciones con otras naciones. En segundo lugar, recoge una selección de las principales revistas científicas en ciencias naturales, exactas y médicas de todo el mundo, elegidas por estrictos criterios cuali y cuantitativos (Garfield, 1990; Testa, 2009). Por último, registra las referencias bibliográficas incluidas en los documentos y las citas que éstos reciben, permitiendo, entre otras cosas, determinar su impacto o influencia.

---

<sup>11</sup> Una excepción es la base de datos LILACS (Literatura Latinoamericana y del Caribe en Ciencias de la Salud) que comprende la literatura relativa a las ciencias de la salud publicada en las revistas de los países latinoamericanos.

Es bien conocido que esta herramienta presenta ciertas limitaciones y sesgos (Moed, 2005), pero algunos están ciertamente sobrevalorados. El predominio de publicaciones en idioma inglés no es un sesgo propio de la base de datos sino de la propia comunicación de la ciencia, ya que la lengua inglesa se ha convertido en la *lingua franca* de la comunicación científica, al menos para las ciencias fundamentales. Es evidente que este sesgo beneficia a países anglosajones y perjudica a naciones no angloparlantes que tienden a distribuir el grueso de su producción en su lengua de origen y, en menor medida, inglés (e.g. van Leeuwen *et al.*, 2001; Sandelin y Sarafoglou, 2004).

Otra de las objeciones generalizadas apunta hacia un sesgo en la cobertura de las revistas en términos de disciplinariedad y nacionalidad, a favor de la biomedicina y de los Estados Unidos. Sin embargo, Braun, Glänzel y Schubert (2000), al comparar la cobertura del *SCI-Journal Citation Report* con la del colectivo de revistas científicas del *Ulrich's International Periodicals Directory*<sup>12</sup>, demostraron que esto no es así a nivel macro. Por el contrario, la física, la química y las matemáticas son las disciplinas más sobrerrepresentadas y la presencia estadounidense, dado el volumen de revistas científicas que ostenta, está infrarepresentada en algunas áreas disciplinares.

Se puede decir que la situación de la producción científica de los países de menor desarrollo relativo cubierta por el SCI-E se asemeja a la punta de un iceberg, donde solamente está a la vista una parte pequeña de su tamaño real, pero por desgracia la base escondida varía de caso en caso, y es de difícil valoración. Es probable que lo más relevante de la producción científica latinoamericana se encuentre en la parte visible, mas no sería justo decir que el resto (que queda escondido en la base del iceberg) corresponde a un tipo de producción de dudosa calidad. Al contrario, hay varias razones para publicar en revistas locales de circulación más limitada (Rey-Rocha y Martín-Sempere, 1999; Russell, 2000). Sin embargo, incluso aunque la producción recogida en el SCI-E sea la punta del iceberg, se puede suponer que hay una relación entre la punta y la base. Más aún, el análisis de esa producción junto con el de patentes sirve como *proxy* para determinar el proceso de *catching up* de países en desarrollo (Albuquerque, 2004).

---

<sup>12</sup> El *Ulrich's International Periodicals Directory* es el mayor directorio de publicaciones periódicas del mundo.

**En definitiva, aunque la fuente de datos presenta un claro sesgo a favor de revistas en lengua inglesa y de los países del “centro científico”, su uso permite obtener una aproximación a la producción científica nacional más visible en su vertiente internacional (RICyT, 2007), pues la literatura que recoge es una muestra representativa de la actividad científica relevante a escala mundial. Asimismo permite realizar comparaciones confiables con otras naciones latinoamericanas de desarrollo socioeconómico similar. Un científico argentino tendría las mismas dificultades de publicar en revistas de la corriente principal que un científico brasileño o un científico mexicano, por ejemplo.**

**Por último, si se compara la presencia argentina en el SCI con la de algunas bases de datos especializadas más prestigiosas del mundo (MEDLINE, BIOSIS, CAB, COMPENDEX, INSPEC, Chemical Abstracts), se observa un comportamiento muy similar. Esto es evidente en los datos recolectados por la RICyT para el período 1990-2007 (RICyT, 2009a). Al relacionar los datos del SCI con los de las fuentes especializadas aludidas se obtienen niveles de correlación Pearson fuertes ( $r > 0,87$ , BIOSIS, COMPENDEX) y muy fuertes ( $r > 0,93$ , INSPEC, MEDLINE, CAB, Chemical Abstracts). Demostrando así que el comportamiento nacional en el SCI no difiere del resto de las bases de datos especializadas.**

#### *Journal Citation Reports*

**Para complementar la información de la producción doméstica registrada en el SCI-E con los datos relativos a la visibilidad y repercusión de las revistas científicas donde fue canalizada se empleó el *Journal Citation Reports*.**

**El *Journal Citation Reports (JCR)*, también desarrollado por Thomson Reuters, es una base de datos que brinda una serie de indicadores anuales para las revistas científicas más citadas en el mundo (incluidas en el *Science* y *Social Science Citation Index*). Cada año se publican dos ediciones: *Science Edition* para las revistas de ciencia y tecnología, y *Social Science Edition* para las de ciencias sociales. Entre los indicadores que presenta se encuentran el factor de impacto, el índice de inmediatez, las citas totales y la vida media de las citas.**

**La edición del JCR (*Science Edition*) se empleó para identificar los valores máximos de factor de impacto de cada categoría temática a la cual fue adscripta cada revista, así como los factores de impacto de cada una de las revistas donde se publicaron los trabajos de los investigadores argentinos durante 1997-2007.**

## **5. Delimitación del Campo de Estudio**

**Al encarar el estudio de la producción científica de una actividad conocimiento multi e interdisciplinario intensiva, como la biotecnológica, surge el problema relativo a cómo delimitarla y definirla de la forma más exhaustiva y precisa posible. Por supuesto, dicha decisión repercutirá sobre los resultados del análisis.**

**El SCI-E permite delimitar la actividad biotecnológica atendiendo a la clasificación de revistas en disciplinas, práctica frecuente en estudios bibliométricos, y al empleo de expresiones de búsquedas. Teniendo en cuenta que los investigadores pueden publicar sus resultados en revistas de distintas disciplinas, y en revistas de carácter general (*Science, Nature*, entre otras), la delimitación del campo biotecnológico basándose únicamente en las categorías temáticas de las revistas es insatisfactoria, puesto que brinda una visión incompleta, y no siempre representativa del total de la actividad realizada en el área.**

**Lewison (1999) manifiesta tal limitación para subcampos médicos con fronteras difusas. Su crítica principal radica que las metodologías que delimitan los campos considerando únicamente las revistas de la especialidad dejan fuera una importante cantidad de trabajos publicados en revistas no especializadas.**

**Por tanto, para superar esta barrera se optó por combinar una búsqueda por categoría temática de revistas con una búsqueda por palabras. De esta manera, el uso combinado de títulos de revistas y palabras clave aumenta la fiabilidad del estudio al proporcionar una mejor cobertura de la actividad objeto de análisis.**

## 6. Recolección de Datos

Consiguientemente, para recoger la producción científica argentina en biotecnología se elaboró una expresión de búsqueda en base a una serie de términos representativos de esa actividad derivados de a) la definición de biotecnología y la lista de técnicas biotecnológicas propuesta por la OCDE, y convalidada para la construcción de indicadores en el Mercosur (Albornoz, 2008), seleccionados originalmente por personal del CAICYT con la ayuda de expertos en el tema (Albornoz y Barrere, 2008); b) la lista de biotecnologías y procesos biotecnológicos propuesta por Dahms (2004, p. 276-277), elegidos con la asistencia de un genetista del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; y c) la búsqueda construida por Molatudi, Molotja y Pouris (2009) para estudiar la investigación bioinformática en Sudáfrica. Asimismo, se complementó la expresión con las revistas de la categoría temática del *JCR Biotechnology & Applied Microbiology*. Finalmente, se acotó la recogida de datos a documentos producidos por al menos un autor con afiliación en una institución argentina, buscando «Argentina» en el campo *Address (AD)*<sup>13</sup>, y al espacio temporal 1997-2007.

Términos seleccionados por el CAICYT:

antisense technology	RNA amplification
DNA amplification	RNA sequencing
DNA sequencing	RNA synthesis
DNA synthesis	subunit vaccine
gene delivery	viral vectors
gene expression profiling	virus like particle
gene probes	biodesulphurisation
gene therapy	biofiltration
gene vector	bioremediation
genetic engineering	biotechnology
metabolic engineering	genomics
micro array DNA	miRNA
micro array protein	nanobiotechnology

---

<sup>13</sup> Este campo comprende los campos *Author Address (C1)* y *Reprint Address (RP)*.

<b>microarray DNA</b>	<b>PCR</b>
<b>microarray protein</b>	<b>pharmacogenomics</b>
<b>peptide sequencing</b>	<b>phytoremediation</b>
<b>peptide synthesis</b>	<b>proteomics</b>
<b>protein engineering</b>	<b>RT-PCR</b>
<b>protein sequencing</b>	<b>siRNA</b>
<b>recombinant antigen</b>	<b>transcriptomics</b>
<b>recombinant protein</b>	

**Términos seleccionados de la lista de Dahms:**

<b>antisense molecules</b>	<b>metabolite profiling</b>
<b>automated genes</b>	<b>molecular evolution</b>
<b>directed mutagenesis</b>	<b>molecular markers</b>
<b>DNA delivery</b>	<b>molecular modeling</b>
<b>DNA profiling</b>	<b>protein expression profiling</b>
<b>DNA shuffling</b>	<b>recombinant DNA</b>
<b>edible vaccines</b>	<b>recombinant vaccines</b>
<b>embryo culture</b>	<b>somatic embryogenesis</b>
<b>embryo manipulation</b>	<b>transgenic organisms</b>
<b>functional genetics</b>	<b>transgenic protein production</b>
<b>gene amplification</b>	<b>ecogenomics</b>
<b>gene silencing</b>	<b>epigenomics</b>
<b>gene targeting technology</b>	<b>genotyping</b>
<b>genome analysis</b>	<b>metabolomics</b>
<b>gene trapping</b>	<b>metagenomics</b>
<b>haplotype profiling</b>	<b>nitrogenomics</b>
<b>knockout systems</b>	<b>nutrigenomics</b>
<b>metabolic networking</b>	<b>toxicogenomics</b>

**Nota de alcance de la categoría temática *Biotechnology & Applied Microbiology*:**

*“Biotechnology & Applied Microbiology includes resources that cover a broad range of topics on the manipulation of living organisms to make products or solve problems to meet human needs. Topics include genetic engineering; molecular diagnostic and therapeutic techniques; genome data mining;*

*bioprocessing of food and drugs; biological control of pests; environmental bioremediation; and bio-energy production. This category also covers resources that deal with the related social, business, and regulatory issues.” (Thomson Reuters, 2008)*

La búsqueda en el SCI-E se realizó el 10 de febrero de 2010 a través de la plataforma *ISI Web of Knowledge (WoK)*. Más precisamente, hubo que realizar varias consultas parciales, puesto que el sistema de recuperación de la WoK limita la expresión de búsqueda a no más de 50 términos separados por operadores booleanos. Los registros recuperados se descargaron completos y en formato texto plano<sup>14</sup>. Luego de eliminar los registros no correspondientes a autores argentinos y los duplicados, estos últimos por cierto solapamiento en la recogida de datos, los registros depurados se almacenaron para su posterior tratamiento bibliométrico.

Adicionalmente bajo el mismo procedimiento aludido, se descargó la producción científica biotecnológica de Brasil, Chile, México y Venezuela como referencia a fines comparativos. A nivel global, la contribución científica de estas 4 naciones junto con la argentina representa en promedio el 92% del volumen productivo de América Latina (AL) en la base de datos para el lapso 1997-2007. Teniendo en cuenta dicha representación, se utiliza la aportación agregada de los 5 países como variable *proxy* de la producción latinoamericana en biotecnología.

## 7. Consideraciones Metodológicas

Un aspecto metodológico importante es el tipo de recuento realizado. Cuando varios agentes publican en forma conjunta, siempre existe el problema de resolver la importancia relativa de cada contribuyente. En este trabajo para la asignación de los documentos a los distintos agregados se ha optado por el sistema de recuento total, según el cual se adjudica cada documento completo a todas y cada una de las instituciones o naciones firmantes del mismo. Se ha

---

<sup>14</sup> Ver Anexo I.

preferido este método al recuento fraccionado de documentos, en el crédito de autoría se divide por el número de instituciones firmantes, recibiendo cada una de ellas una parte proporcional del mismo, o al recuento por primer autor, en el que cada publicación se asigna a la institución del primer autor firmante. El sistema de recuento completo ofrece una visión completa y clara de la participación de cada entidad y no penaliza la colaboración. El inconveniente que presenta este método es la duplicación de documentos en los recuentos, que hace que las sumatorias sean superiores al total real de documentos.

La normalización de los datos de afiliación de los autores argentinos, esencialmente a nivel institucional, se realizó por medio del procedimiento desarrollado por personal del CAICYT (Albornoz y Barrere, 2008; CAICYT, 2005). Con esta normalización se buscó unificar las diferentes formas del nombre que pudieran figurar las instituciones para garantizar la correcta y uniforme asignación de documentos a las mismas.

Para el cómputo de citas se ha utilizado una ventana de citación variable. La ventana de citación son los años transcurridos desde la publicación del trabajo hasta la recopilación de las citas (febrero de 2010)<sup>15</sup>. Es decir que para los documentos del año 1997 la ventana de citación incluye desde 1997 a enero 2010 (13 años y un mes), mientras que para los documentos de 1998 la ventana comprende desde 1998 a enero 2010 (12 años y un mes) y así sucesivamente. Consecuentemente, no debe sorprender la evolución decreciente con los años del número de citas.

El factor de impacto (FI) empleado, como referencia en el estudio del período, ha sido el correspondiente al JCR del año 2006. El FI se define como el número de citas que en término medio reciben los documentos de una revista durante un período de tiempo determinado (2 años). Para 2006 se calcula dividiendo las citas que en dicho año han hecho las revistas fuente de los *Journal Citation Reports* de Thomson Reuters a los ítems citables (artículos, revisiones y comunicaciones a congreso)<sup>16</sup> de la revista X de los años 2004 y

---

<sup>15</sup> Ver Anexo II.

<sup>16</sup> Como ítems citables se identifica a aquellos tipos documentales que representan la contribución más sustantiva de una revista científica. En el contexto de los *Citation Indexes* son los tipos identificados como artículos (*articles*), revisiones (*reviews*) y comunicaciones a congreso (*proceedings paper*) (McVeigh y Mann, 2009).

**2005, por el total de ítems publicados por la revista X en esos dos años.**

$$FI\ 2006 = \frac{\text{Citas 2006 a documentos citables en 2004 y 2005}}{\text{Documentos publicados en 2004 y 2005}}$$

## **8. Resultados**

**En este apartado se presentan los resultados de la investigación descriptiva y cuantitativa llevada a cabo a partir de los datos obtenidos del *Science Citation Index Expanded*. El análisis realizado a la producción científica argentina en biotecnología ha permitido caracterizar su evolución temporal; el impacto observado y la repercusión relativa que generaron los documentos publicados; la visibilidad alcanzada según el prestigio de las fuentes de publicación; la tipología documental; el idioma preferente de comunicación; los patrones y la red de colaboración internacional; los canales de difusión; y las temáticas donde se distribuyó el conocimiento biotecnológico.**

### **8.1. Producción Científica en Biotecnología en el Contexto Nacional**

**En el período 1997-2007 la producción científica biotecnológica argentina recogida en la bases de datos SCI-E ascendió a 3.433 documentos, cifra que supone el 5,75% de la producción total de Argentina (AR) en el mismo espacio temporal (tabla 1). Esta participación experimentó un incremento de 1,28 puntos porcentuales, pasando del 4,95% en 1997-2001 al 6,23% en 2002-2007. El crecimiento de documentos con respecto al año base (1997) fue del 144% en el campo biotecnológico, mientras que el total nacional alcanzó el 60%.**

**Tabla 1. Evolución temporal de la producción científica total, 1997-2007**

Año	N.Doc.AR Biotecnología (a)	% Doc.AR Biotecnología	N.Doc.AR (b)	% Doc.AR	% (a/b*100)
1997	193	5,62	4.218	7,06	4,58
1998	214	6,23	4.429	7,41	4,83
1999	216	6,29	4.861	8,14	4,44
2000	262	7,63	5.120	8,57	5,12
2001	306	8,91	5.312	8,89	5,76
2002	329	9,58	5.589	9,36	5,89
2003	317	9,23	5.656	9,47	5,60
2004	332	9,67	5.687	9,52	5,84
2005	347	10,11	5.808	9,72	5,97
2006	446	12,99	6.295	10,54	7,08
2007	471	13,72	6.762	11,32	6,97
Total	3.433	100,00	59.737	100,00	5,75

Al analizar exclusivamente los documentos citables o primarios (tabla 2), aquellos de mayor relevancia para ser utilizados como referencia por otros científicos en futuros trabajos de investigación (artículos, revisiones y comunicaciones a congreso), la contribución en biotecnología asciende al 6,59% de la producción integral argentina, aumentando 1,42 puntos entre 1997-2001 (5,7%) y 2002-2007 (7,12%). Sin embargo, el crecimiento de documentos citables en relación al año base fue algo más leve en el campo de estudio (140%) y un poco mayor en el total argentino (64%) que el de la producción total. Esta diferencia de crecimiento entre los documentos totales y los primarios evidencia un incremento relativo mayor de documentos no citables en el área de análisis que en el total de Argentina.

**Tabla 2. Evolución temporal de la producción científica citable, 1997-2007**

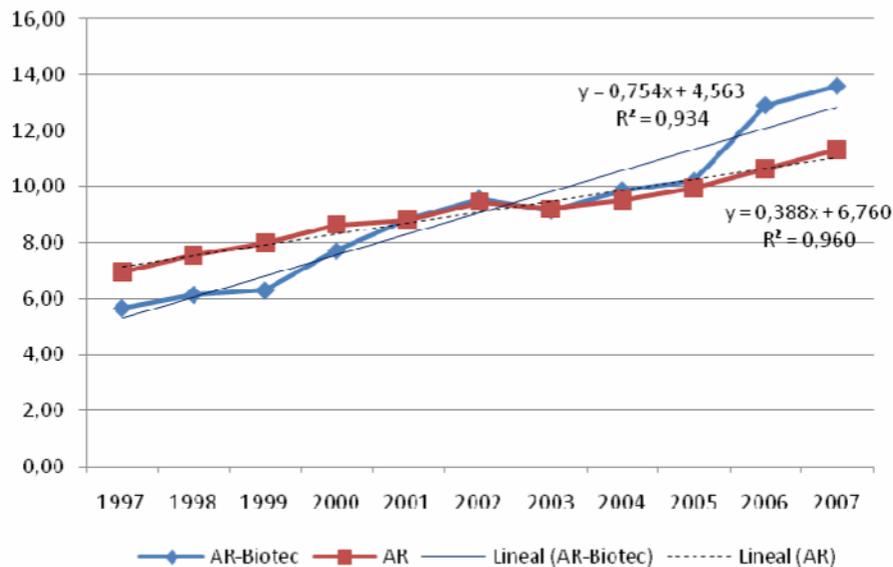
Año	N.Doc.Cit AR Biotecnología (a)	% Doc.Cit AR Biotecnología	N.Doc.Cit AR (b)	% Doc.Cit AR	% (a/b*100)
1997	189	5,67	3.502	6,93	5,40
1998	205	6,15	3.809	7,54	5,38
1999	210	6,30	4.025	7,96	5,22
2000	257	7,72	4.363	8,63	5,89

**Tabla 2. Evolución temporal de la producción científica citable, 1997-2007**  
(continuación)

Año	N.Doc.Cit AR Biotecnología (a)	% Doc.Cit AR Biotecnología	N.Doc.Cit AR (b)	% Doc.Cit AR	% (a/b*100)
2001	294	8,83	4.446	8,80	6,61
2002	319	9,58	4.781	9,46	6,67
2003	305	9,16	4.654	9,21	6,55
2004	329	9,88	4.812	9,52	6,84
2005	340	10,21	5.032	9,96	6,76
2006	430	12,91	5.385	10,65	7,99
2007	453	13,60	5.734	11,34	7,90
Total	3.331	100,00	50.543	100,00	6,59

En el gráfico 1 observamos mejor la dinámica de crecimiento a través de la evolución de la producción total porcentual de la biotecnología argentina con respecto al conjunto del país. Mientras que en gran parte de los años del período (1997-2005) las aportaciones biotecnológicas crecían a un ritmo más lento que la media argentina, a partir de 2006 se produce un despegue (12,99%) y se mantiene hasta 2007 (13,72%).

**Gráfico 1. Evolución temporal de la producción total porcentual, 1997-2007**



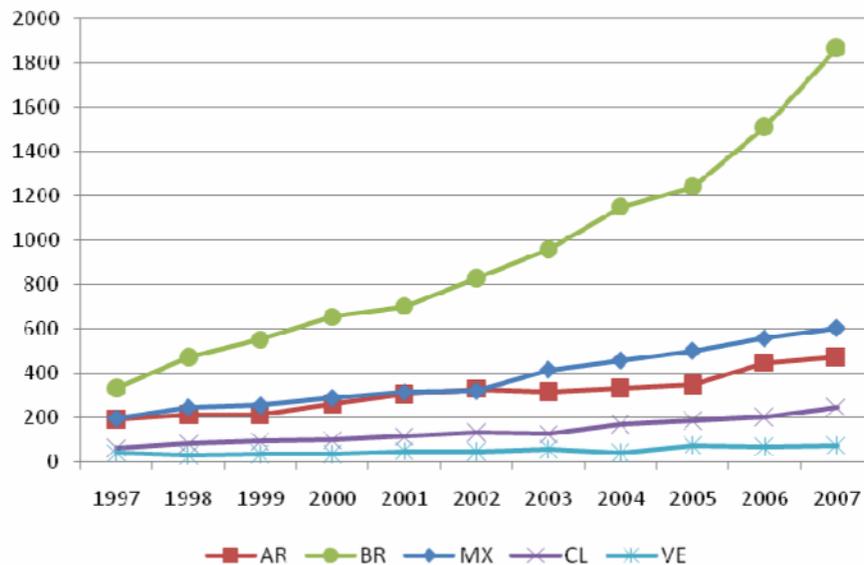
## **8.2. Producción Científica en Biotecnología en el Contexto Regional**

**El gráfico 2 muestra la evolución de la producción científica total en biotecnología nacional frente a la de Brasil (BR), Chile (CL), México (MX) y Venezuela (VE) en el SCI-E para los once años en estudio. Tal y como se advierte, Brasil es la nación más prolífica a lo largo de todo el período, seguida bastante por detrás por México y Argentina, y más aún Chile y Venezuela.**

**La producción brasileña acumula algo más de la mitad (51,56%) de los documentos totales de las 5 naciones recogidos en la base de datos. En 1997 su participación relativa era de un 40,27%, mientras que en 2007 alcanza un 57,27%, multiplicando su aportación bruta por 5,6. México, por su parte, pierde peso en la región, de aportar el 24,09% de la investigación biotecnológica al inicio del oncenio pasa al 18,53% al final del mismo, aunque experimenta un crecimiento del 205%. La contribución argentina sufre una muy importante caída en su participación porcentual regional, de contribuir con el 23,48% de los documentos en 1997 pasa al 14,45% en 2007.**

**Al comparar puntualmente la producción de Argentina con la de Brasil y de México, claramente se observa su pérdida de peso relativo. En 1997 la aportación nacional representaba el 58,31% y el 97,47% de la producción brasileña y mexicana, respectivamente. En el último año del período la producción argentina pasa a explicar tan solo el 25,23% de la de Brasil y el 77,98% de la de México. Asimismo, Argentina también pierde terreno ante la aportación chilena, inicialmente su producción equivalía al 311,29% de la Chile para pasar al 191,46% en 2007.**

**Gráfico 2. Evolución temporal de la producción científica total biotecnológica de Argentina comparada con la de Brasil, Chile, México y Venezuela, 1997-2007**



Si se acota el análisis a los trabajos primarios de los 5 países (96,36% de los documentos totales) los comportamientos nacionales antes descritos se mantienen prácticamente estables. Los datos de la tabla 3 muestran el crecimiento medio acumulado<sup>17</sup> de la producción científica total y citable para cada uno de los países. Es evidente que el esfuerzo argentino es inferior a la media latinoamericana, sobre todo por el más que importante crecimiento brasileño que imprime su impronta al bloque regional.

**Tabla 3. Crecimiento medio acumulado, 1997-2007**

	AR	BR	MX	CL	VE	AL
Doc.Totales	9,33	18,89	11,80	14,78	6,60	14,78
Doc.Citables	9,13	18,64	11,46	14,06	6,55	15,59

<sup>17</sup> Este indicador calcula la tasa porcentual media a la que la producción científica ha ido creciendo anualmente desde el primero al último año considerado.

Ahora bien, Brasil es la nación más productiva y que más crece de la región en el campo biotecnológico, pero hay que considerar que es la que más gasta en I+D en valores absolutos y relativos de AL (RICyT, 2009b, 2009c). Para poner en perspectiva el esfuerzo nacional, es necesario relativizar las cifras de publicaciones en función de ciertos *inputs* del sistema de ciencia y tecnología. A tal fin se determinó una aproximación a la productividad (número de documentos en biotecnología<sub>año</sub>/número de investigadores cada mil integrantes de la PEA<sub>año-1</sub>) y la eficiencia (número de documentos en biotecnología<sub>año</sub>/Gasto en I+D por investigador en miles de USD<sub>año-1</sub>)<sup>18</sup> de los dominios nacionales. Así medidas, la productividad da una idea de cuan productivos son los investigadores, mientras que la eficiencia estima cuan costosos son los trabajos científicos visibles internacionalmente<sup>19</sup>.

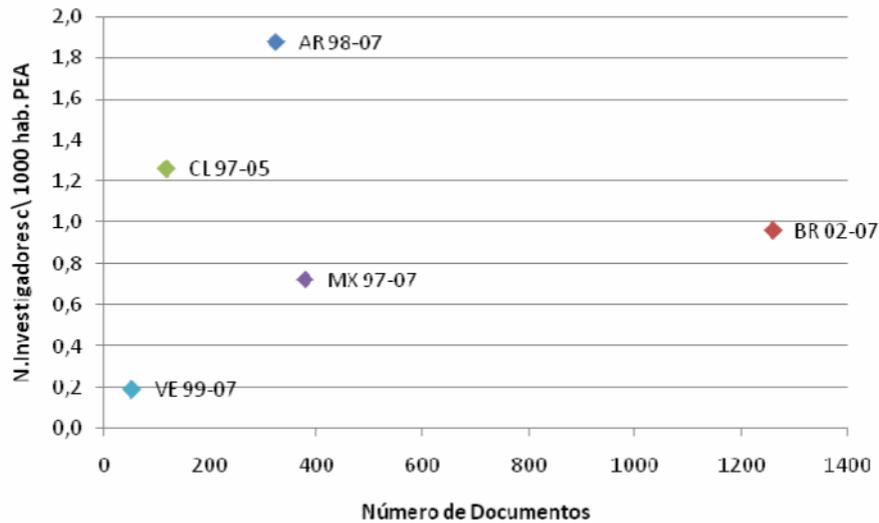
La posición relativa de cada país en relación a la productividad media pone de manifiesto que Brasil y México son las naciones que generan más publicaciones por número de investigadores EJC, es decir, las más productivas considerando los recursos humanos disponibles (gráfico 3). La ubicación Argentina, junto con la de Chile y Venezuela, refleja que a mayor cantidad de científicos mayor producción, pero sin expresar ninguna mejora en comparación a otro dominio.

---

<sup>18</sup> Los datos de investigadores cada mil integrantes de la PEA y de gasto en I+D por investigador fueron obtenidos de la RICyT (2009d, 2009e). En ambos indicadores se consideraron investigadores equivalentes a jornada completa (EJC). Respecto al gasto de I+D, se utilizó el gasto total efectuado, puesto que al ser la biotecnología un campo transversal y multidisciplinar es muy difícil determinar que parte de la erogación le corresponde.

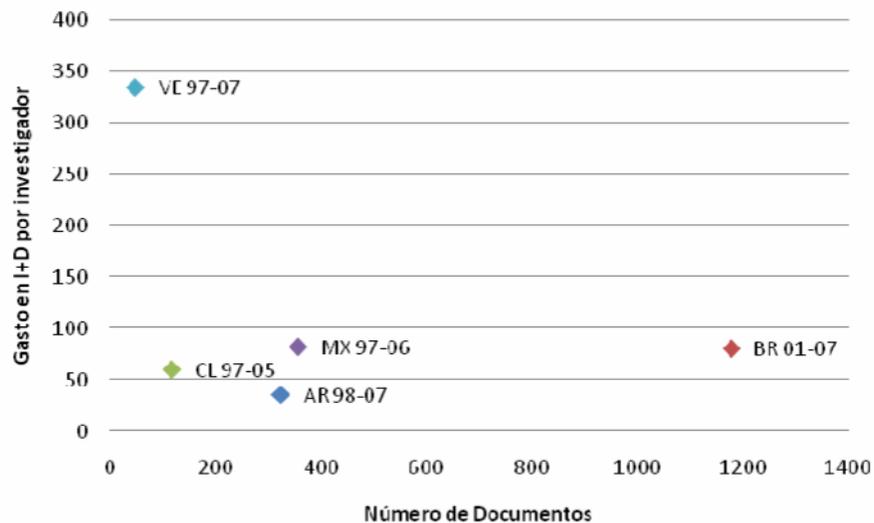
<sup>19</sup> Es preciso aclarar que en estas aproximaciones la productividad mide el costo del resultado publicado y no de la actividad científica en su totalidad; por su parte, la eficiencia mide el rendimiento de los recursos humanos disponibles en el sistema y no de los investigadores responsables de los documentos.

**Gráfico 3. Productividad media**



En la comparación de los países según su eficiencia media se puede advertir una mejor posición relativa de Argentina respecto a Chile y Venezuela (gráfico 4). Esto indica que los investigadores argentinos gastan menos por cada publicación científica producida (usan más eficientemente los recursos económicos). En tanto la ubicación de Brasil expresa que este país es más eficiente en términos relativos que México. A una tasa de gasto similar, los investigadores brasileños producen bastante más publicaciones científicas.

**Gráfico 4. Eficiencia media**



### **8.3. Impacto Observado y Repercusión Relativa de la Producción Científica**

**Anteriormente se contextualizó la posición nacional en términos de producción científica bruta y relativa. Aquí se hace énfasis en su impacto observado y repercusión relativa, medidos en número citas recibidas.**

**Antes de seguir es necesario señalar que los indicadores basados en citas parten del supuesto que las citas asociadas a un trabajo son un indicador parcial fiable de la importancia y utilidad del mismo y suponen un reconocimiento de su interés (Merton, 2000, Moed, 2005). No obstante, estos indicadores no están libres de controversias, máxime cuando se los quiere emplear (incorrectamente) como medidas directas de calidad<sup>20</sup>.**

**Argentina mantiene la misma ubicación regional en citación bruta (N.Citas) que en producción absoluta citable (N.Doc.Cit), ubicándose luego de Brasil y México (tabla 4). Naturalmente, a mayor volumen productivo de un país mayor es la propensión a recibir citas. Por ello, para comparar el rendimiento de las naciones se ha relativizado el número de citas con el número de documentos citables. Como se advierte, este indicador muestra un panorama regional distinto. La investigación mexicana en biotecnología obtiene la mayor repercusión internacional, seguida por la argentina, la chilena, la venezolana y, en último lugar, la brasileña. La última columna de la tabla refleja la repercusión normalizada (RN), calculada como la media de citas por trabajo del país dividida por el número medio de citas por trabajo de Latinoamérica del campo científico en estudio. El valor del indicador superior a 1 denota que los documentos de los investigadores de la nación observada están siendo citados por encima del promedio regional en biotecnología.**

---

<sup>20</sup> Moed (2005) y Bornmann y Daniel (2008) realizan una extensa revisión y discusión sobre este tema.

**Tabla 4. Impacto observado y repercusión relativa de la producción científica citable, 1997-2007**

	N.Doc.Cit (a)	N.Citas (b)	b/a	RN
BR	9.894	115.933	11,72	0,94
MX	3.992	59.048	14,79	1,19
AR	3.331	42.386	12,72	1,03
CL	1.464	17.594	12,02	0,97
VE	505	5.961	11,8	0,95
AL	18.705	232.188	12,41	1,00

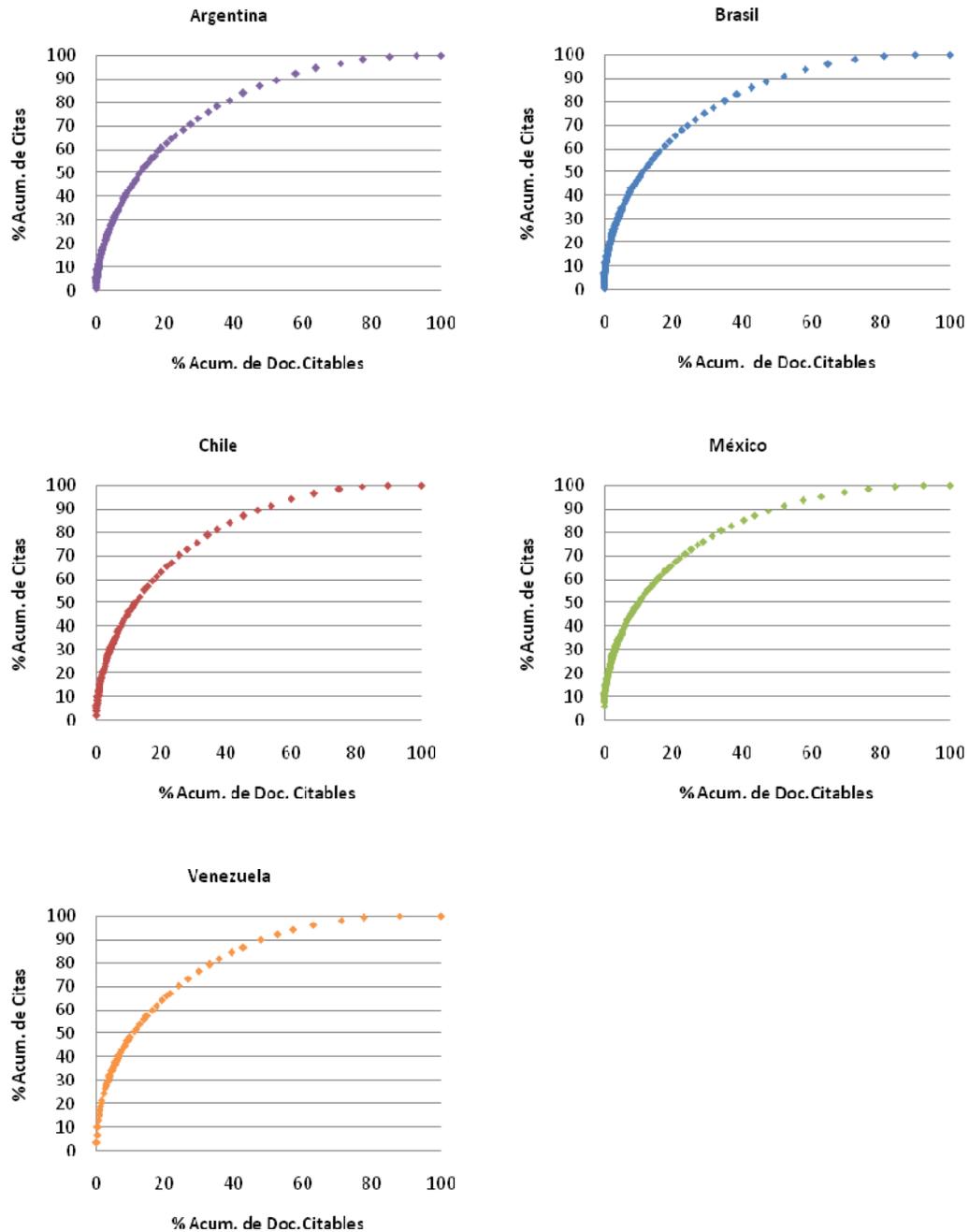
El número de documentos de AL es menor a la sumatoria porque existe colaboración entre investigadores de diferentes países.

Dado que las distribuciones de citas son muy asimétricas (Seglen, 1992), claramente ilustrado en el gráfico 5 para la producción citable biotecnológica de cada una de las cinco naciones (20% de los documentos explican algo más del 60% de las citas recibidas), se calculó el estimador M de Huber. Este estimador es una medida estadística robusta menos sensible a los valores extremos que la media aritmética. Asimismo, se determinó la proporción de documentos no citados y altamente citados. Esta identificación ayuda a indagar y entender un poco más los indicadores de impacto y repercusión calculados.

La importancia de los documentos altamente citados (*highly cited papers*) radica en que permiten identificar aquellos agentes (en este caso países) que están generando trabajos muy significativos desde la perspectiva del impacto. Por documentos altamente citados (DAC)<sup>21</sup> se entiende en este estudio aquellos documentos que han recibido más de 10 veces la media de citas de la producción primaria de AL en el campo de la biotecnología, o sea documentos que superan las 124 citas. El umbral definido es, por supuesto, de alguna manera arbitrario.

<sup>21</sup> Hay varias explicaciones de qué cuenta como documento altamente citado. Fundamentalmente dos criterios diferentes pueden ser identificados, involucrando umbrales absolutos y relativos (Aksnes, 2003). Es importante señalar que al usar una ventana de citación variable los trabajos publicados a comienzos del período estudiado han tenido más posibilidad de ser citados, en consecuencia, de ubicarse en esa "élite" de documentos muy influyentes en la comunidad científica.

**Gráfico 5. Distribución de citas en los documentos primarios en biotecnología, 1997-2007**



Los datos de la tabla 5 brindan luz en varios aspectos. En primero lugar, se observa una reducción de los valores medios de citas ( $M_{est}$ ), ahora más próximos a los de la mediana ( $M_d$ ). No obstante, México, Argentina y Chile, en

**orden descendente, se mantienen en las primeras posiciones del impacto observado, aunque se atenúa la distancia entre ellos.**

**En segundo término, la producción primaria argentina presenta la menor proporción de documentos sin citas (7,05%). Esto indicaría que la producción nacional en biotecnología, en términos generales, es la que ha despertado mayor interés en la comunidad mundial.**

**Por último, al analizar los DAC advertimos varias cuestiones interesantes referidas a su influencia en los valores medios de los indicadores nacionales de citas exhibidos previamente. No menos del 0,45% de los documentos citables acumula el 7,7% o más de las citas recibidas. Por consiguiente, si no se tuvieran en cuenta los DAC los promedios de citas variarían (decrecerían) considerablemente. Esta situación no es propia de la producción de los países de América Latina sino de la ciencia mundial.**

**Argentina tiene una aportación relativa de DAC bastante baja y la menor de citas acopiadas por estos trabajos. Esto evidencia que la investigación nacional muy citada, además de comparativamente tener menos peso porcentual, no ha avivado tanta atención como la del resto de las naciones. Desde otro punto de vista, se puede decir que las publicaciones domésticas presentan una distribución de citas no tan asimétrica, al menos en su participación de DAC. En otras palabras, el número de citas conseguido por este tipo de trabajos no ha sido tan determinante del impacto real obtenido por la contribución nacional primaria.**

**La producción venezolana revela una situación opuesta a la argentina. Su impacto observado está fuertemente sesgado por la influencia de los DAC, expresado éste en una alta concentración de citas en este tipo de documentos (17,48%). Por otro lado, Venezuela presenta el mayor porcentaje de documentos no citados (12,08%).**

**México, después de Venezuela, presenta la proporción de DAC más elevada y una situación atípica con dos documentos extremadamente citados (3.551 y 1.053 citas). La citación del documento más influyente es tan intensa que acumula el 6% de las citas. Sin duda, son dos trabajos sumamente relevantes**

ya que la alta citación refleja su excelente recepción en la comunidad científica.

**Tabla 5. Impacto observado robusto y presencia de documentos sin citas y altamente citados en la producción primaria biotecnológica, 1997-2007**

País	M <sub>est</sub>	Md	N.Doc.Cit		N.Citas		N.DAC	% DAC	N.Citas	
			No Citados	% Doc.Cit No Citados	Doc más citado	% Citas Doc más citado			DAC	% Citas DAC
MX	7,78	7	308	7,72	3.551	6,01	27	0,68	9.383	15,89
AR	7,72	7	235	7,05	432	1,02	15	0,45	3.258	7,69
CL	7,23	6	153	10,45	395	2,25	7	0,48	1.571	8,93
BR	6,82	6	985	9,96	707	0,61	56	0,57	13.239	11,42
VE	6,76	6	61	12,08	224	3,76	6	1,19	1.042	17,48

#### 8.4. Visibilidad Científica

Obtener visibilidad es una característica deseable para todo producto de investigación comunicado a través un canal formal. En el contexto de la comunicación científica, dicha visibilidad se asocia al prestigio del medio en el que se han canalizado los resultados científicos. En tal sentido, al conocer la revista de publicación se puede medir estimativamente la visibilidad internacional y el impacto esperado de los documentos difundidos en ella. Indudablemente, existe una relación de crecimiento proporcional entre la reputación de la fuente y su grado de visibilidad. Sin embargo, ambas características no son representativas del impacto real de todos los trabajos publicados en una revista.

Esencialmente, el hecho de publicar en revistas de prestigio, mensurado éste por el FI, pone de manifiesto la capacidad de los científicos para superar estrictos controles de calidad y para incluir sus trabajos en las mejores revistas de sus disciplinas. Pero es necesario remarcar que publicar en revistas de alto factor de impacto no equivale a publicar investigaciones exitosas. El éxito científico se alcanza cuando los hallazgos comunicados cumplen un papel importante en el debate científico, es decir, cuando los

**resultados son juzgados favorablemente por la comunidad a través de trabajos posteriores<sup>22</sup>.**

**Como el FI viene condicionado por los hábitos de publicación y citación propios de cada disciplina, es inviable el contraste de los valores absolutos de este indicador. Por tanto, para superar este problema, se utiliza la posición de la revista en relación con el resto de publicaciones de la categoría temática en el JCR. La normalización consiste en dividir el listado de publicaciones (ordenadas por FI decreciente) de cada temática en cuatro partes iguales, denominando a la primera parte cuartil 1 (Q1), a la segunda cuartil 2 (Q2), y así sucesivamente. El hecho de publicar en el cuartil 1 de una disciplina se considera un indicador de alta visibilidad (indicio de calidad), puesto que la revista es muy prestigiosa. En los casos en que una revista pertenece a varias disciplinas y por lo tanto, ocupa distinta posición en cada una de ellas, se ha tomado aquella en la que está mejor posicionada.**

**Los investigadores argentinos se caracterizan por publicar mayoritariamente en revistas del primer cuartil (Q1) (tablas 6 y 7), es decir, en revistas que se encuentran entre el 25% de mayor impacto de sus respectivas categorías temáticas. En total se han publicado 1.290 documentos citables en el Q1, un 38,73% de la producción primaria nacional. El segundo cuartil (Q2) también ocupa un lugar significativo con 958 documentos que suponen el 28,76%, entre ambos abarcan las dos terceras partes del total. En el análisis de los cuartiles se puede distinguir una tendencia positiva de crecimiento bruto y, en líneas generales, de crecimiento relativo de los documentos publicados en el Q1 y Q2. Esto señala que hay una evolución en alza del esfuerzo de los investigadores argentinos por canalizar sus contribuciones en revistas de gran reputación.**

---

<sup>22</sup> La calidad juzgada en el proceso de selección de manuscritos es independiente de la contribución efectiva que suponga finalmente una investigación.

**Tabla 6. Distribución de documentos citables argentinos por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 1997-2007**

Cuartil	Número de Documentos Citables											
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
Q1	69	64	81	85	128	126	120	107	150	186	174	1.290
Q2	44	59	58	75	69	85	96	106	107	128	131	958
Q3	54	56	43	55	54	68	56	72	47	69	99	673
Q4	22	26	28	42	43	40	33	44	36	47	49	410

**Tabla 7. Porcentaje de documentos citables argentinos por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 1997-2007**

Cuartil	% de Documentos Citables											
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
Q1	36,51	31,22	38,57	33,07	43,54	39,50	39,34	32,52	44,12	43,26	38,41	38,73
Q2	23,28	28,78	27,62	29,18	23,47	26,65	31,48	32,22	31,47	29,77	28,92	28,76
Q3	28,57	27,32	20,48	21,40	18,37	21,32	18,36	21,88	13,82	16,05	21,85	20,20
Q4	11,64	12,68	13,33	16,34	14,63	12,54	10,82	13,37	10,59	10,93	10,82	12,31

La tabla 8 presenta el desempeño relativo argentino comparado con el de Brasil, Chile, México y Venezuela para el oncenio en estudio. En primer lugar, se advierte que los investigadores de las 5 naciones tienden a publicar predominantemente sus trabajos citables en revistas de alto factor de impacto dentro de sus correspondientes categorías temáticas. México y Argentina son los países con mayor visibilidad internacional, concentrando en revistas del cuartil 1 el 39,49% y el 38,73% de sus documentos respectivamente. Un poco más atrás aparece Chile con el 35%. Si combinamos los pesos relativos de los cuartiles de máxima visibilidad (Q1 y Q2), las posiciones de los 3 países aludidos se mantienen en el mismo orden.

**Tabla 8. Distribución porcentual de documentos citables de Argentina, Brasil, Chile México y Venezuela por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 1997-2007**

Cuartil	% de Documentos Citables				
	AR	BR	CL	MX	VE
Q1	38,73	32,36	34,99	39,49	30,77
Q2	28,76	23,32	27,40	28,38	27,33
Q3	20,20	25,49	14,70	20,38	21,26
Q4	12,31	18,84	22,91	11,75	20,65

Para determinar si existe o no correspondencia entre la visibilidad alcanzada por las fuentes y el impacto observado en los documentos difundidos en ellas, se calculó el número medio de citas por documento según el cuartil de publicación. En la tabla 9 se observa que los países analizados evidencian el mismo patrón: a mayor visibilidad de la revista mayor es el número medio de citas por documento. Por ende, esto sugeriría que, en término de citas recibidas, las investigaciones publicadas en las fuentes más prestigiosas tienden a tener más influencia en la comunidad científica que aquellas publicadas en revistas no tan reconocidas. En otras palabras, un mejor posicionamiento de la producción en los cuartiles 1 y 2 favorece positivamente su repercusión, constituyendo un indicio muy orientativo de una mejora en la calidad de la investigación realizada.

**Tabla 9. Citas por documento citable según cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 1997-2007**

Cuartil	Citas por Documento Citable				
	AR	BR	CL	MX	VE
Q1	18,42	20,40	20,58	24,40	20,48
Q2	11,65	11,47	9,58	11,46	12,92
Q3	8,51	7,30	7,99	7,36	5,65
Q4	4,22	3,62	3,65	4,02	4,73

### **8.5. Visibilidad Científica Institucional**

Con el objeto de vislumbrar a nivel meso la visibilidad de la actividad científica nacional según la posición relativa de prestigio de las revistas de publicación, se desagregó la producción citable por institución de afiliación de los autores firmantes de los documentos. Las tablas 10 y 11 presentan la distribución por cuartil de los trabajos primarios de las instituciones argentinas que publicaron más de 50 documentos durante el período 2000-2007<sup>23</sup>.

A simple vista se observa que todas ellas pertenecen al sistema público de CyT, reafirmando los hallazgos de que la ciencia argentina en general (CAICYT, 2005) y la generación de conocimiento biotecnológico en particular (Albornoz y Barrere, 2008) se sostiene por la contribución de la actividad científica pública.

De estas 15 instituciones más activas, que produjeron el 92% de los trabajos citables argentinos, se destacan especialmente 2 de ellas que publicaron más de 300 documentos en el Q1: CONICET y UBA. También se pone de manifiesto como 11 instituciones difunden preponderantemente sus documentos primarios en el primer cuartil, de este subconjunto además 7 obtienen porcentajes superiores a la media nacional (39%). Respecto a este umbral de documentos en el Q1, hay que señalar a la Universidad Nacional de Rosario (UNR) con el 59,29% como la institución con mayor visibilidad y a las otras 6 como instituciones con un grado de visibilidad destacable. En orden descendente éstas son la Universidad Nacional de Lanús (UNL), la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), la Universidad de Buenos Aires (UBA), la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y el CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

Al combinar los cuartiles 1 y 2 se advierte que la Universidad Nacional de San Martín (USAM), la UNR y la UNL, en ese orden, concentran más del 80% de sus documentos en revistas de elevado índice de impacto. Mientras que en el

---

<sup>23</sup> Por cuestiones metodológicas referidas a la correcta normalización de los datos de afiliación de los investigadores vinculados al CONICET, se acotó el análisis a este subperíodo.

lado contrario, la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), la Administración Nacional de Laboratorios e Institutos de Salud (ANLIS), la Universidad Nacional de Tucumán (UNT) y la Universidad Nacional de Quilmes (UNQ) publican no menos del 40% de sus investigaciones en fuentes de menor prestigio internacional (Q3 y Q4).

**Tabla 10. Distribución de documentos citables de instituciones argentinas por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Instituciones con más de 50 documentos**

Institución	Número de Documentos Citables			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CONICET	854	657	396	217
UBA	301	230	115	82
UNLP	87	101	56	56
INTA	98	73	36	31
UNR	83	34	14	9
UNC	44	38	29	11
ANLIS	33	32	33	21
UNT	34	33	36	12
UNL	47	32	15	4
UNSL	39	15	18	16
UNQ	27	19	20	12
UNS	27	25	18	3
UNMDP	26	17	13	7
UNSAM	23	30	6	2
UNRC	12	12	18	9

**Tabla 11. Porcentaje de documentos citables de instituciones argentinas por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Instituciones con más de 50 documentos**

Institución	% de Documentos Citables			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CONICET	40,21	30,93	18,64	10,22
UBA	41,35	31,59	15,80	11,26
UNLP	29,00	33,67	18,67	18,67
INTA	41,18	30,67	15,13	13,03
UNR	59,29	24,29	10,00	6,43

**Tabla 11. Porcentaje de documentos citables de instituciones argentinas por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Instituciones con más de 50 documentos (continuación)**

Institución	% de Documentos Citable			
	Q1	Q2	Q3	Q4
UNC	36,07	31,15	23,77	9,02
ANLIS	27,73	26,89	27,73	17,65
UNT	29,57	28,70	31,30	10,43
UNL	47,96	32,65	15,31	4,08
UNSL	44,32	17,05	20,45	18,18
UNQ	34,62	24,36	25,64	15,38
UNS	36,99	34,25	24,66	4,11
UNMDP	41,27	26,98	20,63	11,11
UNSAM	37,70	49,18	9,84	3,28
UNRC	23,53	23,53	35,29	17,65

Teniendo en cuenta el volumen productivo del CONICET, se desagregó su contribución por unidad ejecutora. Las unidades que publicaron más de 20 documentos en el octenio 2000-2007 se presentan en las tablas 12 y 13. Se optó por incluir entre ellas la participación de investigadores del CONICET no asociados a unidades ejecutoras<sup>24</sup> (CONICET No-UE), puesto que la magnitud de documentos generada por éstos es muy significativa.

De las 23 unidades ejecutoras con más producción, se observa que 5 de ellas generaron 30 o más documentos en revistas de máxima reputación, mientras que el CONICET No-UE supera los 700. Además se advierte que 12 de ellas y el CONICET No-UE publicaron predominantemente en revistas con un alto factor de impacto. Diez de estas 12 unidades ejecutoras y el CONICET No-UE obtienen valores por encima de la media argentina.

El IMASL (Instituto de Matemática Aplicada de San Luis)<sup>25</sup>, de dependencia conjunta con la UNL, el IBYME (Instituto de Biología y Medicina Experimental) y el INQUIMAE (Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente

<sup>24</sup> Investigadores radicados principalmente en universidades nacionales.

<sup>25</sup> Este Instituto ha participado en investigaciones relacionadas con los campos de la biofísica y la bioinformática.

y Energía), de dependencia conjunta con la UBA, son las unidades con mayor visibilidad, posicionando entre un 60% y un 70% de sus trabajos en revistas del cuartil 1. También muestran muy buen desempeño el IBR (Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario), de dependencia conjunta con la UNR, el IIBBA (Instituto de Investigaciones Bioquímicas de Buenos Aires), estrechamente relacionado con la Fundación Instituto Leloir y la UBA, y el CIDCA (Centro de Investigaciones en Criotecnología de Alimentos), de dependencia conjunta con la UNL, con proporciones que oscilan entre 50% y 60%.

Es notable observar que 9 unidades ejecutoras canalizaron por encima del 80% de sus documentos citables en revistas de prestigio alto y medio alto (Q1 y Q2), de éstas además 4 superaron el 90%: el IMASL, el IQUIFID (Instituto de Química y Físico-Química Biológicas), de dependencia conjunta con la UBA, el INQUIMAE y el IBYME.

**Tabla 12. Distribución de documentos citables de unidades ejecutoras del CONICET por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Unidades ejecutoras con más de 21 documentos**

Unidad Ejecutora	Número de Documentos Citables			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CONICET No-UE	702	513	313	185
CERELA	39	30	25	3
IIB-INTECH	30	45	13	3
IBR	50	24	8	5
IIBBA	40	23	8	2
INGEBI	29	24	13	4
PROIMI	11	14	24	7
IBYME	32	16	2	3
IBONE	13	15	7	7
IMBICE	21	10	7	2
IDEHU	11	13	6	4
CIQUIBIC	15	9	5	2
INSIBIO	9	6	9	4
IDIM	10	8	6	4
INIFTA	9	11	2	6
CINDEFI	10	11	7	-

**Tabla 12. Distribución de documentos citables de unidades ejecutoras del CONICET por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Unidades ejecutoras con más de 21 documentos (continuación)**

Unidad Ejecutora	Número de Documentos Citable			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CIG (EN)	5	10	8	4
INIBIOLP	6	9	5	6
CIDCA	14	7	2	3
INQUIMAE	15	8	-	2
CENPAT	9	4	5	5
IMASL	15	6	1	-
CEDIE	8	10	-	3
IQUIFIB	6	14	1	-

**Tabla 13. Porcentaje de documentos citables de unidades ejecutoras del CONICET por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Unidades ejecutoras con más de 21 documentos**

Unidad Ejecutora	% de Documentos Citable			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CONICET No-UE	40,98	29,95	18,27	10,80
CERELA	40,21	30,93	25,77	3,09
IIB-INTECH	32,97	49,45	14,29	3,30
IBR	57,47	27,59	9,20	5,75
IIBBA	54,79	31,51	10,96	2,74
INGEBI	41,43	34,29	18,57	5,71
PROIMI	19,64	25,00	42,86	12,50
IBYME	60,38	30,19	3,77	5,66
IBONE	30,95	35,71	16,67	16,67
IMBICE	52,50	25,00	17,50	5,00
IDEHU	32,35	38,24	17,65	11,76
CIQUIBIC	48,39	29,03	16,13	6,45
INSIBIO	32,14	21,43	32,14	14,29
IDIM	35,71	28,57	21,43	14,29
INIFTA	32,14	39,29	7,14	21,43
CINDEFI	35,71	39,29	25,00	-
CIG (EN)	18,52	37,04	29,63	14,81
INIBIOLP	23,08	34,62	19,23	23,08

**Tabla 13. Porcentaje de documentos citables de unidades ejecutoras del CONICET por cuartil de pertenencia de la revista de publicación, 2000-2007. Unidades ejecutoras con más de 21 documentos (continuación)**

Unidad Ejecutora	% de Documentos Citables			
	Q1	Q2	Q3	Q4
CIDCA	53,85	26,92	7,69	11,54
INQUIMAE	60,00	32,00	-	8,00
CENPAT	39,13	17,39	21,74	21,74
IMASL	68,18	27,27	4,55	-
CEDIE	38,10	47,62	-	14,29
IQUIFIB	28,57	66,67	4,76	-

### 8.6. Tipo de Documento

La distribución de la publicación biotecnológica argentina según tipo documental (tabla 14 y 15) muestra que el artículo es el género predominante (89,95%) y que durante el período de estudio su producción bruta se mantuvo en ascenso constante en términos nominales, a excepción del año 2003 donde se observa un descenso a expensas de un incremento en el número de comunicaciones a congresos, principalmente. Los documentos citables (artículos, comunicaciones a congreso y revisiones), productos de la investigación por excelencia, explican en promedio el 97% de la aportación total anual.

Si comparamos el quinquenio 1997-2001 con el lapso 2002-2007 no se advierten cambios significativos en las proporciones de los tipos documentales más sustantivos.

**Tabla 14. Distribución de la producción científica total por tipología documental, 1997-2007**

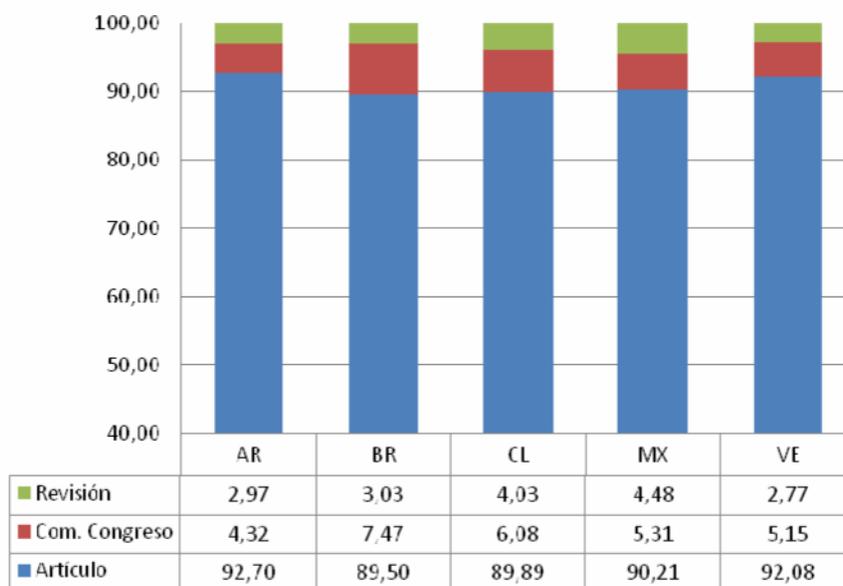
Tipo de Documento	Número de Documentos											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Artículo	174	186	196	238	272	295	274	303	318	395	437	3.088
Comunicación a congreso	11	13	10	12	11	16	21	13	18	12	7	144
Revisión	4	6	4	7	11	8	10	13	4	23	9	99
Resumen de congreso	2	2	6	4	8	6	8	-	3	12	13	64
Material editorial	1	5	-	1	1	2	-	1	1	1	1	14
Carta	1	1	-	-	-	2	1	2	3	-	4	14
Corrección	-	1	-	-	2	-	3	-	-	3	-	9
Reedición	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1

**Tabla 15. Porcentaje de la producción científica total por tipología documental, 1997-2007**

Tipo de Documento	% de Documentos											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Artículo	90,16	86,92	90,74	90,84	88,89	89,67	86,44	91,27	91,64	88,57	92,78	89,95
Comunicación a congreso	5,70	6,07	4,63	4,58	3,59	4,86	6,62	3,92	5,19	2,69	1,49	4,19
Revisión	2,07	2,80	1,85	2,67	3,59	2,43	3,15	3,92	1,15	5,16	1,91	2,88
Resumen de congreso	1,04	0,93	2,78	1,53	2,61	1,82	2,52	-	0,86	2,69	2,76	1,86
Material editorial	0,52	2,34	-	0,38	0,33	0,61	-	0,30	0,29	0,22	0,21	0,41
Carta	0,52	0,47	-	-	-	0,61	0,32	0,60	0,86	-	0,85	0,41
Corrección	-	0,47	-	-	0,65	-	0,95	-	-	0,67	-	0,26
Reedición	-	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	0,03

El gráfico 6 muestra la distribución porcentual de documentos citables en Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela según el tipo documental en el que publican los investigadores. Puede observarse una clara preponderancia del artículo en todas las naciones, con un mayor peso relativo en los trabajos primarios argentinos. Mientras que la revisión gana participación en la producción mexicana y la comunicación a congreso hace lo propio en la producción brasileña.

**Gráfico 6. Distribución porcentual de documentos citables biotecnológicos en Argentina, Brasil, Chile, México y Venezuela, 1997-2007**



### 8.7. Idioma de Publicación

En las tablas 16 y 17 se puede observar que el idioma más utilizado en las publicaciones de los agentes de investigación argentinos es el inglés, empleado en un 96,56% de los documentos, seguido a gran distancia por el español que representa un 3,23%. La lengua restante, el portugués, tiene una presencia meramente testimonial, que acumulada no supera el 0,2%.

Naturalmente, el predominio del inglés se explica por la orientación internacional del campo de estudio en sus disciplinas más básicas y de la base de datos SCI-E.

**Tabla 16. Distribución de la producción total argentina por idioma de publicación, 1997-2007**

Idioma	Número de Documentos											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Inglés	188	203	206	246	293	320	308	320	333	437	461	3.315
Español	4	11	10	16	13	9	8	10	12	9	9	111
Portugués	1	-	-	-	-	-	1	2	2	-	1	7
<b>Total</b>	<b>193</b>	<b>214</b>	<b>216</b>	<b>262</b>	<b>306</b>	<b>329</b>	<b>317</b>	<b>332</b>	<b>347</b>	<b>446</b>	<b>471</b>	<b>3.433</b>

**Tabla 17. Porcentaje de la producción total argentina por idioma de publicación, 1997-2007**

Idioma	% de Documentos											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Inglés	97,41	94,86	95,37	93,89	95,75	97,26	97,16	96,39	95,97	97,98	97,88	96,56
Español	2,07	5,14	4,63	6,11	4,25	2,74	2,52	3,01	3,46	2,02	1,91	3,23
Portugués	0,52	-	-	-	-	-	0,32	0,60	0,58	-	0,21	0,20

## 8.8. Colaboración Científica Internacional

En sentido general, se dice que existe colaboración científica cuando dos o más investigadores trabajan juntos en un proyecto y comparten sus recursos y esfuerzos, tanto intelectuales como físicos (Bordons y Gómez, 2000). Una de las evidencias empíricas de esa labor conjunta es la coautoría de publicaciones científicas.

La copublicación, trabajo firmado por varios autores, varias instituciones o varios países, es uno de los productos tangibles más representativos de la interacción entre investigadores y uno de los indicios más claros de la colaboración científica que ha tenido éxito.

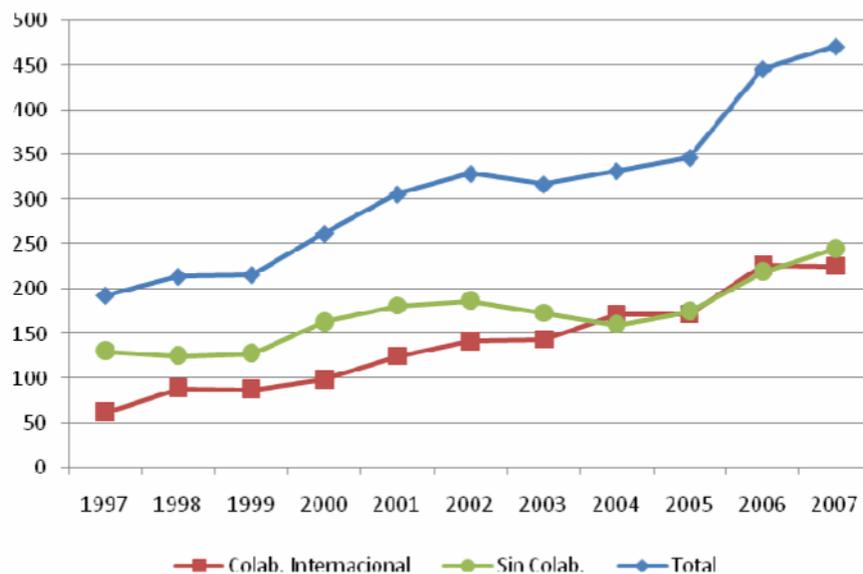
Consecuentemente, aquí nos focalizamos en el análisis de las publicaciones firmadas conjuntamente con una o más instituciones extranjeras. A su vez, se diferencia las redes de investigación según el número de países participantes separando la colaboración científica bilateral (con la participación de grupos

de investigación de dos países) de la trilateral y multilateral con objeto de conocer su amplitud y resultados.

Inicialmente debemos señalar que de los 3.433 documentos totales, 1.887 (55%) documentos pertenecen exclusivamente a instituciones argentinas, mientras que 1.546 (45%) se firman con alguna institución extranjera. El gráfico 7 ilustra el crecimiento sostenido del número de documentos en colaboración internacional a lo largo del oncenio 1997-2007 y se puede observar cómo los trabajos producidos sin participación foránea pierden peso frente a los documentos colaborados en 2004 y equiparan a éstos en 2005 y 2006. Además notamos que desde 2004 los trabajos firmados por científicos argentinos y extranjeros ayudan a sostener el aumento de la producción de publicaciones total.

Las copublicaciones brutas presentan un incremento del 102% en 1997-2001 y del 60% en 2002-2007, mientras que su participación relativa promedio en el total de documentos nacionales pasa del 39% al 48%. Esta tendencia ascendente en su peso porcentual manifiesta una internacionalización de la actividad científica doméstica en biotecnología.

Gráfico 7. Evolución de los documentos totales colaborados con autores extranjeros, 1997-2007



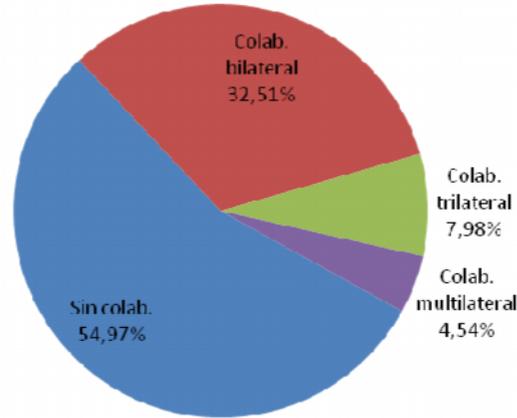
El acrecentamiento de la tasa de internacionalización de la producción biotecnológica también es evidente en países de la región (tabla 18). La excepción a este comportamiento es Brasil que reduce significativamente su participación colaborada. Esto sugeriría una maduración y fortalecimiento científicos de esta nación. La situación opuesta se observa en Venezuela con una tasa de colaboración internacional media bastante elevada (62%), demostrando cierta dependencia científica de grupos de investigación extranjeros para alcanzar visibilidad a nivel mundial. Chile presenta el mayor crecimiento en la proporción de trabajos colaborados internacionalmente, duplicando su participación en el período.

Tabla 18. Distribución porcentual de documentos en colaboración internacional, 1997-2007

País	% de Documentos en Colaboración Internacional en la Producción Total										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
AR	32,12	41,59	40,74	37,79	40,85	43,16	45,43	51,81	49,57	50,90	47,98
BR	44,71	45,97	43,74	41,35	36,95	36,63	36,60	36,87	35,19	32,12	29,73
MX	45,45	50,20	42,75	51,38	41,59	47,98	45,32	42,48	44,82	45,88	45,86
CL	25,81	42,68	48,39	51,02	45,61	44,70	40,80	54,44	52,41	52,22	51,63
VE	52,63	71,43	61,76	65,71	61,70	57,78	54,55	65,00	61,64	65,67	63,89

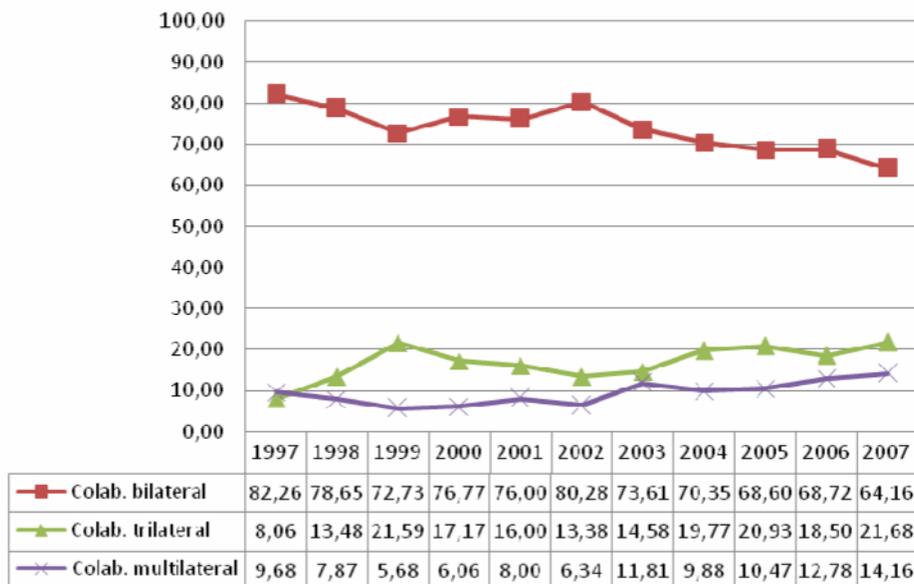
Al considerar el grado de colaboración internacional de los documentos argentinos, se detecta que un 32,5% de los trabajos nacionales aparece un país extranjero (colaboración bilateral), lo que supone un 72% de la colaboración internacional; en el 8% de la producción total figuran dos países extranjeros (colaboración trilateral), que corresponde a un 18% de la colaboración internacional; y en el 4,5% aparecen tres o más países extranjeros (colaboración multilateral), que viene a representar el 10% de la producción internacional (gráfico 8).

**Gráfico 8. Distribución porcentual de la copublicación por tipo de colaboración, 1997-2007. N=1.546**



En el gráfico 9 se advierte la evolución de la proporción de los tipos de colaboración en la contribución de Argentina colaborada internacionalmente. La cooperación bilateral muestra una trayectoria descendente con algunas oscilaciones, mientras que la trilateral y la multilateral exhiben a partir de 2003 una suba con cierto aceleramiento en el ritmo de crecimiento.

**Gráfico 9. Evolución anual de la colaboración internacional porcentual según el patrón de cooperación, 1997-2007**



**Conocer las regiones del mundo y los países cooperantes es substancial para determinar cuáles fueron los vínculos más fructíferos, entendidos éstos por el número de copublicaciones generadas. En el período 1997-2007 los autores argentinos firmaron trabajos con autores de 83 países diferentes (tabla 19 y 20). La región del mundo con la que existió una mayor colaboración es la Unión Europea de los 15<sup>26</sup> que abarca el 43% de los trabajos colaborados. Durante el oncenio estudiado esta región multiplicó por 3,4 los trabajos elaborados con investigadores argentinos. Le sigue en importancia la zona norteamericana formada por Estados Unidos y Canadá con el 23%; ambas regiones abarcan las dos terceras partes de la colaboración internacional. La interacción con países latinoamericanos no supera el 17% de las copublicaciones, correspondiendo el 42% de este subconjunto a la participación brasileña.**

**Por país, en orden descendente de trabajos conjuntos con científicos domésticos se ubican Estados Unidos (531 documentos, 20,6%), detrás y a distancia España (293 documentos, 11,4%) y más aún Brasil (181 documentos, 7%), Francia (174 documentos, 6,8%), Alemania (170 documentos, 6,6%), Reino Unido (135 documentos, 5,2%) e Italia (112 documentos, 4,3%). Estas siete naciones suponen cerca de dos tercios de la participación en copublicaciones total y se constituyen como los socios científicos por excelencia de la Argentina por el liderazgo colaborativo evidenciado a nivel global (CAICYT, 2007). El dominio estadounidense no es sorpresa teniendo en cuenta el tamaño científico de esta nación.**

**Al comparar el comportamiento colaborativo del quinquenio 1997-2001 frente al período 2002-2007 se observa un acrecentamiento en el número medio anual de países cooperantes, pasando de 16 naciones en 1997-2001 a 31 en 2002-2007. Este aumento evidencia una importante ampliación de la red de colaboración internacional y demuestra la capacidad de los investigadores argentinos para integrarse en proyectos multicéntricos. Esta última apreciación se apoya en el crecimiento de la colaboración trilateral y multilateral manifestado anteriormente.**

---

<sup>26</sup> Integrada por Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Reino Unido y Suecia.

Además, cotejando ambos períodos se advierte una estabilidad en los países *top 10* de colaboración, aunque con cierta variación en sus posiciones. La permanencia de estas naciones demuestra la existencia de fuertes vínculos con dichos países. Los mayores crecimientos de copublicaciones lo experimentaron dos naciones de Latinoamérica, Chile (275%) y Brasil (253%).

Tabla 19. Distribución de la producción primaria colaborada por país, 1997-2007

País	Número de Copublicaciones											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Estados Unidos	21	28	21	39	41	45	47	59	60	86	84	531
España	10	9	16	23	20	30	34	22	39	42	48	293
Brasil	5	13	5	6	11	13	17	25	25	28	33	181
Francia	8	9	11	8	14	15	19	12	12	31	35	174
Alemania	11	11	11	5	16	12	13	18	26	24	23	170
Reino Unido	6	11	9	13	14	7	6	23	11	17	18	135
Italia	4	1	4	6	12	11	10	9	12	23	20	112
Canadá	1	6	3	2	3	5	5	7	6	11	8	57
Chile	2	1	2	4	3	3	1	8	11	12	10	57
Japón	2	1	5	2	7	4	8	5	5	7	7	53
Suecia	2	8	5	3	4	7	2	9	2	3	7	52
México	1	-	3	6	2	2	6	9	4	8	5	46
Bélgica	1	1	1	1	7	6	7	2	6	7	3	42
Países Bajos	2	3	1	1	3	5	4	4	5	8	3	39
Uruguay	1	3	2	1	3	3	3	4	2	5	9	36
Australia	-	2	4	3	2	1	7	-	3	7	3	32
Finlandia	3	6	1	1	2	3	3	3	2	3	4	31
Colombia	-	-	1	1	-	-	5	5	6	10	3	31
China	-	1	-	-	1	1	4	5	4	10	5	31
Portugal	2	-	-	-	1	-	5	2	6	4	5	25
Austria	2	1	2	-	2	1	1	5	1	4	2	21
Suiza	1	1	-	-	2	-	1	1	3	7	3	19
Venezuela	3	1	3	2	-	-	2	1	1	3	2	18
Rusia	1	-	1	-	1	-	3	2	4	1	3	16
Corea del Sur	1	-	-	-	1	2	1	-	3	5	2	15
Hungría	-	1	1	-	2	2	2	1	1	2	2	14
Noruega	-	1	-	-	2	-	2	3	2	1	2	13
Cuba	-	1	1	-	1	-	2	4	1	3	-	13
Perú	-	-	-	1	1	1	1	-	3	4	2	13

**Tabla 19. Distribución de la producción primaria colaborada por país, 1997-2007 (continuación)**

País	Número de Copublicaciones											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Polonia	-	-	-	-	1	-	-	1	3	3	3	11
India	-	-	-	-	3	-	2	2	1	2	1	11
Rep. Checa	-	1	-	-	-	-	2	1	3	2	2	11
Dinamarca	-	1	-	1	1	-	-	3	1	3	1	11
Costa Rica	-	-	1	-	-	-	3	-	1	5	1	11
Bolivia	1	-	-	-	1	1	1	3	-	-	3	10
Nueva Zelanda	-	-	1	1	2	-	3	-	2	1	-	10
Sudáfrica	-	-	-	-	-	-	1	-	1	6	2	10
Tailandia	-	-	-	-	-	-	2	-	1	3	3	9
Vietnam	-	-	1	-	-	-	-	-	1	4	2	8
Israel	-	-	1	-	-	-	-	-	2	3	2	8
43 países	1	2	3	2	6	6	11	11	7	20	27	96

**Tabla 20. Porcentaje de la producción primaria colaborada por país, 1997-2007**

País	% de Copublicaciones											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Estados Unidos	22,58	22,22	17,07	29,10	20,71	23,44	18,29	21,07	20,27	19,20	19,76	20,65
España	10,75	7,14	13,01	17,16	10,10	15,63	13,23	7,86	13,18	9,38	11,29	11,39
Brasil	5,38	10,32	4,07	4,48	5,56	6,77	6,61	8,93	8,45	6,25	7,76	7,04
Francia	8,60	7,14	8,94	5,97	7,07	7,81	7,39	4,29	4,05	6,92	8,24	6,77
Alemania	11,83	8,73	8,94	3,73	8,08	6,25	5,06	6,43	8,78	5,36	5,41	6,61
Reino Unido	6,45	8,73	7,32	9,70	7,07	3,65	2,33	8,21	3,72	3,79	4,24	5,25
Italia	4,30	0,79	3,25	4,48	6,06	5,73	3,89	3,21	4,05	5,13	4,71	4,35
Canadá	1,08	4,76	2,44	1,49	1,52	2,60	1,95	2,50	2,03	2,46	1,88	2,22
Chile	2,15	0,79	1,63	2,99	1,52	1,56	0,39	2,86	3,72	2,68	2,35	2,22
Japón	2,15	0,79	4,07	1,49	3,54	2,08	3,11	1,79	1,69	1,56	1,65	2,06
Suecia	2,15	6,35	4,07	2,24	2,02	3,65	0,78	3,21	0,68	0,67	1,65	2,02
México	1,08	-	2,44	4,48	1,01	1,04	2,33	3,21	1,35	1,79	1,18	1,79
Bélgica	1,08	0,79	0,81	0,75	3,54	3,13	2,72	0,71	2,03	1,56	0,71	1,63
Países Bajos	2,15	2,38	0,81	0,75	1,52	2,60	1,56	1,43	1,69	1,79	0,71	1,52
Uruguay	1,08	2,38	1,63	0,75	1,52	1,56	1,17	1,43	0,68	1,12	2,12	1,40
Australia	-	1,59	3,25	2,24	1,01	0,52	2,72	-	1,01	1,56	0,71	1,24
Finlandia	3,23	4,76	0,81	0,75	1,01	1,56	1,17	1,07	0,68	0,67	0,94	1,21

**Tabla 20. Porcentaje de la producción primaria colaborada por país, 1997-2007 (continuación)**

País	% de Copublicaciones											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
Colombia	-	-	0,81	0,75	-	-	1,95	1,79	2,03	2,23	0,71	1,21
China	-	0,79	-	-	0,51	0,52	1,56	1,79	1,35	2,23	1,18	1,21
Portugal	2,15	-	-	-	0,51	-	1,95	0,71	2,03	0,89	1,18	0,97
Austria	2,15	0,79	1,63	-	1,01	0,52	0,39	1,79	0,34	0,89	0,47	0,82
Suiza	1,08	0,79	-	-	1,01	-	0,39	0,36	1,01	1,56	0,71	0,74
Venezuela	3,23	0,79	2,44	1,49	-	-	0,78	0,36	0,34	0,67	0,47	0,70
Rusia	1,08	-	0,81	-	0,51	-	1,17	0,71	1,35	0,22	0,71	0,62
Corea del Sur	1,08	-	-	-	0,51	1,04	0,39	-	1,01	1,12	0,47	0,58
Hungría	-	0,79	0,81	-	1,01	1,04	0,78	0,36	0,34	0,45	0,47	0,54
Noruega	-	0,79	-	-	1,01	-	0,78	1,07	0,68	0,22	0,47	0,51
Cuba	-	0,79	0,81	-	0,51	-	0,78	1,43	0,34	0,67	-	0,51
Perú	-	-	-	0,75	0,51	0,52	0,39	-	1,01	0,89	0,47	0,51
Polonia	-	-	-	-	0,51	-	-	0,36	1,01	0,67	0,71	0,43
India	-	-	-	-	1,52	-	0,78	0,71	0,34	0,45	0,24	0,43
Rep. Checa	-	0,79	-	-	-	-	0,78	0,36	1,01	0,45	0,47	0,43
Dinamarca	-	0,79	-	0,75	0,51	-	-	1,07	0,34	0,67	0,24	0,43
Costa Rica	-	-	0,81	-	-	-	1,17	-	0,34	1,12	0,24	0,43
Bolivia	1,08	-	-	-	0,51	0,52	0,39	1,07	-	-	0,71	0,39
Nueva Zelanda	-	-	0,81	0,75	1,01	-	1,17	-	0,68	0,22	-	0,39
Sudáfrica	-	-	-	-	-	-	0,39	-	0,34	1,34	0,47	0,39
Tailandia	-	-	-	-	-	-	0,78	-	0,34	0,67	0,71	0,35
Vietnam	-	-	0,81	-	-	-	-	-	0,34	0,89	0,47	0,31
Israel	-	-	0,81	-	-	-	-	-	0,68	0,67	0,47	0,31
43 países	1,08	1,59	2,44	1,49	3,03	3,13	4,28	3,93	2,36	4,46	6,35	3,73

La creciente cooperación internacional observada no es sólo resultado de la internacionalización de la ciencia y el esfuerzo, sin duda importante, por parte de los investigadores y de los centros de investigación argentinos por incrementar las relaciones de vinculación con científicos extranjeros, sino también del fomento de este tipo de prácticas por parte del Estado. En los últimos años, los planes nacionales de ciencia y tecnología brindan un marco favorable y explícito para el establecimiento de acuerdos bilaterales y multilaterales con otros países.

### 8.8.1. Red de Colaboración Internacional

La red de colaboración internacional de Argentina en biotecnología se muestra en el gráfico 10. Para su visualización sólo se incluyen aquellos países cuya participación es mayor o igual al 1% del total de las copublicaciones<sup>27</sup>. Este umbral de participación se fija con el objetivo de limitar el número de actores en la representación del mapa. La distribución de los nodos en la red corresponde a la aplicación del algoritmo Kamada-Kawai, implementado en el software Pajek. Este algoritmo es de tipo *spring embedders*, posibilitando una representación clara de las relaciones entre los vértices<sup>28</sup>. El modelo de conexión de los actores es de tipo centro-periferia. Es decir, hay una nación central que sirve de conexión a otras que están a su alrededor. Los países que más copublican con el resto tienden a situarse en la zona central y aquellos más conectados entre sí tienden a agruparse en el espacio. Para hacer inteligible la red, o sea, reducir el ruido visual por el abundante entrecruzamiento de vínculos, se determina un peso de copublicación superior o igual a 15 documentos. El grosor de los enlaces responde a la mayor o menor intensidad en la publicación conjunta. En tanto el tamaño de los nodos es proporcional a la cantidad de documentos donde colabora el país en cuestión.

A simple vista podemos detectar, por el grosor de las relaciones, los principales socios científicos mencionados anteriormente (Estados Unidos, España, Brasil, Francia, Alemania, Reino Unido e Italia).

Estados Unidos es el nodo articulador por excelencia de la colaboración multilateral de Argentina. De igual manera, España cumple una posición de nexo muy importante en las redes de cooperación entre varios estados. El entramado conectivo de copublicación más intenso (*k-core* 4<sup>29</sup>) está integrado por 6 naciones: Estados Unidos, España, Brasil, Francia, Alemania y Reino Unido. La labor conjunta con Italia se apoya fundamentalmente con

---

<sup>27</sup> Ver matriz simétrica de copublicación en Anexo III.

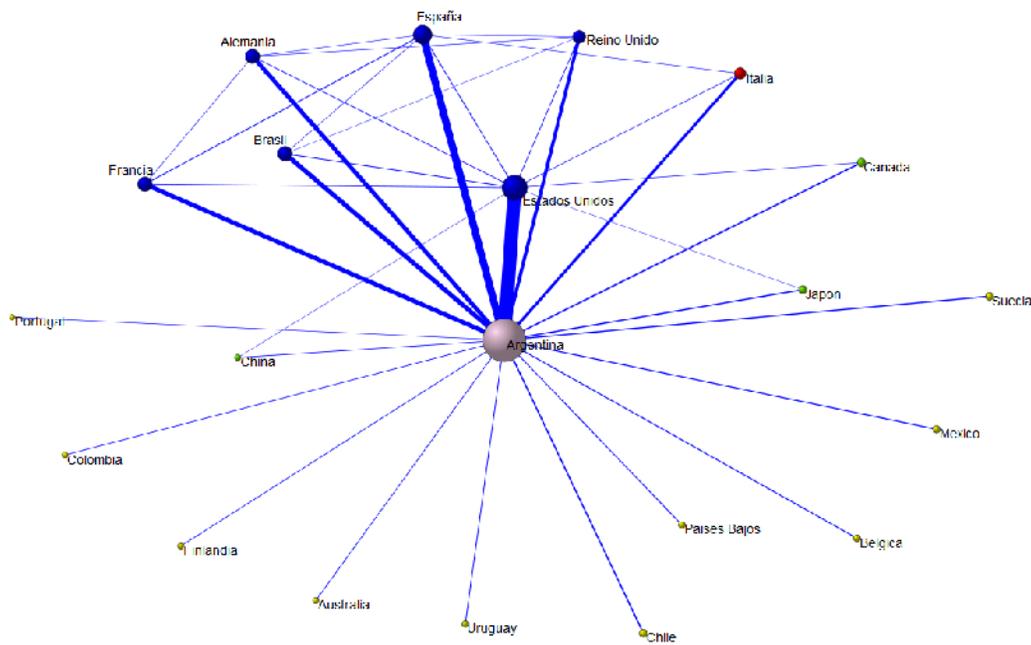
<sup>28</sup> El objetivo principal del algoritmo es el de realizar grafos atractivos siguiendo una serie de principios estéticos como por ejemplo, utilizar el máximo espacio disponible, forzar la posición de los nodos y reducir el número de enlaces cruzados, entre otros.

<sup>29</sup> Los *k-cores* de una red son una sub-estructura en la que cada actor está ligado con al menos otros *k* actores.

**investigadores estadounidenses y españoles. China, Canadá y Japón cooperan con Argentina vinculándose frecuentemente con Estados Unidos.**

**Brasil es la nación latinoamericana con la cual los científicos argentinos interaccionan con mayor frecuencia cuando participan en investigaciones multicéntricas. En la zona periférica se ubican otros países de la región (Chile, México, Uruguay y Colombia) con inferiores volúmenes de copublicación.**

**Gráfico 10. Red de colaboración internacional argentina en biotecnología, 1997-2007**



**Intensidad de enlaces  $\geq 15$  copublicaciones**

### **8.8.2. Repercusión de la Producción Citable**

**Uno de los interrogantes que habitualmente se plantea en los estudios cuantitativos de la ciencia es si la colaboración científica realmente se puede asociar a un mayor éxito científico, es decir, si la interacción entre científicos de distintas naciones tiene una incidencia positiva en la repercusión del producto final de investigación, mensurada ésta a través de las citas recibidas por los documentos y del prestigio de las revistas de publicación.**

En la tabla 21 se compara el impacto de los documentos citables argentinos coautorados con investigadores extranjeros del período 1997-2001 con los del sexenio 2002-2007. Como observamos, en ambos lapsos se refleja una repercusión superior de los documentos en colaboración a la de los documentos sin participación foránea. Asimismo, se detecta un patrón común expresado en un aumento del impacto a medida que aumenta el grado de participación extranjera. Comparativamente, es notable el volumen promedio de citas recibidas por documento colaborado multilateralmente, algo más del 300% de citas que los trabajos sin colaboración.

No obstante, es necesario señalar que el impacto de los trabajos colaborados está sesgado por la presencia de documentos altamente citados. De hecho, la totalidad de DAC nacionales han sido elaborados conjuntamente con científicos extranjeros. Por otro lado, esta presencia refuerza la idea que la colaboración internacional se puede vincular a una mayor influencia de la investigación realizada.

Tabla 21. Impacto observado de la producción citable argentina, 1997-2001/2002-2007

	1997-2001			2002-2007		
	N.Doc.Cit (a)	N.Citas (b)	b/a	N.Doc.Cit (c)	N.Citas (d)	d/c
Sin Colaboración	698	8.329	11,93	1.125	7.693	6,84
Colab. bilateral	351	6.876	19,59	737	9.312	12,64
Colab. trilateral	72	1.997	27,74	197	3.212	16,30
Colab. multilateral	34	1.643	48,32	117	3.324	28,41

### 8.8.3. Visibilidad de la Producción Citable

En el punto anterior se señaló el beneficio que reporta la colaboración internacional en los trabajos domésticos medido en número de citas recibidas. Seguidamente se trata de verificar si la incidencia de la coautoría con científicos extranjeros también se traduce en una mayor visibilidad, medida a través del prestigio de las revistas de publicación.

Las tablas 22 y 23 muestran la distribución de los documentos citables colaborados por cuartil de ubicación de las revistas de publicación para los períodos 1997-2001 y 2002-2007. Como se puede observar la participación foránea también favorece la visibilidad de la investigación biotecnológica nacional. Ambos períodos revelan la influencia altamente positiva del trabajo conjunto con científicos extranjeros. El grueso de los documentos colaborados se ha difundido en revistas de reconocido prestigio, aquellas ubicadas en los cuartiles 1 (Q1) y 2 (Q2). Además se advierte que a medida que aumenta el tamaño de la red de colaboración también aumenta el peso relativo de los dos cuartiles que denotan mayor visibilidad. En otras palabras, la incorporación de un nuevo agente colaborador a la red tiende a beneficiar la publicación de la investigación en las mejores revistas<sup>30</sup>. Por otro lado, también es importante notar una mejora en la visibilidad de los trabajos sin participación internacional en la segunda parte del espacio temporal.

Esencialmente, el análisis expuesto indica que la relevancia de la actividad científica que se realiza en colaboración con otros países es significativamente superior, en términos de visibilidad en la comunidad científica, que la llevada a cabo sin colaboración.

**Tabla 22. Distribución de documentos citables argentinos en colaboración internacional por cuartil de ubicación de las revistas de publicación, 1997-2001/2002-2007**

	Número de Documentos Citable en Colaboración Internacional									
	1997-2001					2002-2007				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Total	Q1	Q2	Q3	Q4	Total
Sin Colaboración	209	176	186	127	698	371	337	241	176	1.125
Colab. bilateral	162	98	63	28	351	319	232	132	54	737
Colab. trilateral	33	26	9	4	72	113	45	26	13	197
Colab. multilateral	23	5	4	2	34	60	39	12	6	117

<sup>30</sup> Es necesario aclarar que las naciones difieren en el aporte cualitativo que brindan a las investigaciones. La colaboración con ciertas naciones tiende a ser más beneficiosa que con otras.

**Tabla 23. Distribución porcentual de documentos citables argentinos en colaboración internacional por cuartil de ubicación de las revistas de publicación, 1997-2001/2002-2007**

	% de Documentos Citable en Colaboración Internacional									
	1997-2001					2002-2007				
	Q1	Q2	Q3	Q4	Total	Q1	Q2	Q3	Q4	Total
Sin Colaboración	29,94	25,21	26,65	18,19	100,00	32,98	29,96	21,42	15,64	100,00
Colab. bilateral	46,15	27,92	17,95	7,98	100,00	43,28	31,48	17,91	7,33	100,00
Colab. trilateral	45,83	36,11	12,50	5,56	100,00	57,36	22,84	13,20	6,60	100,00
Colab. multilateral	67,65	14,71	11,76	5,88	100,00	51,28	33,33	10,26	5,13	100,00

### 8.9. Dispersión de la Producción Científica

La investigación biotecnológica argentina se canalizó 934 revistas diferentes, de las cuales 88 (9,4%) concentran la mitad de los trabajos. El cuartil más productivo está integrado por tan solo 23 (2,5%) títulos. En la tabla 24 se exponen las revistas con 21 o más documentos publicados.

Llamativamente, el máximo número de documentos comunicados corresponde a la revista argentina *MEDICINA BUENOS AIRES*, una publicación no especializada en la actividad biotecnológica básica *per se*. Su presencia se debe a que ha difundido resultados de investigación médica experimental vinculados a la aplicación de tecnologías o procesos biotecnológicos: terapia génica, expresión génica, cultivo celular, en otros. Luego, en orden descendente de trabajos publicados, le siguen una revista de microbiología aplicada que difunde investigaciones sobre aspectos tales como los medioambientales, alimentarios, médicos, veterinarios y farmacéuticos, *JOURNAL OF APPLIED MICROBIOLOGY*; una revista de microbiología alimentaria que canaliza temas de seguridad y calidad alimentaria, *JOURNAL OF FOOD PROTECTION*; y una revista de microbiología aplicada y ambiental que publica investigaciones de ecología microbiana, microbiología alimentaria, microbiología industrial y biotecnología, *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*.

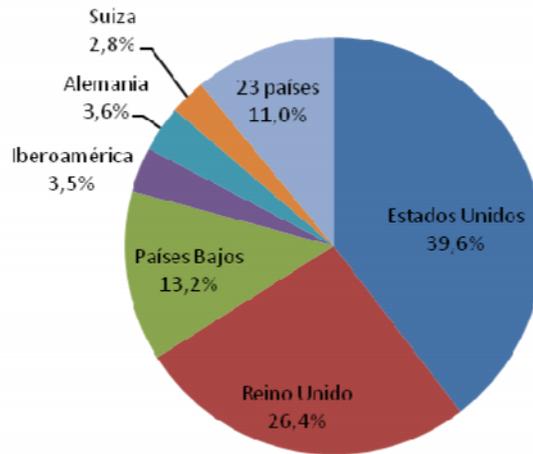
**Tabla 24. Revistas utilizadas para canalizar la producción científica, 1997-2007. Títulos con 21 o más documentos publicados**

Revista	N.Doc.	%	% Acum.
Medicina-Buenos Aires	84	2,45	2,45
Journal of Applied Microbiology	67	1,95	4,40
Journal of Food Protection	61	1,78	6,18
Applied and Environmental Microbiology	56	1,63	7,81
Biotechnology Letters	56	1,63	9,44
World Journal of Microbiology & Biotechnology	52	1,51	10,95
Journal of Clinical Microbiology	47	1,37	12,32
Letters In Applied Microbiology	40	1,17	13,49
Applied Microbiology and Biotechnology	33	0,96	14,45
International Biodeterioration & Biodegradation	32	0,93	15,38
Journal of General Virology	32	0,93	16,31
Enzyme and Microbial Technology	30	0,87	17,19
Journal of Biological Chemistry	30	0,87	18,06
Canadian Journal of Microbiology	29	0,84	18,90
Journal of Medical Virology	29	0,84	19,75
Veterinary Microbiology	28	0,82	20,57
Genome	26	0,76	21,32
Journal of Virological Methods	25	0,73	22,05
Food Microbiology	25	0,73	22,78
Process Biochemistry	24	0,70	23,48
Mutation Research-Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis	24	0,70	24,18
Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis	22	0,64	24,82
Biochemistry	21	0,61	25,43
Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology	21	0,61	26,04
Journal of Biotechnology	21	0,61	26,65
Bioresource Technology	21	0,61	27,26
908 revistas	2.497	72,74	100,00

El gráfico 11 muestra el porcentaje de títulos de revista por país de edición de las mismas. Las revistas estadounidenses constituyen el grupo más numeroso (40%), seguidas por las editadas en Reino Unido (26%) y Países Bajos (13%). La presencia de este último país se explica porque en él se editan buen número de revistas internacionales.

Si agregamos las fuentes iberoamericanas éstas apenas alcanzan el 3,5% de los títulos totales y de éstos el 80% son latinoamericanos. Esta baja presencia de revistas regionales está asociada por un lado, a la orientación básica e internacional de la investigación biotecnológica y, por otro, a la poca representatividad de las revistas de AL en la base de datos analizada.

Gráfico 11. Distribución de las revistas por país de edición, 1997-2007



#### 8.10. Producción Científica por Categoría Temática

La característica polivalente del conocimiento biotecnológico queda plasmada en la distribución de los documentos publicados por categoría temática (tabla 25 y 26). La producción argentina se desglosa en 117 categorías, de las cuales 13 (11%) producen más de 100 documentos en el oncenio 1997-2007. La disciplina más productiva es BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY con 1.117 documentos; que representan el 18,4% respecto al total; le siguen BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY con una producción de 569 documentos que representa el 9,5% y MICROBIOLOGY y GENETICS & HEREDITY con 70 y 35 documentos, respectivamente, que junto a las dos anteriores representan más del 40% de las contribuciones biotecnológicas.

En 12 de las 13 categorías más activas se observa una tendencia creciente en la producción absoluta, aunque en varias de ellas se manifiesta de manera atenuada e irregular.

**Tabla 25. Distribución de los documentos totales por categoría temática, 1997-2007**

Categoría Temática	Número de Documentos											Total
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
<b>Biotechnology &amp; Applied Microbiology</b>	79	96	86	88	96	114	94	102	96	136	130	1.117
<b>Biochemistry &amp; Molecular Biology</b>	32	31	34	35	52	62	60	62	51	82	68	569
<b>Microbiology</b>	17	29	34	37	45	51	52	54	67	66	70	522
<b>Genetics &amp; Heredity</b>	15	12	21	19	26	27	23	37	20	36	35	271
<b>Plant Sciences</b>	10	14	12	15	19	20	26	20	18	37	30	221
<b>Virology</b>	9	6	7	15	17	23	18	28	20	27	29	199
<b>Immunology</b>	5	18	15	13	17	20	13	15	15	17	27	175
<b>Food Science &amp; Technology</b>	10	8	16	20	17	18	8	14	12	17	21	161
<b>Cell Biology</b>	9	9	9	7	22	11	11	11	12	33	20	154
<b>Veterinary Sciences</b>	1	8	7	9	10	11	17	6	15	18	22	124
<b>Biochemical Research Methods</b>	16	16	11	9	5	11	4	6	11	11	15	115
<b>Biophysics</b>	9	5	4	5	11	10	11	13	13	16	15	112
<b>Endocrinology &amp; Metabolism</b>	9	5	3	9	6	8	6	10	11	11	24	102
<b>Infectious Diseases</b>	1	9	2	7	12	9	7	12	11	9	19	98
<b>Medicine, General &amp; Internal</b>	5	9	11	15	8	10	4	8	9	3	8	90
<b>Pharmacology &amp; Pharmacy</b>	3	4	5	8	3	12	6	8	13	13	13	88
<b>Agronomy</b>	3	5	3	7	8	9	12	7	11	10	8	83
<b>Medicine, Research &amp; Experimental</b>	5	4	7	4	6	7	7	7	7	22	6	82
<b>Parasitology</b>	4	4	4	4	6	4	8	11	7	18	11	81
<b>Toxicology</b>	4	4	4	6	11	8	8	9	6	12	3	75
<b>Neurosciences</b>	5	7	3	4	4	10	7	8	10	11	5	74

**Tabla 25. Distribución de los documentos totales por categoría temática, 1997-2007 (continuación)**

Categoría Temática	Número de Documentos											
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
Oncology	3	2	4	4	9	6	6	3	8	18	9	72
Engineering, Chemical	4	4	2	5	9	4	3	7	7	9	10	64
Evolutionary Biology	1	1	1	3	2	7	6	12	5	4	16	58
Hematology	3	1	2	4	4	3	8	4	3	15	7	54
Environmental Sciences	4	2	3	1	6	3	11	5	8	2	6	51
Chemistry, Multidisciplinary	4	6	1	4	5	4	2	5	6	9	5	51
90 categorías temáticas	65	57	59	76	104	108	110	90	137	141	183	1.130

**Tabla 26. Porcentaje de documentos totales por categoría temática, 1997-2007**

Categoría Temática	% de Documentos											Total	% Acum.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
Biotechnology & Applied Microbiology	23,58	25,53	23,24	20,32	17,78	19,32	17,15	17,77	15,76	16,94	15,95	18,64	18,64
Biochemistry & Molecular Biology	9,55	8,24	9,19	8,08	9,63	10,51	10,95	10,80	8,37	10,21	8,34	9,49	28,13
Microbiology	5,07	7,71	9,19	8,55	8,33	8,64	9,49	9,41	11,00	8,22	8,59	8,71	36,84
Genetics & Heredity	4,48	3,19	5,68	4,39	4,81	4,58	4,20	6,45	3,28	4,48	4,29	4,52	41,36
Plant Sciences	2,99	3,72	3,24	3,46	3,52	3,39	4,74	3,48	2,96	4,61	3,68	3,69	45,05
Virology	2,69	1,60	1,89	3,46	3,15	3,90	3,28	4,88	3,28	3,36	3,56	3,32	48,37
Immunology	1,49	4,79	4,05	3,00	3,15	3,39	2,37	2,61	2,46	2,12	3,31	2,92	51,29
Food Science & Technology	2,99	2,13	4,32	4,62	3,15	3,05	1,46	2,44	1,97	2,12	2,58	2,69	53,98
Cell Biology	2,69	2,39	2,43	1,62	4,07	1,86	2,01	1,92	1,97	4,11	2,45	2,57	56,55
Veterinary Sciences	0,30	2,13	1,89	2,08	1,85	1,86	3,10	1,05	2,46	2,24	2,70	2,07	58,62
Biochemical Research Methods	4,78	4,26	2,97	2,08	0,93	1,86	0,73	1,05	1,81	1,37	1,84	1,92	60,54
Biophysics	2,69	1,33	1,08	1,15	2,04	1,69	2,01	2,26	2,13	1,99	1,84	1,87	62,41
Endocrinology & Metabolism	2,69	1,33	0,81	2,08	1,11	1,36	1,09	1,74	1,81	1,37	2,94	1,70	64,11
Infectious Diseases	0,30	2,39	0,54	1,62	2,22	1,53	1,28	2,09	1,81	1,12	2,33	1,64	65,74
Medicine, General & Internal	1,49	2,39	2,97	3,46	1,48	1,69	0,73	1,39	1,48	0,37	0,98	1,50	67,25
Pharmacology & Pharmacy	0,90	1,06	1,35	1,85	0,56	2,03	1,09	1,39	2,13	1,62	1,60	1,47	68,71
Agronomy	0,90	1,33	0,81	1,62	1,48	1,53	2,19	1,22	1,81	1,25	0,98	1,38	70,10
Medicine, Research & Experimental	1,49	1,06	1,89	0,92	1,11	1,19	1,28	1,22	1,15	2,74	0,74	1,37	71,47
Parasitology	1,19	1,06	1,08	0,92	1,11	0,68	1,46	1,92	1,15	2,24	1,35	1,35	72,82
Toxicology	1,19	1,06	1,08	1,39	2,04	1,36	1,46	1,57	0,99	1,49	0,37	1,25	74,07
Neurosciences	1,49	1,86	0,81	0,92	0,74	1,69	1,28	1,39	1,64	1,37	0,61	1,23	75,30

**Tabla 26. Porcentaje de documentos totales por categoría temática, 1997-2007 (continuación)**

Categoría Temática	% de Documentos											Total	% Acum.
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007		
Oncology	0,90	0,53	1,08	0,92	1,67	1,02	1,09	0,52	1,31	2,24	1,10	1,20	76,51
Engineering, Chemical	1,19	1,06	0,54	1,15	1,67	0,68	0,55	1,22	1,15	1,12	1,23	1,07	77,57
Evolutionary Biology	0,30	0,27	0,27	0,69	0,37	1,19	1,09	2,09	0,82	0,50	1,96	0,97	78,54
Hematology	0,90	0,27	0,54	0,92	0,74	0,51	1,46	0,70	0,49	1,87	0,86	0,90	79,44
Environmental Sciences	1,19	0,53	0,81	0,23	1,11	0,51	2,01	0,87	1,31	0,25	0,74	0,85	80,29
Chemistry, Multidisciplinary	1,19	1,60	0,27	0,92	0,93	0,68	0,36	0,87	0,99	1,12	0,61	0,85	81,14
90 categorías temáticas	19,40	15,16	15,95	17,55	19,26	18,31	20,07	15,68	22,50	17,56	22,45	18,86	100,00

## 9. Conclusiones

En este trabajo, a través de un conjunto de indicadores bibliométricos, se ha presentado un panorama de la producción científica de la Argentina en el campo de la biotecnología en el período 1997-2007, con especial énfasis en su visibilidad e impacto internacional. El análisis se ha basado en las publicaciones científicas recogidas en la base de datos multidisciplinar *Science Citation Index Expanded*.

El número de documentos publicados en el campo biotecnológico por los investigadores de las instituciones argentinas ha ido creciendo a lo largo de los años. Desde el principio al final del período de estudio, su número se ha visto incrementado en un 144%. Este crecimiento duplica al aumento experimentado por la producción total nacional. A partir de 2006 se percibe un aceleramiento en la tendencia de crecimiento que se venía observando.

En el contexto de América Latina, la aportación nacional ha perdido peso, de contribuir con el 23,48% de los documentos en 1997 pasó al 14,45% en 2007. Dicha merma se podría asociar, entre otros factores, a un ritmo de crecimiento más rápido de las dos naciones con mayor volumen productivo de la región, Brasil y México.

Al analizar el impacto de los documentos citables publicados, se advierte que la contribución doméstica consigue una repercusión por encima de media latinoamericana. De este modo logra ocupar una mejor posición por citas recibidas que por número de documentos difundidos internacionalmente. La tasa de trabajos sin citar obtenida ha sido inferior a la observada en los países de referencia.

El análisis de visibilidad de la investigación argentina permite notar que está se desplaza hacia las revistas de mayor prestigio internacional. Los porcentajes de documentos colocados en el primer y segundo cuartil son similares a los de México, que es la nación de AL que alcanza el mejor grado de visibilidad internacional. Esta mejora en el posicionamiento de la producción constituye un indicio muy orientativo de una mejora en la calidad de la investigación realizada.

**A nivel institucional, se advierte que 15 instituciones dan cuenta del 92% de los trabajos citables en biotecnología. Siendo el CONICET y la UBA las instituciones más activas. La UNR es la institución con mayor visibilidad, concentrando aproximadamente el 60% de sus documentos en revistas de elevado factor de impacto (Q1). También consiguen porcentajes destacables la UNL, la UNSL, la UBA, la UNMDP, el INTA y el CONICET, todas ellas por encima de la media nacional.**

**De las unidades ejecutoras del CONICET, el IMASL, el IBYME y el INQUIMAE son las que se destacan con más del 60% de su producción en revistas de alto factor de impacto. Otras unidades con muy buen desempeño son el IBR, el IIBBA y el CIDCA con proporciones que oscilan entre 50% y 60%.**

**Los autores de las instituciones argentinas publicaron sus trabajos de investigación preferentemente en artículos científicos (89,95%), seguido de las comunicaciones a congresos (4,19%) y de las revisiones (2,88%). Estos tres tipos documentales, que acumulan el 97% de la producción total nacional, son considerados como los ítems más sustantivos de la revista científica.**

**El inglés es el idioma en que fundamentalmente se publican los documentos (96,56%), seguido por el español (3,23%). Por supuesto, la lengua de comunicación científica está sujeta a la orientación internacional del campo de estudio y de la base de datos, y al país de procedencia de las fuentes donde se publica.**

**Respecto a la colaboración internacional, se ha observado su crecimiento a lo largo del período, siendo un claro reflejo de la internacionalización de la ciencia y de la necesidad de los investigadores argentinos de apoyarse en grupos de investigación extranjeros. Desde 2003 la colaboración trilateral y la multilateral exhiben un cierto aceleramiento en el ritmo de crecimiento. Los principales socios científicos de la Argentina son Estados Unidos, España, Brasil, Francia, Alemania, Reino Unido e Italia.**

**Se ha podido constatar un mayor impacto de los documentos colaborados internacionalmente y que éste va creciendo a medida que crece también el**

número de países que entran en juego. También se ha observado que los documentos coautorados con científicos extranjeros beneficia la visibilidad de los mismos.

La producción científica biotecnológica ha sido publicada en 934 revistas diferentes, lo que significa una gran dispersión de las fuentes. Si se considera solo aquellas revistas que acumulan la mitad de los trabajos publicados, denominadas revistas nucleares, la cifra de revistas disminuye a 88 (9,4%).

Las principales categorías temáticas que caracterizan el conocimiento biotecnológico nacional son: BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY, BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY, MICROBIOLOGY, GENETICS & HEREDITY, PLANT SCIENCE y VIROLOGY.

Por último, es necesario enfatizar que los estudios métricos de la actividad científica no pretenden constituirse en un instrumento de evaluación de la actuación investigadora *per se*. Su propósito es contribuir al mejor conocimiento de ciertos rasgos del sistema de ciencia y tecnología y servir de apoyo a la gestión de la investigación. En ocasiones, el uso arbitrario o mal uso de los indicadores bibliométricos ha hecho que pierdan credibilidad, sobre todo por no tener en cuenta una serie de factores que influyen en ellos.

## 10. Bibliografía

Aksnes, D.W. (2003). Characteristics of highly cited papers. *Research Evaluation*, 12(3), 159-170

Albornoz, M. (2003). Evaluación en ciencia y tecnología. *Perspectivas Metodológicas*, 3(3), 17-35

Albornoz, M., dir. (2008a). *Manual de indicadores de biotecnología*. Buenos Aires: BIOTEC SUR (Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea). Consultado 22 julio 2009, [http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/1\\_manual\\_indicadores.pdf](http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/1_manual_indicadores.pdf)

Albornoz, M., dir. (2008b). *Inventario de capacidades en biotecnología*. Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay. Buenos Aires: BIOTEC SUR (Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea). Consultado 22 julio 2009, [http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/2\\_capacidades\\_ms.pdf](http://docs.biotecsur.org/informes/es/inventario/2_capacidades_ms.pdf)

**Albornoz, M., dir. (2008c).** *Catálogo de patentes sobre biotecnología en el Mercosur. Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay.* Buenos Aires: BIOTEC SUR (Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea). Consultado 22 julio 2009, [http://docs.bioteconsur.org/informes/es/inventario/9\\_patentes\\_ms.pdf](http://docs.bioteconsur.org/informes/es/inventario/9_patentes_ms.pdf)

**Albornoz, M., dir. y Barrere, R., dir. (2008).** *Biotecnología: tendencias recientes en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D).* Argentina en el contexto internacional. Buenos Aires: CAICYT. Consultado 17 julio 2009, <http://www.caicyt.gov.ar/bases-de-datos-e-indicadores/documentos-1/biotec.pdf>

**Albornoz, M., Estébanez, M. E. y Alfaraz, C. (2005).** Alcances y limitaciones de la noción de impacto social de la ciencia y la tecnología, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2(4), 73-95.

**Albuquerque, E. da M. (2004).** Science and technology systems in less developed countries. Identifying a threshold level and focusing in the cases of India and Brazil. En H.F. Moed, W. Glänzel y U. Schmoch (Eds.), *Handbook of quantitative science and technology research (759-778)*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

**Arundel, A. (2003).** *Biotechnology indicators and public policy (OECD Science, Technology and Industry Working Papers 2003/5)*. Paris: OECD

**Bercovich, N. y Katz, J. (1990).** *Biotecnología y economía política: estudios del caso argentino.* Buenos Aires: CEAL; CEPAL

**Bordons, M. y Gómez, I. (2000).** Collaboration networks in science. En B. Cronin y H. Atkins. *The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield (197-213)*. Medford: ASIS

**Bornmann, L y Daniel, H.D. (2008).** What do citation counts measure?. A review of studies on citing behavior. *Journal of Documentation*, 64(1), 45-80

**Braun, T., Glänzel, W. y Schubert, A. (2000).** How balanced is the Science Citation Index's journal coverage?. A preliminary overview of macrolevel statistical data. En B. Cronin y H. Atkins. *The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield (251-277)*. Medford: ASIS

**Brown, T. (2004).** *Peer review and the acceptance of new scientific ideas.* London: Sense About Science

**Campanario, J.M. (2002).** El sistema de revisión por expertos (*peer review*): muchos problemas y pocas soluciones. *Revista Española de Documentación Científica*, 25(3), 166-184

**Campbell, D. et al. (2005).** *Scan of canadian strengths in biotechnology.* Montréal: Science-Metrix. Consultado 28 agosto 2009, [http://www.science-metrix.com/pdf/SM\\_2004\\_013\\_NRC\\_Biotechnology\\_Canadian\\_Strengths.pdf](http://www.science-metrix.com/pdf/SM_2004_013_NRC_Biotechnology_Canadian_Strengths.pdf)

**CAICYT. (2005).** *Producción científica argentina en Science Citation Index 2004.* Distribución institucional. Consultado 10 agosto 2009,

[http://www.caicyt.gov.ar/bases-de-datos-e-indicadores/documentos-1/produccionconicet\\_2004.pdf](http://www.caicyt.gov.ar/bases-de-datos-e-indicadores/documentos-1/produccionconicet_2004.pdf)

**CAICYT. (2007).** *Evolución de la producción científica argentina en Science Citation Index, 1990-2006.* Consultado 10 agosto 2009, <http://www.caicyt.gov.ar/bases-de-datos-e-indicadores/documentos-1/evol90-06-1.pdf>

**Dahms, S. (2004).** **Biotechnology: what it is, what it is not, and the challenges in reaching a national or global consensus.** *Biochemistry and Molecular Biology Education*, **32(4)**, 271-278

**Dalpé, R. (2002).** **Bibliometric analysis of biotechnology.** *Scientometrics*, **55(2)**, 189-213

**Daniel, H.D., Mittag, S. y Bornmann, L. (2007).** **The potential and problems of peer evaluation in higher education and research.** En A. Cavalli (Ed.), *Quality assessment for higher education in Europe* (71-82). London: Portland Press

**Dellacha, J.M. (2003).** *Biología en el Mercosur: regulación de la bioseguridad y de la propiedad intelectual.* Santa Fe: UNL

**Fári, M.G., Bud, R. y Kralovánszky, P.U. (2001).** **The history of the term biotechnology: Károly Ereky and his contribution.** *4th Congress of Redbio - Encuentro Latinoamericano de Biotecnología Vegetal.* Consultado 17 julio 2009, [http://www.agroinform.com/files/aktualis/pdf\\_agroinform\\_20070215112311\\_02Fari.pdf](http://www.agroinform.com/files/aktualis/pdf_agroinform_20070215112311_02Fari.pdf)

**Fernández, M.T. et al. (2002).** **Estudio bibliométrico de un área científico-tecnológica del Plan Nacional de Investigación de España (2000-2003).** *Revista Española de Documentación Científica*, **25(4)**, 371-385

**Garcés Toledano, F.; Montero Plata, J. y Vega García, M. (coords.) (2007).** *Relevancia de la Biotecnología en España 2007.* Genoma España. Consultado 28 agosto 2009, [http://www.gen-es.org/12\\_publ/docs/Relevanciabiotecnologica.pdf](http://www.gen-es.org/12_publ/docs/Relevanciabiotecnologica.pdf)

**Garfield, E. (1990).** **How ISI select journals for coverage: quantitative and qualitative considerations.** *Current Contents*, **(22)**, 5-13

**Glänzel, W. et al. (2003).** *Biotechnology: an analysis based on publications and patents.* Leuven: Steunpunt O&O Statistiek. Consultado 28 agosto 2009, [http://www.ecoom.be/fileadmin/user\\_upload/domain\\_studies/biotech\\_domain\\_study.pdf](http://www.ecoom.be/fileadmin/user_upload/domain_studies/biotech_domain_study.pdf)

**Genoma España. (2009).** *Relevancia de la biotecnología en España 2009.* Madrid: Genoma España. Consultado 13 mayo 2010, [http://www.gen-es.org/12\\_publicaciones/docs/pub\\_89\\_d.pdf](http://www.gen-es.org/12_publicaciones/docs/pub_89_d.pdf)

**Holló, J. y Kralovánszky, U.P. (2000).** **Biotechnology in Hungary.** En A. Fiechter (Ed.) *History of modern biotechnology I* (151-174). Berlin: Springer (Advances in biochemical engineering biotechnology, 69)

- Kim, M-J. (2007). A bibliometric analysis of the effectiveness of Korea's Biotechnology Stimulation Plans, with a comparison with four other asian nations. *Scientometrics*, 72(3), 371-388**
- King, J. (1987). A review of bibliometric and other science indicators and their role in research evaluation. *Journal of Information Science*, 13(5), 261-276.**
- Kronick, D.A. (1990). Peer review in 18th-century scientific journalism. *JAMA*, 263(10), 1321-1329**
- Lewison, G. (1999). The definition and calibration of biomedical subfields. *Scientometrics*, 46(3), 529-537**
- Leydesdorff, L. y Heimeriks, G. (2001). The self-organization of the european information society: the case of "biotechnology", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 52(14), 1262-1274**
- Maltrás Barba, B. (2003). *Los indicadores bibliométricos: fundamentos y aplicación al análisis de la ciencia*. Gijón: Trema**
- Martin, B.R. (1996). The use of multiple indicators in the assessment of basic research. *Scientometrics*, 36(3), 343-362**
- McCain, K.W. (1995). The structure of biotechnology R&D. *Scientometrics*, 32(2), 153-175**
- McMillan, S.G. y Hamilton, R.D. (2007). The public science base of US biotechnology: a citation-weighted approach. *Scientometrics*, 72(1), 3-10**
- McVeigh, M.E. y Mann, S.J. (2009). The journal impact factor denominator. Defining citable (counted) items. *JAMA*, 302(10), 1107-1109**
- Merton, R.K. (2000). On the Garfield input to the Sociology of Science: a retrospective collage. En B. Cronin y H. Atkins. *The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield* (435-47). Medford: ASIS**
- MinCyT. (2010). Biotecnología. *BET*, (4), 1-11**
- Moed, H.F. (2005). *Citation analysis in research evaluation*. Dordrecht: Springer**
- Molatudi, M., Molotja, N. y Pouris, A. (2009). A bibliometric study of bioinformatics research in South Africa. *Scientometrics*, 81(1), 47-59**
- Molatudi, M. y Pouris, A. (2006). Assessing the knowledge base for biotechnology in South Africa. *Scientometrics*, 68(1), 97-108**
- Moravcsik, M.J. (1989). ¿Cómo evaluar la ciencia y a los científicos?. *Revista Española de Documentación Científica*, 12(8), 313-325**
- Muñoz de Malajovich, M.A. (2007). *Biotecnología*. Bernal: UNQ**

- Nederhof, A.J. (1988).** Changes in publication patterns of biotechnologists: an evaluation of the impact of government stimulation programs in six industrial nations. *Scientometrics*, 14(5-6), 475-485
- OECD. (2005).** *A framework for biotechnology statistics*. Paris: OECD
- Okubo, Y. (1997).** *Bibliometric indicators and analysis of research systems: methods and examples* (OECD Science, Technology and Industry Working Papers 1997/1). Paris: OECD
- Plaza, L.M. y Albert, A. (2004).** Análisis de la producción científica española citada en patentes biotecnológicas en EE.UU. *Revista Española de Documentación Científica*, 27(2), 212-220
- Price, D.J. de S. (1965).** Networks of scientific papers. *Science*, 149(3683), 510-515
- Price, D.J. de S. (1973).** *Hacia una ciencia de la ciencia*. Barcelona: Ariel
- Rey-Rocha J. y Martín-Sempere, M.J. (1999).** The role of domestic journals in geographically-oriented disciplines: the case of spanish journals on Earth Sciences. *Scientometrics*, 45(2), 203-216
- RICyT. (2007).** *Manual de indicadores de internacionalización de la ciencia y la tecnología. Manual de Santiago*. Buenos Aires: RICyT. Consultado 7 septiembre 2009, [http://ricyt.org.elsevier.com/docs/manual\\_santiago.pdf](http://ricyt.org.elsevier.com/docs/manual_santiago.pdf)
- RICyT. (2009a).** *Indicadores por país. Argentina*. Consultado 22 agosto 2009, <http://www.ricyt.edu.ar/interior/interior.asp?Nivel1=1&Nivel2=1>
- RICyT. (2009b).** *Gasto en Ciencia y Tecnología*. Consultado 22 agosto 2009, <http://www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/04a.xls>
- RICyT. (2009c).** *Gasto en CyT en Relación al PBI*. Consultado 22 agosto 2009, <http://www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/05.xls>
- RICyT. (2009d).** *Investigadores c/ mil Integrantes de la PEA*. Consultado 22 agosto 2009, <http://www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/15.xls>
- RICyT. (2009e).** *Gasto en I+D por Investigador*. Consultado 22 agosto 2009, <http://www.ricyt.edu.ar/indicadores/comparativos/07a.xls>
- Rip, A. y Courtial, J.P. (1984).** Co-word maps of biotechnology: an example of cognitive scientometrics. *Scientometrics*, 6(6), 381-400
- Russell, J.M. (2000).** Publication indicators in Latin America revisited. En B. Cronin y H. Atkins. *The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield* (233-250). Medford: ASIS
- 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

- Sancho, R. (2001). Medición de las actividades de ciencia y tecnología: estadísticas e indicadores empleados. *Revista Española de Documentación Científica*, 24(4), 382-404**
- Sandelin, B. y Sarafoglou, N. (2004). Language and scientific publication statistics: a note. *Language Problems & Language Planning*, 28(1), 1-10**
- Sandström, A. y Norgren, L. (2003). *Biotechnology: scientific publications, patenting and industrial development*. VINNOVA (VINNOVA Analysis VA 2003:2). Consultado 28 agosto 2009, <http://www.vinnova.se/upload/EPiStorePDF/va-03-02.pdf>**
- Sanz Menéndez, L. (2004). *Evaluación de la investigación y sistema de ciencia* (Documento de Trabajo 047-07). Madrid: UPC, CSIC**
- Seglen, P.O. (1992). The skewness of science. *Journal of the American Society for Information Science*, 43(9), 628-638**
- Sevukan, R. y Sharma, J. (2008). Bibliometric analysis of research output of biotechnology faculties in some indian central universities. *DESIDOC Journal of Library & Information Technology*, 28(6), 11-20**
- Spier, R. (2002). The history of the peer-review process. *Trends in Biotechnology*, 20(8), 357-358.**
- Spinak, E. (1998). Indicadores científicos. *Ciência da Informação*, 27(2), 141-148**
- Stanley, N. et al. (1973). Construction of biologically functional bacterial plasmids in vitro. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 70(11), 3240-3244**
- Testa, J. (2009). *The Thomson Reuters journal selection process*. Consultado 10 julio 2009, [http://www.thomsonreuters.com/products\\_services/science/free/essays/journal\\_selection\\_process/](http://www.thomsonreuters.com/products_services/science/free/essays/journal_selection_process/)**
- Thomas, P.R. y Watkins, S.D. (1998). Institutional research ranking via bibliometric analysis and direct peer review: a comparative case study with policy implications. *Scientometrics*, 41(3), 335-355**
- Thomson Reuters. (2008). *Science Citation Index Expanded. Scope notes*. Consultado 20 diciembre 2008, [http://science.thomsonreuters.com/mjl/scope/scope\\_scie/](http://science.thomsonreuters.com/mjl/scope/scope_scie/)**
- van Looy, B.; Magerman, T. y Debackere, K. (2007). Developing technology in the vicinity of science. An examination of the relationship between science intensity (of patents) and technological productivity within the field of biotechnology. *Scientometrics*, 70(2), 441-458**
- van Leeuwen, T.N. et al. (2001). Language biases in the coverage of the *Science Citation Index* and its consequences for international comparisons of national research performance. *Scientometrics*, 51(1), 335-346**

**van Raan, A.F.J. (1996). Advanced bibliometric methods as quantitative core of peer review based evaluation and foresight exercises. *Scientometrics*, 36(3): 397-420**

**van Raan, A.F.J. (2000). The pandora's box of citation analysis: measuring scientific excellence. The last evil?. En B. Cronin y H. Atkins. *The web of knowledge: a festschrift in honor of Eugene Garfield* (301-319). Medford: ASIS**

**van Raan, A.F.J. (2004). Measuring science. Capita selecta of current main issues. En H.F. Moed, W. Glänzel y U. Schmoch (Eds.), *Handbook of quantitative science and technology research* (19-50). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers**

**van Beuzekom, B. y Arundel, A. (2009). *OECD Biotechnology Statistics 2009*. Paris: OECD**

**Watson, J.D. y Crick, F.H.C. (1953a). A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171(4356), 737-738**

**Watson, J.D. y Crick, F.H.C. (1953b). Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, 171(4356), 964-967**

**Ziman, J. (1986). *Introducción al estudio de las ciencias: los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Ariel**

**Zuckerman, H. y Merton, R.K. (1977). Pautas institucionalizadas de evaluación en la ciencia. En R.K. Merton, *Sociología de la ciencia*. Madrid: Alianza, v. 2**

## Anexo I. Formato Registro bibliográfico SCI-E

PT J

AU Stella, CA

Costanzo, R

Burgos, HI

Saenz, DA

Venerus, RD

TI L-proline as a nitrogen source increases the susceptibility of

*Saccharomyces cerevisiae* S288c to fluconazole

SO FOLIA MICROBIOLOGICA

LA English

DT Article

ID TRANSPORT; ALLOWS

AB Fluconazole inhibition of *Saccharomyces cerevisiae* S288c growth was

evaluated in media containing ammonia, L-proline or L-leucine as a

nitrogen source. Growth inhibition by fluconazole was maximum when

L-proline was used as a nitrogen source, while rhodamine 6G

accumulation and fluconazole resistance were the highest when ammonia

was the sole nitrogen source.

C1 Univ Buenos Aires, Sch Med, Dept Biochem, RA-1053 Buenos Aires, DF, Argentina.

RP Stella, CA, Univ Buenos Aires, Sch Med, Dept Biochem, RA-1053 Buenos

Aires, DF, Argentina.

CR ALBERTSON GD, 1996, ANTIMICROB AGENTS CH, V40, P2835

BOSSCHE HV, 1993, TRENDS MICROBIOL, V2, P393

BREEUWER P, 1994, APPL ENVIRON MICROB, V60, P1467

GEORGOPAPADAKOU NH, 1996, ANTIMICROB AGENTS CH, V40, P279

GRENSON M, 1970, J BACTERIOL, V103, P770

HORAK J, 1986, BIOCHIM BIOPHYS ACTA, V864, P223

HORAK J, 1997, BBA-REV BIOMEMBRANES, V1331, P41

KOLACZKOWSKI M, 1996, J BIOL CHEM, V271, P31543

KOTLIAR N, 1994, CELL MOL BIOL, V40, P833

MCCUSKER JH, 1991, YEAST, V7, P607

SHEEHAN DJ, 1993, CLIN INFECT DIS S2, V17, P494

SLAVIK J, 1982, FEBS LETT, V140, P22

NR 12

TC 3

PU FOLIA MICROBIOLOGICA

PI PRAGUE 4

PA INST MICROBIOLOGY, VIDENSKA 1083, PRAGUE 4, CZECH REPUBLIC 142 20

SN 0015-5632

J9 FOLIA MICROBIOL PRAGUE

JI Folia Microbiol.

PY 1998

VL 43

IS 4

BP 403

EP 405

PG 3

SC Biotechnology & Applied Microbiology; Microbiology

GA 100HJ

UT ISI:000074810500011

ER

## Anexo II. Ventana de Citación Variable

La ventana de citación utilizada (1997-ene.2010) es lo suficiente amplia para captar la influencia de gran parte de los trabajos en el largo plazo (*long term*). Una ventana media de 8 años da robustez a los indicadores calculados.

Año de Publicación	Año de Citación													
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1997	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1998		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1999			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2000				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2001					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2002						X	X	X	X	X	X	X	X	X
2003							X	X	X	X	X	X	X	X
2004								X	X	X	X	X	X	X
2005									X	X	X	X	X	X
2006										X	X	X	X	X
2007											X	X	X	X

**Anexo III. Matriz de copublicación, 1997-2007. Países con una participación  $\geq 1\%$  de la colaboración internacional**

	Alemania	Argentina	Australia	Bélgica	Brasil	Canadá	Chile	China	Colombia	España	Estados Unidos	Francia	Italia	Japón	México	Países Bajos	Portugal	Reino Unido	Suecia
Alemania	0	170	10	8	10	4	2	8	2	22	32	23	13	6	1	8	4	23	5
Argentina	170	0	32	42	181	57	57	31	31	293	531	174	112	53	46	39	25	135	52
Australia	10	32	0	4	6	5	1	5	2	4	12	4	5	7	2	2	2	7	2
Bélgica	8	42	4	0	6	4	2	4	1	12	13	10	8	6	0	6	4	7	1
Brasil	10	181	6	6	0	5	11	4	11	23	36	14	9	7	7	5	7	17	6
Canadá	4	57	5	4	5	0	5	6	3	5	26	4	1	3	2	3	1	12	2
Chile	2	57	1	2	11	5	0	5	7	10	13	8	5	1	7	5	0	4	6
China	8	31	5	4	4	6	5	0	7	10	18	7	9	9	5	5	2	5	2
Colombia	2	31	2	1	11	3	7	7	0	14	8	12	3	2	7	5	4	2	0
España	22	293	4	12	23	5	10	10	14	0	35	37	23	5	8	11	12	17	4
Estados Unidos	32	531	12	13	36	26	13	18	8	35	0	30	26	17	10	11	3	31	11
Francia	23	174	4	10	14	4	8	7	12	37	30	0	10	5	3	12	9	13	7
Italia	13	112	5	8	9	1	5	9	3	23	26	10	0	7	4	9	4	12	1
Japón	6	53	7	6	7	3	1	9	2	5	17	5	7	0	2	1	3	7	0
México	1	46	2	0	7	2	7	5	7	8	10	3	4	2	0	3	0	2	0
Países Bajos	8	39	2	6	5	3	5	5	5	11	11	12	9	1	3	0	1	8	1
Portugal	4	25	2	4	7	1	0	2	4	12	3	9	4	3	0	1	0	3	1
Reino Unido	23	135	7	7	17	12	4	5	2	17	31	13	12	7	2	8	3	0	7
Suecia	5	52	2	1	6	2	6	2	0	4	11	7	1	0	0	1	1	7	0