

# Inventario de Capacidades en Biotecnología

ARGENTINA – BRASIL – PARAGUAY – URUGUAY



El presente informe fue realizado por el Centro Redes para el Programa Biotech, en el marco del contrato "Inventario diagnóstico de las biotecnologías en MERCOSUR y comparación con la Unión Europea" (BIOTECH ALA-2005-017-350-C2).

El equipo de consultores que participaron en este proyecto se compuso de la siguiente manera:

**Dirección**

Mario Albornoz ([albornoz@ricyt.org](mailto:albornoz@ricyt.org))

**Coordinación técnica**

Felipe Vismara ([fvismara@ricyt.org](mailto:fvismara@ricyt.org))

**Componente 1: Capacidades**

Coordinador: Lucas Luchilo ([luchilo@ricyt.org](mailto:luchilo@ricyt.org))

Consultores:

Isabel Bortagaray ([ib24@prism.gatech.edu](mailto:ib24@prism.gatech.edu))

Sergio Duarte ([gestec@conacyt.gov.py](mailto:gestec@conacyt.gov.py))

Mariano de Matos Macedo ([mariano@tecpar.br](mailto:mariano@tecpar.br))

Victor Romanowski ([vromanowski@gmail.com](mailto:vromanowski@gmail.com))

Federico Villarreal ([fv@agro.uba.ar](mailto:fv@agro.uba.ar))

Marcos Bilen ([mbilen@ung.edu.ar](mailto:mbilen@ung.edu.ar))

Mario Moreira ([m.moreira@tecpar.br](mailto:m.moreira@tecpar.br))

**Componente 2: Legislación**

Coordinador: Juan Carlos Carullo ([icarullo@fibertel.com.ar](mailto:icarullo@fibertel.com.ar))

Consultores:

Fabiana Arzuaga ([fabianaarzuaga@fibertel.com.ar](mailto:fabianaarzuaga@fibertel.com.ar))

Katya Evaristo de Jesús- Hitzschky ([katiaregi@gmail.com](mailto:katiaregi@gmail.com))

Daniel Pagliano ([dpagliano@gmail.com](mailto:dpagliano@gmail.com))

**Componente 3: Instrumentos de Financiación**

Coordinador: Ricardo Ferraro ([rferraro@fibertel.com.ar](mailto:rferraro@fibertel.com.ar))

Consultores:

Mariano de Matos Macedo ([mariano@tecpar.br](mailto:mariano@tecpar.br))

Thomas Otter ([tho@tigo.com.py](mailto:tho@tigo.com.py))

Silvia Peluffo ([apeluffo@csic.edu.uy](mailto:apeluffo@csic.edu.uy))

Verônica Beyreuther ([vbeyreut@fibertel.com.ar](mailto:vbeyreut@fibertel.com.ar))

**Componente 4: Patentes**

Coordinador: Rodolfo Barrere ([rbarrere@ricyt.org](mailto:rbarrere@ricyt.org))

Consultores:

Claudio Giacuzzo ([cgiacuzzo@gmail.com](mailto:cgiacuzzo@gmail.com))

Sergio Duarte ([gestec@conacyt.gov.py](mailto:gestec@conacyt.gov.py))

Isabel Bortagaray ([ib24@prism.gatech.edu](mailto:ib24@prism.gatech.edu))

**Componente 5 Bases de datos**

Rodolfo Barrere ([rbarrere@ricyt.org](mailto:rbarrere@ricyt.org))

Lautaro Matas ([lmatas@ricyt.org](mailto:lmatas@ricyt.org)).

# Índice

<b>I. Estimación de las capacidades en biotecnología del MERCOSUR</b>	<b>Página 3</b>
<b>II. Informe sobre Argentina</b>	<b>Página 34</b>
<b>III. Informe sobre Brasil</b>	<b>Página 50</b>
<b>IV. Informe sobre Paraguay</b>	<b>Página 88</b>
<b>V. Informe sobre Uruguay</b>	<b>Página 101</b>

## **I. Estimación de las capacidades en biotecnología del MERCOSUR**

# Introducción

El desarrollo de la biotecnología constituye una prioridad para las políticas de ciencia, tecnología e innovación en los países del MERCOSUR. Tienen aplicaciones en una gama de sectores muy importantes –agricultura, agro-alimentación, industria, salud humana, sanidad animal y medio ambiente– y exigen un esfuerzo de creación y mantenimiento de capacidades científicas y tecnológicas que requiere una acción sistemática del Estado. En este informe se realiza una estimación de las capacidades en biotecnología del MERCOSUR, a partir de cuatro estudios nacionales en los que se presenta la información básica disponible sobre algunos aspectos críticos para el desarrollo de las actividades en esta área.

El análisis de las capacidades con las que cuenta un país o una región para llevar adelante los proyectos y acciones para aprovechar las oportunidades de las biotecnologías implica, por un lado, disponer de un relevamiento de sus principales grupos, centros de excelencia y producción, en términos de publicaciones, patentes y contratos de transferencia al sector productivo y, por otro lado, de un análisis de la dinámica mediante la cual ciertas decisiones de política pública se concretan en la conformación y fortalecimiento de una trama de instituciones y recursos humanos que obtienen resultados valiosos en términos científicos, tecnológicos y productivos. Es por ello que para analizar el desarrollo y capacidad actual de la biotecnología en los países del MERCOSUR se requieren varias definiciones previas; entre ellas algunas relativas a:

- ⇒ los marcos jurídicos y regulatorios que permiten el ejercicio de actividades de contenido biotecnológico y
- ⇒ la estructura de incentivos para el despliegue de las actividades en biotecnología implementada como instrumentación de las políticas antes referidas.

El enfoque de creación de capacidades se inscribe en un intento por superar las limitaciones de los abordajes de la política científica tradicional basados en la oferta de conocimientos y cuya línea de intervención principal es la promoción de las actividades de investigación básica, sobre la base de aplicación de criterios de calidad establecidos por la propia comunidad científica. Al mismo tiempo, difiere parcialmente de los enfoques de política de innovación que se concentran en la demanda de conocimientos y ponen como foco de la política al estímulo a la conducta innovadora de las empresas.

La creación de capacidades toma como referencias algunos elementos de los enfoques tradicional y de innovación y postula “la necesidad de implementar políticas que no sólo tengan en cuenta la I+D, sino también las distintas etapas o modalidades del proceso social del conocimiento: la capacitación científica y técnica, la adquisición de conocimientos, su difusión y su aplicación en actividades productivas u orientadas al

desarrollo social”.<sup>1</sup> Esta perspectiva supone el abordaje de una mayor diversidad de actores y niveles de intervención, en la línea de los enfoques sobre sistemas de innovación y acorde con la variedad de modalidades de intervención que los Estados implementan.

Uno de los problemas que derivan de este enfoque es el de la delimitación del concepto de “capacidades”. Si se adopta una definición muy estrecha, bajo esa denominación puede quedar comprendida exclusivamente la “oferta de conocimientos”. Si, por el contrario, se parte de una definición muy amplia, se corre el riesgo de incluir a casi cualquier aspecto de un sistema de innovación. Asimismo, el término “capacidad” tiene un significado que alude tanto a la “capacidad actual” como a la “potencial”. Un elemento adicional también muy importante se refiere no ya al contenido del concepto sino a la posibilidad de aprehender sus dimensiones principales a través de un conjunto de indicadores e informaciones adicionales.

Desde el punto de vista de este informe, se consideran capacidades en biotecnología aquellos aspectos relativos a:

1. la dotación y características de los recursos humanos dedicados a actividades en biotecnología,
2. las instituciones dedicadas a la investigación y desarrollo (I+D) en esa materia, con particular referencia a los centros de excelencia,
3. las instituciones orientadas a la formación de recursos humanos en biotecnología, con particular referencia a la formación de posgrado,
4. las empresas que desarrollan actividades biotecnológicas,
5. los grupos de I+D en biotecnología,
6. la utilización productiva de los resultados de las actividades biotecnológicas.

Para estimar las capacidades se han adoptado una serie de criterios metodológicos, sistematizados en el Manual de Indicadores en Biotecnología, elaborado en el marco de este mismo proyecto. Se han explorado además las fuentes de información disponibles para cada país del MERCOSUR, procurando obtener de ellas los datos que cumplan con los criterios adoptados. Los aspectos regulatorios y de financiamiento no se han considerado en este informe como capacidades, aún cuando podrían ser vistos de ese modo. De cualquier manera, para cualquier diagnóstico o elaboración de propuesta de intervención deben ser integrados. La estructura de incentivos, los marcos legales y las instituciones y actores que producen, difunden o utilizan la biotecnología son facetas complementarias de un mismo objeto.

La primera aproximación a una medición de las capacidades del MERCOSUR se basa en un análisis de resultados de producción científica y de patentes. La elección de este punto de partida se basa en una doble consideración de naturaleza metodológica y fáctica, relativas, por un lado, a los métodos internacionalmente aceptados para la medición de resultados y, por otro lado, a la disponibilidad de acceso a las bases de datos internacionales. La biotecnología es un área importante en la corriente principal de

---

<sup>1</sup> Albornoz, Mario “Política Científica y Tecnológica. Una visión desde América Latina”, en CTS+I Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Año 1, N°1, septiembre-diciembre 2001

investigación en ciencias naturales, adecuadamente registrada por las fuentes ISI y los investigadores de la región tienen fuertes estímulos para publicar en revistas indexadas. Asimismo, los productos de las actividades biotecnológicas forman parte del conjunto de productos para los cuales los sistemas de protección de la propiedad intelectual son necesarios, por lo que los registros de patentes son una fuente adecuada para estimar la producción tecnológica en este campo.

La segunda sección de este informe analiza la situación de los países en lo relativo a los recursos humanos dedicados a actividades biotecnológicas. Este análisis se inicia con una reseña de los programas de formación específicamente orientados a la biotecnología en cada país. A partir de distintas fuentes, en cada informe nacional se ha estimado el personal que se desempeña en esta temática. La información comparativa permite apreciar el estado de situación de cada país dentro de la región y en relación con otras regiones.

La tercera sección se dedica a la presentación de las instituciones de investigación en ciencia y tecnología en la región. Se sistematizan los datos presentados en cada informe nacional, procurando extraer algunas conclusiones sobre las características de la trama de instituciones que realiza investigaciones en biotecnología. Entre esas instituciones se abordan con mayor detalle los centros de excelencia.

Las empresas de biotecnología son el tema de la cuarta sección. Los informes nacionales proporcionan una estimación de la cantidad de empresas activas en biotecnología, con diverso grado de especificación sobre sus características. Se proporciona información sobre los sectores en los que se desempeñan las empresas, sobre su distribución regional, su facturación y el empleo que generan.

La quinta sección presenta un panorama comparativo sobre la adopción de organismos genéticamente modificados (OGM) en el sector agrícola. Este panorama muestra una creciente utilización de OGM en los países de la región, estrechamente ligada a su especialización productiva.

En la sección final se sintetizan las principales conclusiones que pueden extraerse de la estimación de capacidades y se presentan algunos de los aspectos que requerirían mayor profundización, sobre todo desde la perspectiva del desarrollo de sistemas de información estadística en biotecnología para el MERCOSUR.



## **1. La producción biotecnológica en el MERCOSUR**

El análisis de los principales resultados que muestran los indicadores bibliométricos y de patentes para la biotecnología en los países del MERCOSUR pone de manifiesto ciertas tendencias prevalecientes que es conveniente examinar con atención a fin de determinar, por ejemplo, qué representan dentro del contexto nacional, en comparación con otras áreas científicas y tecnológicas, o bien estimar cuán internacionalizadas están las actividades de investigación en biotecnología en la región. Un aspecto no menor es la posibilidad de comparar los datos con los de otros países, alcanzar una estimación del conjunto regional y evaluar comparativamente con el desempeño de estas disciplinas en otras regiones del planeta.

### **Una mirada sobre las fuentes de información**

Para dar una respuesta a las cuestiones recién planteadas, es preciso discutir brevemente sobre la adecuación y disponibilidad fáctica de las informaciones que se utilizan para elaborar las respuestas. En otras palabras, es preciso establecer previamente si las fuentes disponibles son las adecuadas para dar una respuesta que satisfaga condiciones de representatividad.

Para el caso de las publicaciones, el Science Citation Index (SCI) es una fuente de excelente cobertura y calidad para la producción científica de corriente principal en el campo de las ciencias exactas y naturales. Desde esta perspectiva, los distintos temas de investigación relacionados con las biotecnologías están adecuadamente representados en la base. La otra cuestión a dilucidar es si los sesgos de la base –por ejemplo, idiomáticos y geográficos– hacen que haya un notorio subregistro de la producción de los países de la región. Sin duda, tales sesgos existen, pero al mismo tiempo dentro de las comunidades de investigación va adquiriendo una creciente importancia la publicación en las revistas incluidas en el SCI.

En lo relativo a las patentes, “aunque las patentes de eventos biotecnológicos no captan todo el universo de invenciones de este tipo, son consideradas suficientemente representativas como para medir en forma aproximada el dinamismo tecnológico de la actividad”.<sup>2</sup> De cualquier modo, las distintas bases de datos utilizadas tienen utilidades y sesgos diferentes. Para contar con un panorama lo más completo posible del desarrollo biotecnológico de los países del MERCOSUR se relevaron y analizaron los documentos provenientes de las oficinas nacionales de propiedad intelectual de cada país, y los registrados en bases de datos internacionales. Esto permite una observación desde dos ángulos diferentes y complementarios.

Los registros de las oficinas nacionales de propiedad intelectual de los países integrantes del MERCOSUR dan cuenta de la más amplia gama de invenciones de los agentes locales, pero también permiten observar el interés de sus mercados para los no

---

<sup>2</sup> Bisang, Roberto y Stubrin, Lilia “Derechos de propiedad intelectual y biotecnología: el ritmo asimétrico del patentamiento”, en Bisang, R; Gutman, G; Lavarello, P; Sztulwark, S y Díaz, A. (compiladores) Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina, Buenos Aires, Prometeo Libros, 2006, p.249.

residentes que protegen sus desarrollos en el ámbito de cada país. Por otra parte, las bases de datos internacionales ofrecen una medida de la proyección de las invenciones de los países del MERCOSUR en los principales mercados del mundo. Si bien se trata de un escaso número de documentos, son aquellos que poseen un mayor potencial de beneficio económico. Con este objetivo se han recopilado las patentes registradas por titulares de países del bloque en tres fuentes internacionales: la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y la base de datos de publicaciones del convenio PCT de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO).

## 1.2. La producción científica

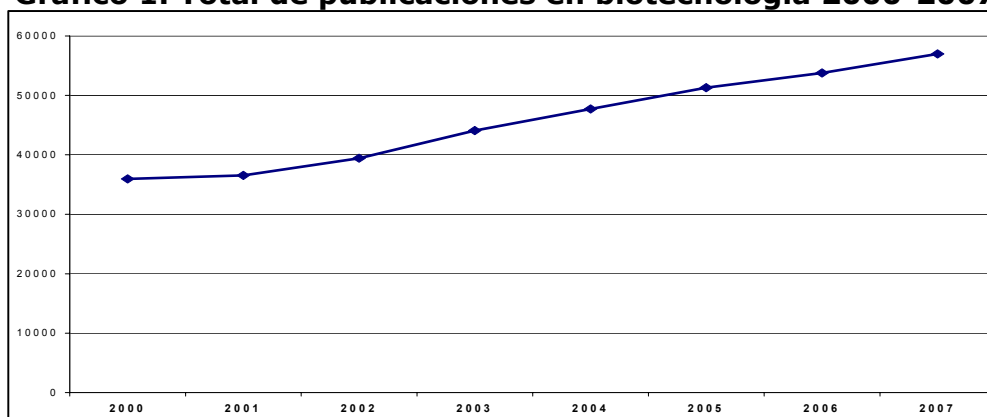
Con el propósito de estimar la importancia y situación actual de la producción de nuevo conocimiento científico en biotecnología en los países del MERCOSUR se presentan los datos de producción en el contexto de las tendencias mundiales y se observa su evolución a lo largo del tiempo. Para ello se presentan y analizan los siguientes elementos:

- a) tendencias mundiales,
- b) evolución reciente de la publicación de artículos científicos por parte de los investigadores de los distintos países del MERCOSUR,
- c) comparación de esos resultados con las tendencias mundiales, observando su evolución a lo largo del tiempo.

### 1.2.1. Las tendencias mundiales

El rasgo saliente en materia de publicaciones en biotecnología es el sostenido crecimiento experimentado en los últimos años. A través de una búsqueda con una serie de palabras clave, se recuperaron un total de 365.783 documentos pertenecientes al campo de la investigación en biotecnología disponibles en el SCI entre los años 2000 y 2007. Como se puede observar en el Gráfico 1, el campo de la biotecnología presenta un marcado aumento a escala mundial. La tendencia se observa muy claramente a partir de 2001. Mientras que en 2000 se registraron 35.936 documentos, en 2007 la producción ascendió a 56.994 documentos.

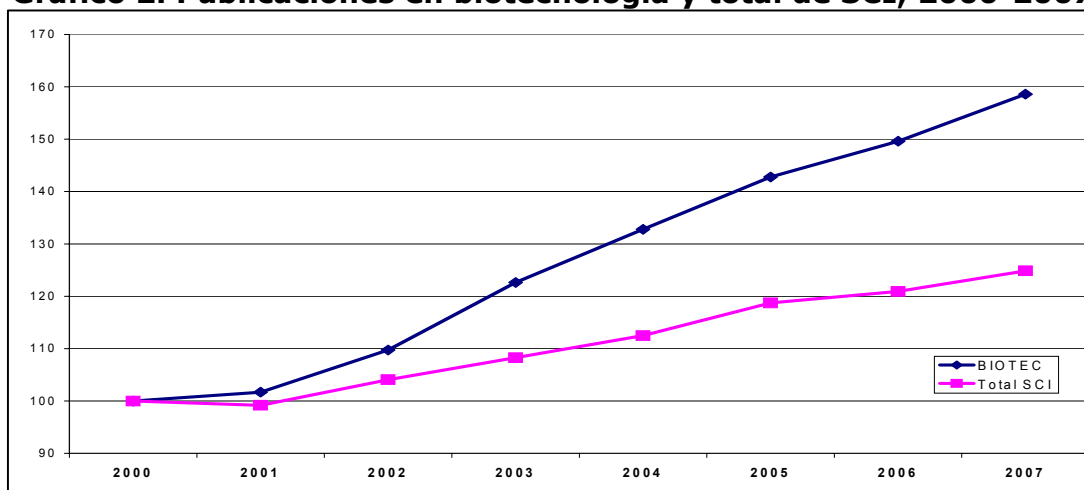
**Gráfico 1. Total de publicaciones en biotecnología 2000-2007**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Tomando el año 2000 como base, se verifica que la producción científica mundial en biotecnología aumentó significativamente año tras año, llegando a acumular un incremento del 58% en 2007 con respecto al comienzo del período analizado (Gráfico 2), manteniendo un crecimiento interanual sostenido de entre un 7% y un 12% a partir de 2001, en todos los años analizados.

**Gráfico 2. Publicaciones en biotecnología y total de SCI, 2000-2007**



Base 2000=100

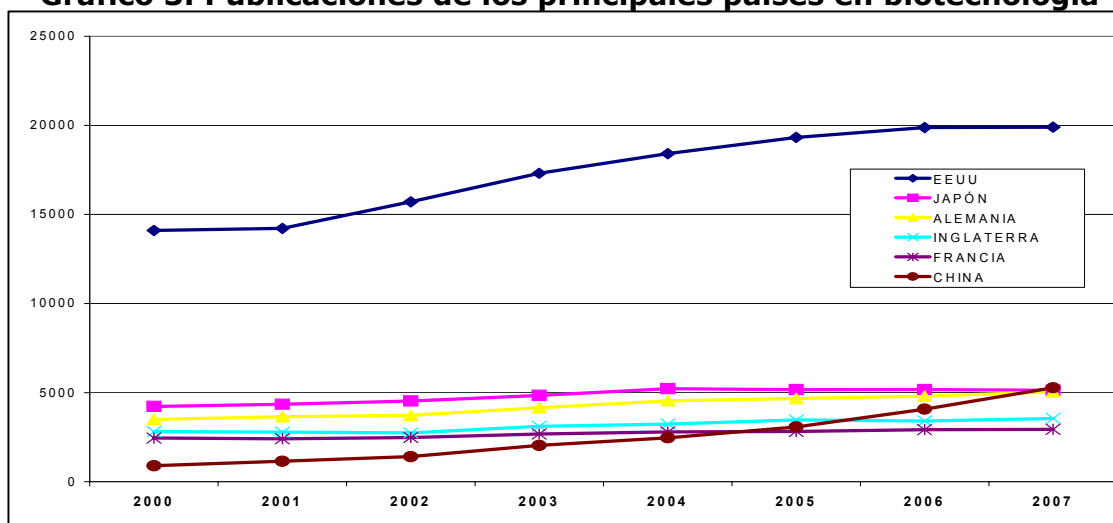
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El Gráfico 3 presenta la evolución de la producción científica de los seis países del mundo más productivos en el campo de la biotecnología. Los resultados obtenidos muestran una fuerte presencia de los Estados Unidos, con 14.103 artículos en 2000 y 19.900 en 2007, manteniendo su participación en el 38% del total correspondiente a todo el período, aunque decreciente desde 39% en 2000 al 35% en 2007. En segundo lugar, aparece Japón, que presenta una participación que decrece desde el 11.7% en 2000 hasta el 9% en 2007, con una participación en el 10.6% del total del período<sup>3</sup>. Alemania, Inglaterra y Francia ocupan del tercero al quinto puesto respectivamente en cuanto a su producción total del período y, al igual que Japón, mantienen un nivel de participación decreciente de entre un 1 y 2 %, oscilando en torno a su participación total (en el orden del 9%, 7% y 5.5% para cada país).

Por último, China es el sexto país en participación en la producción total del período 2000-2007. Sin embargo, presenta un comportamiento diferente a los restantes países, ya que su participación crece durante todo el período analizado, pasando del 2,5% en 2000, al 9,3% en 2007, con una participación del 5,57% en la producción total del período. El crecimiento de su producción científica anual en biotecnología hace posible que en el año 2005 supere a Francia, en 2006 supere tanto a Alemania como a Inglaterra y, en 2007, a Japón.

<sup>3</sup> Cabe señalar que en este caso se ha utilizado la metodología de contabilización por enteros, es decir que se ha contado un registro completo para cada uno de los países participantes en el mismo. Existen así duplicaciones generadas por la colaboración internacional, razón por la cual la suma de la producción de los países es superior al total mundial.

**Gráfico 3. Publicaciones de los principales países en biotecnología**



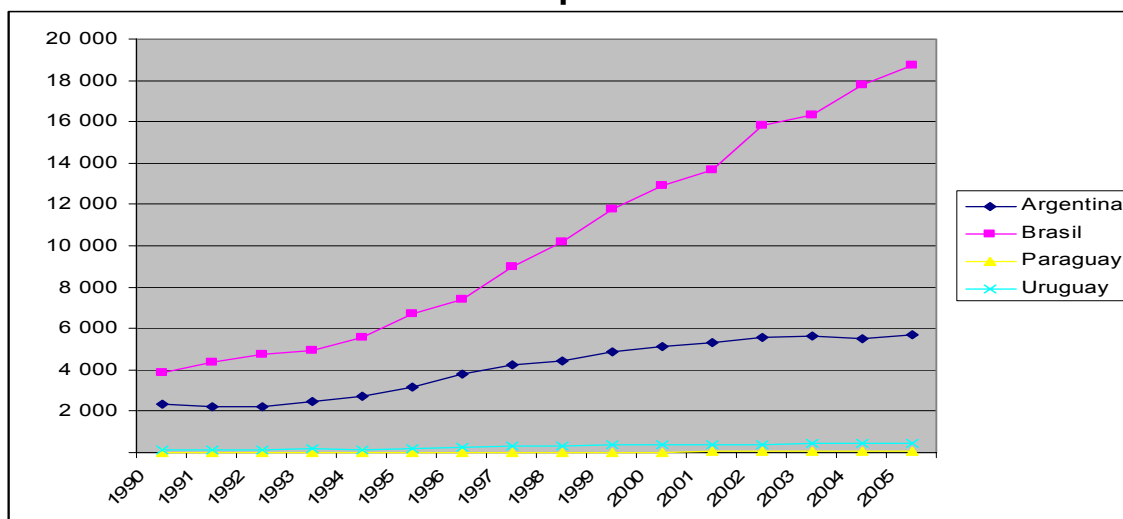
Período: 2000-2007

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

### 1.2.2. Tendencias de publicación en los países del MERCOSUR

¿Cuáles han sido las tendencias recientes en la evolución de la cantidad y distribución de publicaciones SCI en los países del MERCOSUR? Como en el caso de las tendencias mundiales, en los países del MERCOSUR se ve un importante crecimiento de las publicaciones, que se refleja en las distintas bases de datos bibliométricas (Gráfico 4).

**Gráfico 4. Publicaciones de los países del MERCOSUR en el SCI**



Período: 1990-2005

Como se observa claramente en el gráfico, el mayor crecimiento en cantidad y en proporción se da en Brasil, con Argentina con una pauta de aumento más moderada y Paraguay y Uruguay con un dinamismo mucho menor. Este crecimiento se relaciona en

parte con el aumento de la dotación de investigadores y, en parte, con una mayor productividad de los grupos.

### 1.2.3. Autores del MERCOSUR y tendencias mundiales

Cabe formular la pregunta acerca de la medida en las tendencias que se observan en la evolución de la cantidad de publicaciones en biotecnología de los investigadores de instituciones de los países del MERCOSUR son similares o difieren de las observadas a escala mundial. La primera observación al respecto es que la tasa de crecimiento de las publicaciones del MERCOSUR ha sido mayor que la mundial: mientras que a escala mundial la cantidad de publicaciones en biotecnología creció un 58% entre 2000 y 2007, la del MEFCOSUR lo hizo en un 146% en el mismo período. Sin embargo, el comportamiento de los distintos países de la región muestra diferencias muy marcadas. Brasil explica la tendencia al crecimiento: la cantidad de publicaciones en biotecnología brasileñas creció un 173%. En los casos de Paraguay y Uruguay se observan fluctuaciones pequeñas, sin que se manifiesten tendencias claras al aumento de las publicaciones. Las publicaciones de investigadores de instituciones argentinas crecieron un 85%, un porcentaje mayor que el del promedio de crecimiento mundial, pero sustancialmente menor que el de Brasil. Una consecuencia de estas tendencias es una mayor asimetría entre los países de la región: en 2000 las publicaciones argentinas representaban un 38% de las brasileñas; siete años después ese porcentaje se había reducido al 26%.

**Cuadro 1. Publicaciones de instituciones científicas del MERCOSUR**

Países	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Argentina	160	185	196	202	229	235	285	296
Brasil	416	410	542	624	745	779	990	1.137
Paraguay	3	6	1	0	0	4	1	5
Uruguay	16	12	12	23	19	23	31	20
<b>MERCOSUR</b>	<b>581</b>	<b>597</b>	<b>741</b>	<b>834</b>	<b>970</b>	<b>1011</b>	<b>1284</b>	<b>1431</b>

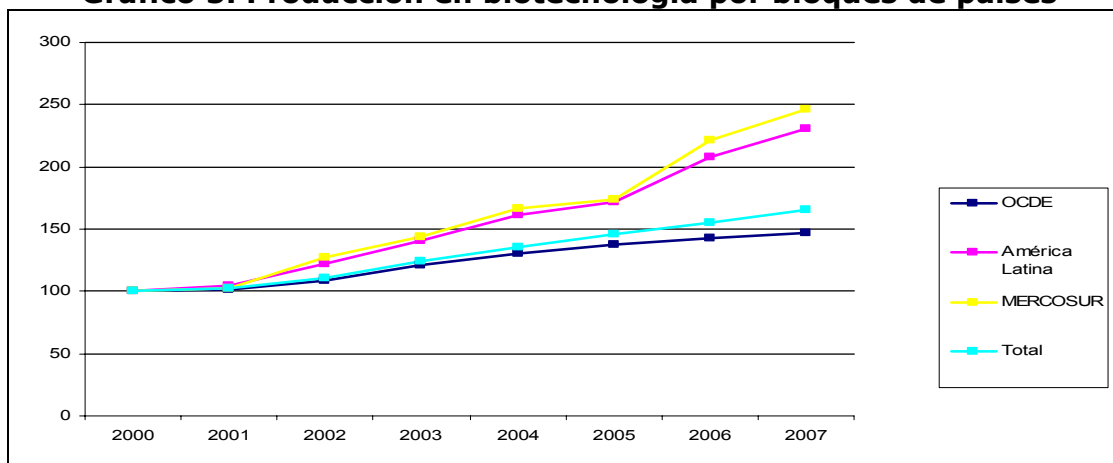
Período: 2000-2007.

Las publicaciones de los investigadores de los países del MERCOSUR representan el 65% del total regional de América Latina, por lo que la tendencia en el comportamiento regional está muy influida por la pauta del MERCOSUR. En la medida en que Brasil representa casi el 80% de las publicaciones del MERCOSUR, su papel en la configuración de las tendencias latinoamericanas es decisivo.

En cuanto al desempeño del MERCOSUR con respecto a otras regiones del planeta, el Gráfico 5 muestra la evolución de la producción bibliográfica en biotecnología de diferentes agrupaciones de países, entre 2000 y 2007. Se puede observar que el conjunto correspondiente a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), que agrupa a los países más desarrollados, representa un 83% de la participación total mundial. Un una participación de tal magnitud, imprime su tendencia en el total mundial. Sin embargo, aunque con tendencias semejantes, el total de la producción mundial en este campo tiene una pendiente levemente mayor, lo que indica que la producción científica del resto de los países están creciendo, en términos relativos, más rápidamente que la de la OCDE. América Latina y el MERCOSUR han

crecido a una tasa superior al promedio mundial lo que, como contracara, expresa su inicial retraso relativo.

**Gráfico 5. Producción en biotecnología por bloques de países**

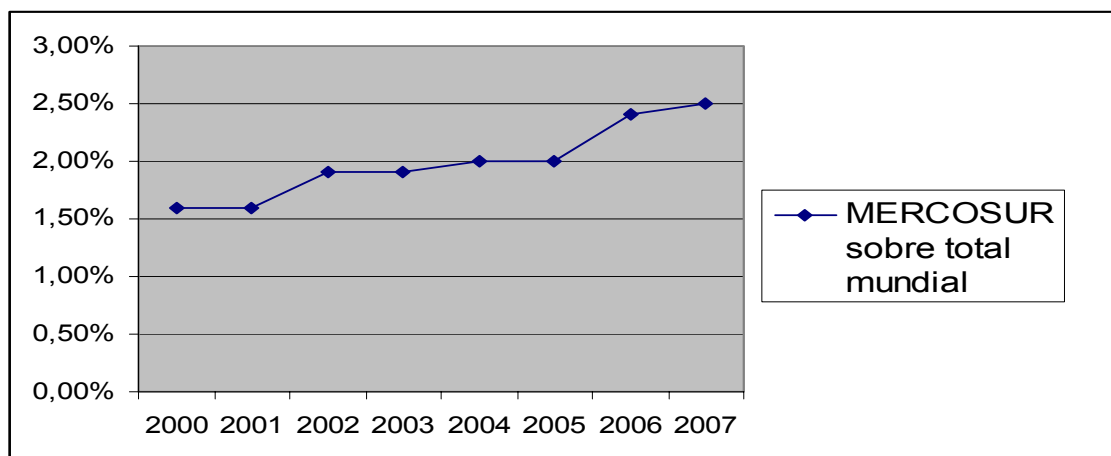


Período: 2000-2007. Base 2000=100.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Las diferencias en las tasas de crecimiento de las publicaciones entre el MERCOSUR y el de otras regiones hace que la participación relativa de la producción de esta región haya crecido, pasando de un 1,6% en 2000 a un 2,5% en el 2007.

**Gráfico 6: Publicaciones del MERCOSUR sobre total mundial**



Período: 2000-2007.

#### 1.2.4. Publicación del MERCOSUR y tendencias de cada país

¿En qué medida las publicaciones en biotecnología realizadas por los investigadores de los países del MERCOSUR presentan rasgos distintivos con respecto a las tendencias generales a la publicación registrada por el SCI para cada país de la región? En el Cuadro 2 se comparan tendencias de crecimiento. El caso de Paraguay no es muy representativo, dada la baja cantidad de publicaciones en biotecnología. Para el resto de los países, entre 2000 y 2005, se observa un mayor dinamismo en la publicación en biotecnología que en el conjunto de las disciplinas cubiertas por el SCI.

**Cuadro 2. MERCOSUR: Publicaciones SCI totales y en biotecnología**

	Crecimiento general de publicaciones SCI 2000-2007	Crecimiento publicaciones en biotecnología SCI 2000-2007
<b>Argentina</b>	11%	47%
<b>Brasil</b>	31%	87%
<b>Paraguay</b>	47%	33%
<b>Uruguay</b>	25%	44%

Período: 2000 y 2007.

Estas diferencias en las tasas de crecimiento implican que entre 2000 y 2005 creció la participación relativa de las publicaciones en biotecnología dentro del conjunto de las publicaciones SCI de los investigadores de países del MERCOSUR, con la excepción de una leve disminución en el caso de Paraguay (Cuadro 3).

**Cuadro 3: Publicaciones en biotecnología sobre total SCI, MERCOSUR**

	2000	2005
<b>Argentina</b>	3,12%	4,12%
<b>Brasil</b>	3,23%	4,15%
<b>Paraguay</b>	10,00%	9,09%
<b>Uruguay</b>	4,56%	4,89%

Período: 2000-2005

### 1.2.5. La publicación en colaboración internacional

¿En qué medida este crecimiento se ha apoyado sobre una mayor presencia de las publicaciones en colaboración internacional? Los datos que se presentan en el Cuadro 4 muestran que, si bien las publicaciones en colaboración han crecido, lo han hecho a una tasa menor que la del conjunto de publicaciones en biotecnología. En el caso del Brasil, entre 2000 y 2007 se observa una caída del porcentaje de publicaciones en colaboración. En la Argentina predomina una situación de estabilidad. En Uruguay y Paraguay, el escaso número de publicaciones dificulta establecer tendencias claras.

**Cuadro 4. Publicaciones con y sin colaboración internacional**

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Brasil	En colaboración	195	169	208	222	279	300	353	352
	Sin colaboración	221	241	334	402	466	479	637	785
	% en colaboración	46,9%	41,2%	38,4%	35,6%	37,4%	38,5%	35,7%	31,0%
Argentina	En colaboración	69	81	84	90	112	133	151	136
	Sin colaboración	91	104	112	112	117	102	134	160
	% en colaboración	43,1%	43,8%	42,9%	44,6%	48,9%	56,6%	53,0%	45,9%
Uruguay	En colaboración	13	8	9	17	13	14	23	11
	Sin colaboración	3	4	3	6	6	9	8	9
	% en colaboración	81,3%	66,7%	75,0%	73,9%	68,4%	60,9%	74,2%	55,0%
Paraguay	En colaboración	3	6	1	0	0	3	0	4
	Sin colaboración	0	0	0	0	0	1	1	1
	% en colaboración	100%	100%	100%	-	-	75,0%	0%	80%

Período: 2000-2005

El otro tema de interés en materia de publicaciones en colaboración es identificar con investigadores de qué países se colabora y cómo incide la colaboración con otros países del MERCOSUR. El panorama que se presenta en el cuadro 5 muestra una fuerte concentración de la colaboración con los Estados Unidos y, en menor medida, con los países de Europa occidental. En el caso brasileño, el peso de la colaboración con los Estados Unidos es mayor que en los otros países, ya que representa el 47,6% del total, mientras que para la Argentina representa el 34% y para el Uruguay el 36%.

**Cuadro 5. Países de mayor colaboración internacional con MERCOSUR**

BRASIL		ARGENTINA		PARAGUAY		URUGUAY	
	Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad
EEUU	990	EEUU	288	EEUU	6	EEUU	39
FRANCIA	226	ESPAÑA	149	BRASIL	5	FRANCIA	21
REINO UNIDO	199	BRASIL	119	HOLANDA	4	BRASIL	18
ALEMANIA	174	FRANCIA	119	ARGENTINA	3	ARGENTINA	17
CANADÁ	134	ALEMANIA	83	FRANCIA	2	ESPAÑA	14

Para cada país del MERCOSUR, la participación de las publicaciones en colaboración con otros países de la misma región es minoritaria, sobre todo para los mayores países de la región. Para la Argentina, las publicaciones en colaboración con otros países del MERCOSUR entre 2000 y 2007 representan el 17% de las publicaciones en colaboración, en Brasil el 7%, en Paraguay el 53% y en Uruguay el 33%.

### 1.3. Patentes

#### 1.3.1. Patentes del MERCOSUR en las bases internacionales

Como se señaló previamente, las bases de datos internacionales permiten apreciar la proyección mundial de las invenciones de los países del MERCOSUR. Las invenciones que aparecen en estas bases tienen un potencial económico que justifica que las empresas o instituciones afronten los costos de presentación y mantenimiento. Si se toma como referencia la base estadounidense para el período 2000-2007, se observa que la presencia de titulares radicados en el bloque regional en las patentes otorgadas por la USPTO es muy escasa. Brasil es el único que tiene una presencia constante a lo largo de todos los años del periodo. Entre los titulares brasileños de las patentes registradas en la oficina americana se destacan las universidades y otros organismos del sector público (FAPESP, FIOCRUZ y EMBRAPA). En el caso argentino hay menos patentes pero una mayor presencia relativa de empresas privadas.

**Cuadro 6. Patentes otorgadas por la USPTO (total y MERCOSUR)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
USPTO	6983	7871	7250	6698	6005	5302	6950	6880	53939
AR		1		1			3	4	9
BR	1	3	3	8	5	2	7	4	33
PY									0
UY								1	1



La presencia de patentes de países del MERCOSUR en la Oficina Europea de Patentes es menor, con apenas 6 patentes entre 2000 y 2007. En lo que se refiere a la base de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), la presencia es mayor, como se observa en el cuadro 7. Se destaca el peso de las patentes brasileñas, con alrededor del 80% del total de la región. FAPESP, con 17 patentes, y FIOCRUZ, con 15, son los principales titulares. Las universidades participan en un 20% de las patentes. En el caso argentino, empresas privadas son titulares del 60% de las patentes publicadas en WIPO.

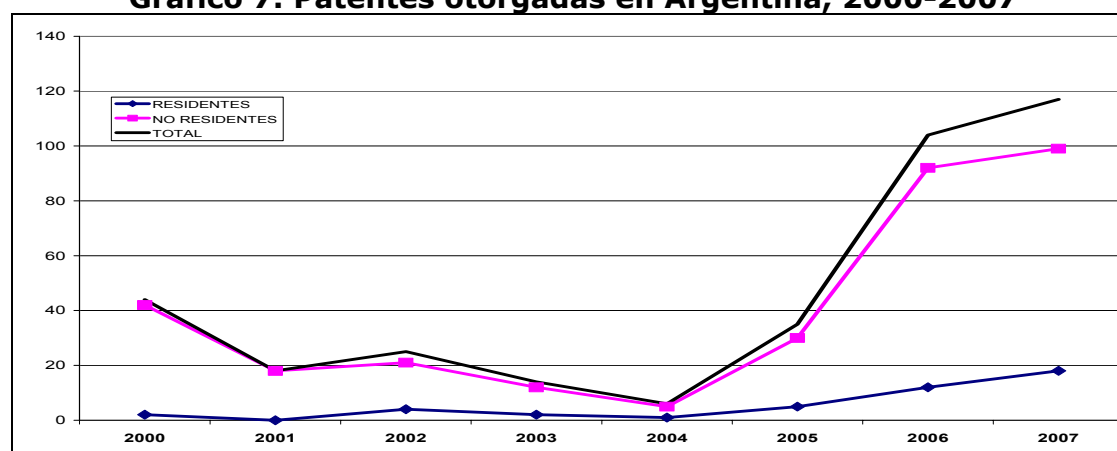
**Cuadro 7. Patentes WIPO (total y países del MERCOSUR)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
WIPO	7989	10287	10960	10963	9381	8668	7634	7349	73231
AR	1		2	1	2	1	4	4	15
BR	1	8	14	10	16	7	12	14	82
PY									0
UY			1		1	1	1	1	5

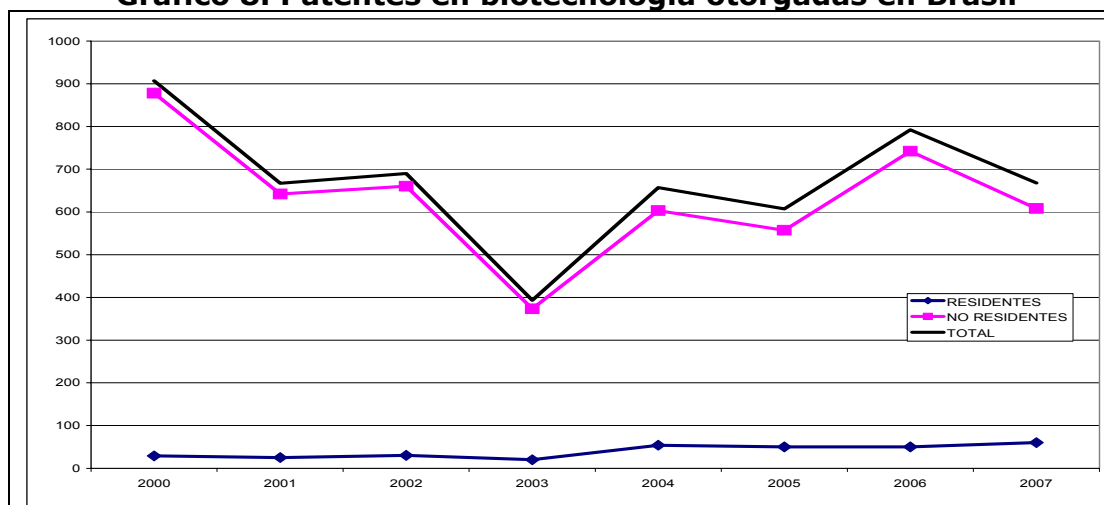
### 1.3.2 Patentes en las bases de los países del MERCOSUR

La información proveniente de las oficinas de patentes de los países del MERCOSUR permite tener una aproximación a la capacidad inventiva del país en materia de biotecnología y también al atractivo de sus mercados para que los titulares de patentes en terceros países registren la patente en los países del MERCOSUR. En todos los casos, el rasgo más importante es la enorme preponderancia de las patentes otorgadas a no residentes frente a las otorgadas a residentes. Como se observa en los gráficos 7 y 8, la tendencia en materia de patentes otorgadas en biotecnología en la Argentina y en Brasil está determinada por las decisiones de patentamiento de las empresas extranjeras, sobre todo estadounidenses. Un elemento adicional es la bajísima presencia entre los no residentes que patentan en los países del MERCOSUR de empresas cuya base esté en otro de los países de la región. En el caso de Paraguay, las patentes otorgadas son apenas 13, todas de no residentes. En Uruguay la situación es análoga, con 4 patentes en el mismo período. Estos exiguos números indican que, desde la perspectiva de las empresas, las dimensiones y características de los respectivos mercados nacionales no justifican el patentamiento.

**Gráfico 7. Patentes otorgadas en Argentina, 2000-2007**



**Gráfico 8. Patentes en biotecnología otorgadas en Brasil**



## 2. Recursos humanos dedicados a biotecnología

El análisis de los recursos humanos dedicados a biotecnología en el MERCOSUR comprende tres aspectos principales:

- capacidad de formación de posgrado en biotecnología en los países de la región,
- dotación de personal ocupado en tareas de I+D en biotecnología,
- dotación de personal ocupado en empresas que desarrollan actividades en biotecnología.

La recopilación de los datos sobre becarios e investigadores presenta una dificultad de identificación, en la medida en que los reportes sobre personal no suelen comprender la categoría “biotecnología” como área del conocimiento. Para obtener la información en el caso argentino, se trabajó sobre la identificación de los centros de investigación y sobre las líneas de investigación en biotecnología, y, a partir de ellas, se estimó la cantidad de investigadores. En el caso brasileño, se utilizaron palabras claves en la base Lattes. Probablemente, el método adoptado para la Argentina subestime la cantidad de investigadores y el brasileño la sobreestime. Los datos sobre empleo en empresas, disponibles para Argentina y Brasil, provienen, en el primer caso, de una encuesta específica y en el segundo caso, de la base RAIS (Relação Anual de Informações Sociais), desarrollada y actualizada por el Ministerio de Trabajo del Gobierno Federal.

### 2.1. Formación de posgrado

La existencia de programas de formación de posgrado en biotecnología es un factor de primer orden para asegurar una dotación de investigadores y de profesionales altamente calificados para desempeñarse en las empresas, universidades y centros de

investigación y en el sector público. Desde esta perspectiva, Brasil ha experimentado en los últimos años un proceso de expansión de su capacidad de formación de posgrado. Este proceso no es exclusivo del área de biotecnología, pero sin duda los avances en esta área son muy destacables. En el caso argentino, también se aprecia una capacidad importante de formación de posgrado, sobre todo en el nivel de doctorado. Uruguay tiene una oferta de menor envergadura y de carácter más general. Paraguay tiene un déficit significativo en esta temática.

Las características básicas de la oferta de formación de posgrado en biotecnología en Brasil son las siguientes:

- ⇒ Existen 31 programas de posgrado, la mayor parte de ellos de creación posterior al año 2000. 19 de ellos son de doctorado, 11 de maestría y 1 de maestría profesional.
- ⇒ De acuerdo con la escala de clasificación provista por la CAPES, en una escala de 1 a 7 la mayor parte de los programas (62% de los de maestría y 90% de los de posgrado) tiene una clasificación entre 4 y 5, lo que indica que se encuentran en fase de consolidación, sin alcanzar los mayores niveles de calidad.
- ⇒ Las áreas temáticas que cubren esos programas son bastante diversificadas.
- ⇒ La distribución regional de los programas es bastante equilibrada –al menos si se la compara con la distribución regional de empresas y de centros de excelencia–: 6 programas se localizan en el Estado de San Pablo, 4 en Paraná y en Río de Janeiro, 3 en Bahía, 2 en Río Grande do Sul, en Amazonas, y en Ceará, y 1 en Santa Catarina, en Minas Gerais, en Espírito Santo, en Sergipe, Halagoas, Matto Grosso do Sul y el Distrito Federal.

En la Argentina, la formación de posgrado en áreas y temas vinculados a la biotecnología se concentra en las universidades públicas. Quince universidades nacionales tienen carreras de doctorado acreditadas por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) en Biología, la mayor parte de ellas en facultades de ciencias naturales. Nueve de esos quince tienen categoría A, la más alta, todos en universidades nacionales –Buenos Aires, Rosario, La Plata, Córdoba, San Martín, Comahue, Sur, Río Cuarto y Mar del Plata–. Solamente existen un programa de doctorado y dos de maestría específicamente dedicados a la biotecnología. En el caso del Uruguay, los programas de doctorado se localizan en la Universidad de la República, y son de carácter amplio, es decir, se refieren a un área disciplinaria. Existe una maestría en biotecnología.

## **2.2. Investigadores y equipos de investigación**

La estimación de la cantidad y características de los investigadores en biotecnología presenta algunas dificultades importantes, que se desprenden de los criterios de clasificación utilizados por los sistemas de información de las instituciones y los países. Por lo tanto, para estimar el acervo de personal en investigación y desarrollo en biotecnología es preciso adoptar algunos supuestos que pueden conducir a una sobre o a una sub estimación.

Para el caso argentino, la aproximación elegida fue la estimación del personal a partir de la identificación de los institutos de investigación, bajo el supuesto que los investigadores que se desempeñan en un instituto especializado en biotecnología son investigadores en biotecnología. La dificultad que se observan es que si se adopta como definición de instituto biotecnológico a todo aquél en el que se usan las técnicas de biotecnología definidas por la OCDE, el catálogo de institutos de investigación resulta muy amplio. Sin embargo, es importante poder reconocer los centros de investigación y desarrollo que utilizan metodologías biotecnológicas y aquellos en los que, además, se procura la obtención de un servicio o de un producto biotecnológico concreto.

Es importante destacar que en muchos de estos institutos, se estudian procesos biológicos en un contexto de ciencia básica, sin plantear objetivos biotecnológicos. A pesar de ello, en la mayoría de estos centros se generan recursos humanos que adquieren capacidades o aptitudes requeridas para el desarrollo biotecnológico. Por lo tanto, es importante pensar estos centros como potenciales generadores de capacidades en biotecnología.

Además, aunque puedan perseguir diferentes objetivos, muchos de los grupos de investigación que desarrollan estudios en ciencias biológicas básicas y aquellos que trabajan en desarrollos biotecnológicos modernos, comparten gran parte de las metodologías y los procedimientos. Esto permite que se desarrolle un marco conceptual común que facilita las interacciones entre grupos mejorando la disponibilidad de herramientas, facilitando la transferencia de recursos humanos y, en definitiva, tornando más eficiente la investigación de ambos. Muchos centros tienen una vinculación formal directa con una universidad, mientras que algunos poseen convenios de cooperación con varias. Esto introduce una complicación a la hora de contabilizar la formación de recursos humanos cuya acreditación está en manos de las universidades.

Las principales evidencias obtenidas son:

- ⇒ Se identificaron 28 Institutos donde existe al menos una línea de investigación en biotecnología (y un total de 96 líneas de investigación en biotecnología).
- ⇒ En esos institutos se desempeñan 241 investigadores, 322 becarios graduados y 101 técnicos.
- ⇒ En el período 2000-2007 se han completado no menos de 111 tesis doctorales en este campo multidisciplinario.

Para el caso brasileño, la disponibilidad de datos en la plataforma Lattes permitió una identificación más precisa de grupos y de personal de investigación en biotecnología. De manera análoga a lo sucedido con la oferta de formación, la evidencia más importante es el crecimiento de la cantidad de grupos de investigación y de investigadores a partir del 2000. De acuerdo con el análisis de los grupos de investigación en la plataforma Lattes, la cantidad de grupos en biotecnología se triplicó entre 2000 y 2008 –249 grupos en 2000 y 790 en 2008–. El crecimiento de la cantidad de investigadores ha acompañado el de los grupos y el de los programas de posgrado. Tomando como referencia los investigadores que figuran en la plataforma Lattes de acuerdo con la palabra clave de mayor generalidad –“biotecnología”– se observa que para abril de 2008

se registraban 6844 investigadores. De ese total, 3899 eran doctores. Aún cuando estas cifras son importantes para la región y revelan un crecimiento significativo, todavía están lejos de países como España –más de 12.000 personas en I+D biotecnológico–

Para el Uruguay y Paraguay no se cuenta con información confiable sobre la cantidad de investigadores. Para el Uruguay, se cuenta con una estimación de los grupos de investigación en biotecnología de la Universidad de la República. Para el año 2003 se identificaron 5 grupos en Biotecnología, 36 en Biología, 11 en Ciencia y Producción Vegetal, 27 en Ciencias Veterinarias y Producción Animal, 3 en Ingeniería Agrícola, 2 en Ingeniería Biomédica, 3 en Ingeniería Química, 9 en Medicina Básica, 21 en Medicina Clínica, 5 en Microbiología, 29 en Química. Se puede presumir que hay grupos que realizan investigación en biotecnología más allá de los 5 grupos mencionados. De cualquier modo, aún asumiendo que un porcentaje de los grupos en biología o en producción vegetal realiza investigación en biotecnología, el orden de magnitud es sustancialmente menor que el de Brasil (790 grupos) y de Argentina (96 líneas de investigación).

La única aproximación cuantitativa disponible para el Uruguay es un estudio del año 2001, de acuerdo con el cual los laboratorios públicos y empresas de biotecnología empleaban 137 doctores, 202 posgraduados y 433 graduados. El problema es que no sólo esta información ya tiene muchos años sino que incluye un conjunto muy variado de organizaciones, desde laboratorios de la Universidad de la República, del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable hasta otros laboratorios públicos de Ministerios, etc., además de algunas empresas.

La relación entre cantidad de investigadores y producción bibliográfica registrada en el SCI difiere de manera significativa entre Argentina y Brasil. Mientras que en el primer caso hay una relación de 1,22 publicaciones por cada investigador, en Brasil –tomando como investigadores a los doctores de la plataforma Lattes– solamente hay 0,3 publicaciones por investigador. Esta discrepancia puede deberse en parte a un desarrollo más incipiente del conjunto de la investigación brasileña –los datos para el conjunto de las disciplinas muestran una proporción mayor de publicaciones SCI por investigador en Argentina que en Brasil– y de la biotecnología en particular. Por otra parte, los criterios de búsqueda en la base Lattes comprenden un espectro más amplio que los utilizados en el caso argentino –por ejemplo, investigadores en comunicación social cuyo tema de trabajo se relacione con la biotecnología están comprendidos en el caso brasileño pero no en el argentino–, por lo que puede haber una participación mayor de investigadores de disciplinas que no están incluidas en el SCI.

### **2.3. Empleo en I+D en empresas**

Una encuesta realizada en 2005 a las empresas de biotecnología argentinas permite estimar la dimensión de la dotación de personal de I+D en empresas biotecnológicas. De acuerdo con ese estudio, se calcula que las empresas analizadas emplean de manera directa alrededor de unas 5.000 personas. De ese total, casi 600 personas – más del 10% de su empleo total– están ocupadas en actividades de I+D.

Para el caso brasileño, la información de la Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) permite una aproximación al empleo de profesionales y técnicos especializados

en biotecnología. Los datos que se presentan en el cuadro siguiente muestran un crecimiento sostenido entre 2003 y 2006, particularmente importante en los profesionales, que duplican su número en ese período. Este crecimiento es consistente con otros datos observados para Brasil, como los de formación de investigadores o la corta antigüedad de las empresas biotecnológicas.

### **Cuadro 8. Empleo formal de profesionales y técnicos en biotecnología**

Año	Profesionales en biotecnología	Técnicos de apoyo en biotecnología	Total
2003	204	619	823
2004	333	517	850
2005	372	529	901
2006	462	554	1016

Período: 2003-2006.

## **3. Centros de investigación centros de excelencia**

Los centros de investigación son las bases institucionales para la creación de nuevos conocimientos y la formación avanzada. Desde el punto de vista de la creación y desarrollo de capacidades, entonces, constituyen un pilar insustituible. Dentro del conjunto de centros de investigación, se destacan los centros de excelencia, es decir, institutos de investigación científica y tecnológica que poseen la misión y la capacidad de alcanzar niveles sobresalientes en el desempeño de su actividad.

Los centros de excelencia suelen constituir un instrumento de la política científica, tecnológica y de innovación dado que:

- ⇒ concentran los mejores talentos en un campo de problemas científicos básicos,
- ⇒ están dedicados al abordaje de largo plazo de problemas considerados estratégicos,
- ⇒ suelen tener un fuerte componente educativo, dirigido a la reproducción y ampliación de la base científica,
- ⇒ frecuentemente se les encomienda estrechar vínculos con la producción.

No existe un modelo único de centro de excelencia. La concentración en un solo instituto del conjunto de funciones mencionadas es solamente una de las posibilidades. Según la experiencia revisada de diversos países, la creación de los centros de excelencia suele responder a alguno de los siguientes propósitos:

- a) dar respuesta a un problema básico o estratégico,
- b) expandir la base científica,
- c) obtener economías de escala,
- d) fortalecer el nodo estratégico de una red,
- e) estimular la interdisciplinariedad,
- f) dar respuesta a problemas con demanda económica y social.

El relevamiento sobre centros de investigación muestra un panorama heterogéneo, tanto entre países del MERCOSUR como dentro de los mismos países. Esto obedece en parte al diferente nivel de desarrollo de las actividades de investigación en biotecnología en cada país, pero también en las diferentes trayectorias históricas de constitución de los sistemas de investigación. El crecimiento de los grupos y líneas de investigación en Argentina y Brasil está apoyado por una serie de institutos de investigación, en su mayoría universitarios.

En el caso brasileño, se relevaron 45 centros de investigación con capacidades significativas en biotecnología. De este total, 25 son institutos universitarios y 20 corresponden a laboratorios públicos, algunos de ellos federales y otros estaduais, sobre todo de San Pablo. Si bien hay una fuerte concentración en San Pablo, Minas Geraes y Río de Janeiro, existen institutos en buena parte del resto de los Estados del Brasil. La cobertura temática es amplia. Un rasgo distintivo del caso brasileño es la importancia de centros y laboratorios que dependen de los Estados, a menudo ligados con los principales campos de aplicación de la investigación y desarrollo en biotecnología. De ese total, se caracterizaron como centros de excelencia a 16 de ellos. La mayoría de ellos corresponde a centros públicos de investigación: 7 de ellos dependen del Estado federal, 5 de los Estados (2 de San Pablo, 2 de Paraná y 1 de Minas Gerais) y uno es de dependencia mixta. Los siete institutos restantes se encuentran en las universidades de San Pablo (2) y Campinas (1) –ambas dependientes del Estado de San Pablo– y 4 de la Universidad Federal de Río de Janeiro.

Si se toma como referencia los posibles propósitos de los centros de excelencia, enunciados anteriormente, entre los centros brasileños se advierte un equilibrio entre centros orientados a “dar respuesta a un problema básico o estratégico” o a “dar respuesta a problemas con demanda económica y social”, sobre todo a través de los centros públicos federales o estaduais, y el de “expandir la base científica”, más ajustado a las características de la investigación universitaria. Esto no significa que los centros públicos seleccionados no tengan relación con actividades de docencia –con sus propios programas de posgrado o a través del desempeño de sus investigadores en programas universitarios– ni que los centros universitarios se desentiendan de las aplicaciones de sus investigaciones, como lo pone en evidencia el registro en la USPTO de algunas patentes producidas en las universidades.

El panorama de los centros de excelencia brasileños que se obtiene a partir de un análisis bibliométrico de la producción en biotecnología de los principales centros de investigación muestra algunos resultados interesantes.<sup>4</sup> El principal es el papel central que cumplen los institutos de la Universidad de San Pablo, tanto en lo referido al volumen de su producción como a densidad de las relaciones con el resto de las instituciones. El segundo punto de interés es la cantidad de centros con al menos 5

---

<sup>4</sup> Las redes fueron obtenidas a partir de los artículos con participación de instituciones de cada país en el campo de la biotecnología en 2007. Los nodos representan instituciones, cuyo diámetro está dado por la cantidad de artículos publicados, mientras que las líneas dan cuenta de la firma conjunta de trabajos. El grosor de las líneas representa la cantidad de artículos en colaboración registrados entre las instituciones que vinculan. La distribución en el plano se ha obtenido mediante la aplicación del algoritmo de Kamada-Kawai. Los artículos firmados por más de una institución son contados para cada uno de los participantes. En el caso de Brasil se presentan las instituciones con al menos 5 artículos en 2007, y en el caso argentino aquellas con al menos 2.

publicaciones SCI en el 2007. El tercero es el papel de FIOCRUZ, tanto en su producción como en sus relaciones.

**Cuadro 9. Brasil, centros de excelencia por dependencia institucional**

Centro de excelencia	Dependencia nacional	Dependencia estadual	Universidad y dependencia mixta
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Autónomo		
Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ	Ministerio de Salud		
Instituto Agrônômico Dr. Orlando de Melo Crasto		Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo	
Instituto Nacional Do Câncer (INCA)	Ministerio de Salud		
Instituto Butantan		Secretaria de Estado de Salud de São Paulo	
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia	Ministerio de Ciencia e Tecnología		
Laboratório Nacional De Luz Sincrotron	Autónomo		
Instituto De Tecnologia Do Paraná		Secretaria de Estado de Ciencia, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná	
Instituto de Biologia Molecular do Paraná (IBMP Instituto)			Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) e Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar)
Fundação Ezequiel Dias (FUNED)		Estadual de Salud de Minas Gerais	
Instituto Evando Chagas	Ministerio de Salud		
Instituto De Pesquisa Jardim Botânico Do Rio De Janeiro	Ministerio de Medio Ambiente		
Instituto de Agronomia do Paraná (IAPAR)		Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná	
Instituto de Biologia			Universidad de Campinas
Instituto de Biociências			Universidad de San Pablo
Instituto de Ciencias Biomédicas			Universidad de San Pablo
Instituto Carlos Chagas Filho CCS			Universidad Federal de Río de Janeiro
Instituto de Bioquímica Médica			Universidad Federal de Río de Janeiro
Instituto de Ciencia Biomédicas			Universidad Federal de Río de Janeiro
Instituto de Microbiologia Professor Paulo de Goes			Universidad Federal de Río de Janeiro







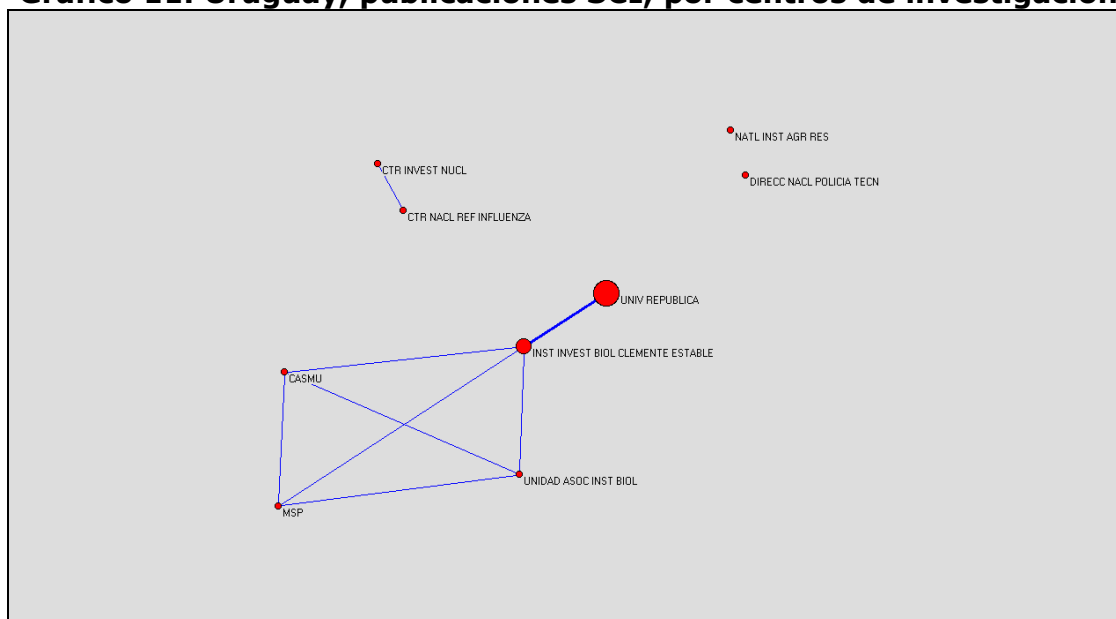
información sobre los centros de investigación en Paraguay, no es posible identificar institutos que se ajusten a las condiciones establecidas para los centros de excelencia.

En el caso uruguayo, la identificación de centros de excelencia no es tarea obvia. Probablemente, la Universidad de la República constituya lo que puede asimilarse a un centro de excelencia, con algunas particularidades. En esa universidad se concentra más del 60% de las capacidades de investigación del país. Las facultades con investigación vinculada a la biotecnología son Agronomía, Ciencias, Ingeniería, Medicina, Química y Veterinaria. En éstas los investigadores cumplen además de la función de investigación académica, la de docencia y extensión.

Es difícil identificar centros de excelencia en este contexto porque los laboratorios no son estructuras con límites claros y a su vez la función de docencia y la de investigación se superponen en ciertos casos. Sí es posible identificar grupos en cada Facultad que son referentes en la investigación biotecnológica. En particular, la Facultad de Ciencias coordina la Maestría en Biotecnología con docentes de la propia Facultad y docentes de departamentos y laboratorios del resto de las Facultades, mencionados en esta sección.

Otros centros de importancia son el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) –con líneas en Bioquímica, Biología Molecular, Microbiología, Citogenética–, el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) –referente de relevancia en la Biotecnología Vegetal en el país– y el Institut Pasteur de Montevideo, producto de un esfuerzo conjunto entre el Gobierno Nacional, la Universidad de la República y el Institut Pasteur de París, orientado al desarrollo de investigación biomédica. De cualquier modo, el panorama que surge del análisis bibliométrico muestra una diferencia de escala y de densidad de relaciones muy grande con Argentina y con Brasil.

### Gráfico 11. Uruguay, publicaciones SCI, por centros de investigación



Años 2007

## 4. Las empresas biotecnológicas

La estimación de la cantidad y características de las empresas se obtuvo a partir de fuentes secundarias, de encuestas realizadas a empresas por grupos de investigación, en los últimos años. Por lo tanto no son el resultado de acciones sistemáticas y regulares de producción de información por parte de los organismos de estadística nacionales sino que son producto de esfuerzos de centros o grupos de investigación. De cualquier modo, proporcionan información valiosa.

Uno de los problemas de difícil resolución, es la identificación de lo que pueden considerarse empresas biotecnológicas. En un sentido estrictos, son las que contienen y realizan inversión en I+D, en general están integradas por profesionales especialistas vinculados a la biotecnología. Pero hay otras empresas que utilizan procesos y técnicas biotecnológicas sin que tengan claramente diferenciada una función de I+D, pero que sin embargo puede resultar de interés relevar. Por ejemplo, en el caso argentino, la información sistematizada por Bisang y col. (2006)<sup>7</sup> identifica 84 empresas locales de biotecnología. Si se adoptara un enfoque más restrictivo, en base a la importancia del componente de I+D, el número de empresas biotecnológicas se reduciría a 40. El panorama del conjunto de empresas muestra una importante heterogeneidad en lo relativo al tamaño, origen del capital, antigüedad, organización y actividades desarrolladas. La cantidad, distribución sectorial y participación relativa de cada sector en las ventas biotecnológicas puede apreciarse en el cuadro 10. El dato más significativo es la importancia del sector agrobiotecnológico, que concentra casi el 75% de las ventas.

**Cuadro10. Argentina, empresas por sector y participación en ventas**

Sector	Total	Participación de sectores en ventas biotecnológicas
Agro	Inoculantes	7,5
	Semillas y plantines	41
	Sanidad animal	24,8
Ingredientes alimentarios para bioprocesamiento	10	15,4
Salud humana	20	11,3
Totales	84	100

Fuente: Bisang y colaboradores, 2006.

Las ventas de productos biotecnológicos estimadas para 2005 eran del orden de los mil millones de pesos (más de trescientos millones de dólares). Dentro del sector agrobiotecnológico se destaca fuertemente la producción de semillas transgénicas seguida por los productos para sanidad animal. Del total de la producción se exportan bienes por alrededor de 70 millones de dólares. El potencial tecno-productivo del sector

<sup>7</sup> Bisang, R; Gutman, G; Lavarello, P; Sztulwark, S y Díaz, A. (compiladores); Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina, Buenos Aires, Prometeo Libros, 2006.

empresario biotecnológico le permite insertarse competitivamente en los mercados externos.

El conjunto más restringido de empresas que realizan I+D comprende a empresas privadas que operan en la producción de semillas y micro propagación vegetal, reproducción animal, vacunas, inoculantes, cultivos, enzimas y medicamentos. Alrededor del 80 % de las empresas son de capital nacional con un fuerte predominio de firmas pequeñas y medianas cuyas actividades son casi exclusivamente biotecnológicas. A ello cabe sumar un número reducido de empresas de mayor tamaño, que además controlan otras actividades relacionadas con la biotecnología (semillas, medicamentos, alimentos, etc.). En su conjunto el grueso de las actividades locales opera a partir de la adaptación y mejoras menores de cambios radicales llevados a cabo por un número acotado de grandes empresas radicadas en el exterior

Brasil muestra también un interesante desarrollo del sector productivo empresarial en el área de biotecnología. De acuerdo con la Fundación BIOMINAS, en 2007, existían en Brasil 71 empresas de biotecnología no Brasil. Un rasgo muy importante de este conjunto de empresas es su escasa antigüedad: cerca de la mitad de esas empresas tenía como máximo 2 años (26,7%) o se encontraban en el rango de 2 a 5 años de edad (23,9%). Por lo tanto, la expansión del número de empresas de biotecnología en el país es relativamente reciente: el 51% fueron fundadas a partir de 2002 e un 21% más son empresas de 5 a 10 años de edad. La gran mayoría de las empresas de biotecnología (86%) son industriales y se concentran en actividades relacionadas con la Agricultura (22,5% das empresas), Insumos (21,1%), Salud Animal (18,3%), Salud Humana (16,9%), Medio Ambiente (14,1%) e Bioenergía (4,2%).

Las características consignadas permiten inferir que el desarrollo de empresas biotecnológicas en Brasil es todavía incipiente. En el conjunto de empresas predominan las microempresas y las pequeñas empresas: 32% de las empresas tienen no más de 5 empleados y el 53,5% son empresas con hasta 9 empleados. Cerca del 78% de las empresas de biotecnología pueden ser consideradas como microempresas, con hasta 19 trabajadores. Aproximadamente el 57% de las empresas tienen una facturación anual de un máximo de un millón de reales, lo que también las caracteriza como micro y pequeñas empresas. Además de eso, el 18% del total de las empresas no presentan facturación, lo que es típico de de microempresas en un estadio inicial o en incubación. Solamente el 21,5% de las empresas tienen facturación superior a un millón de reales: 16,1% con facturación de hasta 10 millones y apenas el 5,4% das empresas con facturación superior a ese monto<sup>8</sup>.

Otro elemento que se destaca es la baja interacción de las empresas con las universidades y centros de investigación. Una investigación cualitativa realizada por la Fundación BIOMINAS, junto con empresarios del área de biotecnología, muestra que las dos cuestiones a las cuales la mayor parte de los empresarios atribuye un grado máximo de dificultad son el acceso a informaciones técnicas y a investigaciones recientes 9 (29,7% dos empresarios) y la interacción con las universidades y centros de investigación (32,4%). Este hecho, contrastado con la muy notable expansión de la formación de posgrado, de los grupos de investigación y de las publicaciones en el área, puede estar indicando que las estrategias de políticas públicas de ciencia, tecnología e

---

<sup>8</sup> Fundación BIOMINAS (2007).

innovación todavía están fuertemente centradas en el “modelo lineal de innovación” (*science-push*), en el cual las empresas son consideradas agentes externos al sistema de ciencia y tecnología, predominante durante las décadas de 1970 y 1980 no Brasil. En ese modelo, de acuerdo con Viotti (2008), el “papel reservado a las empresas es básicamente el de usuarias o consumidoras de la producción de conocimientos ofrecida por las instituciones de I+D, aún cuando esos conocimientos hayan sido generados sin consideración por las efectivas necesidades de los usuarios”.<sup>9</sup>

En el caso del Paraguay, no se identifican empresas que cumplan con las condiciones para ser consideradas firmas dedicadas a la biotecnología, esto es, firmas activas en biotecnología cuya actividad predominante involucra la aplicación de técnicas biotecnológicas en la producción de bienes o servicios y/o en la ejecución de I+D biotecnológica. Se identifican algunas empresas que comercializan productos biotecnológicos o los utilizan.

La mayor parte de las actividades comerciales vinculadas a la biotecnología en Uruguay se concentran en el área de: (i) biotecnología vegetal, (ii) mejoramiento genético y sanidad animal, (iii) biotecnología vinculada a salud humana y (iv) biotecnología vinculada a procesos medioambientales. Dentro del área vegetal hay tres grandes subgrupos: producción de inoculantes para leguminosas, micropropagación vegetal y otras que ofrecen servicios biotecnológicos, como trazabilidad de OGMs por ejemplo. La producción de estas empresas se orienta a productores agropecuarios, ganaderos, lecheros, viveros, forestales, semilleros, frigoríficos, curtiembres, hospitales y mutualista. Dentro de este conjunto de empresas se utilizan diferentes tipos de biotecnologías, con distintos niveles de complejidad. Se han identificado 13 empresas biotecnológicas, dentro de un conjunto de 29 empresas oferentes de productos biotecnológicos.

**Cuadro 11. Uruguay, áreas de acción de empresas biotecnológicas**

Salud animal	Salud humana	Área vegetal	Medioambiente y bioprocesos
Vacunas biológicas	Estudios genéticos y genómicos (agentes infecciosos virales y enf. hereditarias, tests de paternidad).	Micropropagación vegetal (arándanos, frutillas, papa, peras, vino, especies forestales, entre otros).	Uso de micro-organismos para control y procesamiento de efluentes.
Servicios de reproducción animal y mejoramiento genético	Kits de diagnóstico (PCR).	Servicios de detección y trazabilidad de OGM	Producción de biogas a partir de residuos.
	Soluciones a medida en biología molecular	Inoculantes de leguminosas	Biofertilizantes
	Transferencia tecnológica		

Basado en información de (INIA-MEC-DINACYT 2001, Bortagaray 2007, Bértola et al. 2005).

<sup>9</sup> Viotti, Eduardo B. Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação, 2008, en prensa, p. 6.

## 5. Biotecnología para la producción agraria

La creciente aplicación de la biotecnología a las actividades económicas en el MERCOSUR puede ser observada a través de la adopción de organismos genéticamente modificados (OGM) en el sector agrícola. El panorama de la región muestra una creciente utilización de OGM en los distintos países, estrechamente ligada a su especialización productiva.

A partir de la información publicada por el *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA) pueden apreciarse las tendencias de los países del MERCOSUR en esta materia. El rasgo más notorio es que los cuatro países de la región están entre los diez primeros países del mundo de acuerdo con la cantidad de superficie cultivada con OGM: la Argentina ocupa el segundo lugar, con 18 millones de hectáreas, Brasil el tercero con 11,5 millones, Paraguay el séptimo, con 2 millones y Uruguay el noveno con 400.000 hectáreas. El principal cultivo es la soja, seguido por el algodón y el maíz.

En conjunto, los países del MERCOSUR tienen el 31,4% de la superficie sembrada con OGM en el mundo. Otro elemento de interés es la tasa de crecimiento de la superficie cultivada con OGM. Dentro de los cuatro principales productores, Brasil presenta la mayor tasa de crecimiento entre 2006 y 2007, con un 30,4% Paraguay y Uruguay también tienen tasas muy altas. La de la Argentina es menor en el último año de la serie, pero ha sido sostenida a lo largo de los últimos quince años, hasta alcanzar un área muy grande. Dada la política de liberalización de cultivos con OGM que predomina en Brasil, es de esperar que la tendencia expansiva se mantenga.

**Cuadro 12. Superficie cultivada con OGM (países y cultivos)**

País	2006	% en relación al total	2007	% en relación al total	Tasa de crecimiento (%)	Cultivos OGM
USA	54,6	53,6	57,7	50,5	5,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo, papaya, alfalfa
Argentina	18,0	17,7	19,1	16,7	6,1	Soja, maíz, algodón
Brasil	11,5	11,3	15,0	13,1	30,4	Soja, algodón
Canadá	6,1	6,0	7,0	6,1	14,8	Canola, soja, maíz,
India	3,8	3,7	6,2	5,4	63,2	Algodón
China	3,5	3,4	3,8	3,3	8,6	Algodón
Paraguay	2,0	2,0	2,6	2,3	30,0	Soja
Sudáfrica	1,4	1,4	1,8	1,6	28,6	Soja, maíz, algodón
Uruguay	0,4	0,4	0,5	0,4	25,0	Soja, maíz
Filipinas	0,2	0,2	0,3	0,3	50,0	Maíz
Australia	0,2	0,2	0,1	0,1	-50,0	Algodón
España	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Soja
México	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Algodón, soja
Total	101,9		114,3		12,2	

Fuente: ISAA

La expansión del área cultivada está ligada con la previa autorización de los eventos transgénicos y su ensayo en campo. En los distintos países de la región se han establecido marcos legales e institucionales de bioseguridad y se han aprobado nuevos eventos de transformación genética para su cultivo y comercialización, sobre todo en soja, maíz y algodón.



## Conclusiones

El recorrido por las principales evidencias proporcionadas por los informes nacionales sobre capacidades en biotecnología del MERCOSUR ha permitido elaborar una estimación acerca de la magnitud y características de las capacidades disponibles en la región. En términos generales, las observaciones más generales se refieren a:

- a) dinamismo de las actividades biotecnológicas,
- b) heterogeneidad de las situaciones de cada país,
- c) déficit y posibilidades de la cooperación regional, e
- d) insuficiencias de los sistemas de información.

### **a) Dinamismo de las actividades biotecnológicas**

A través de la información presentada en distintos indicadores, se observa que las actividades en el campo de la biotecnología en los países del MERCOSUR dan muestras de un dinamismo importante. Crecen la producción científica, la superficie sembrada con OGM, las ofertas de formación de posgrado, las publicaciones en colaboración internacional, la cantidad de grupos de investigación y de investigadores, la cantidad de empresas y de centros de excelencia. Desde esta perspectiva, se trata de un campo vigoroso, probablemente de los más dinámicos dentro de las actividades científicas y tecnológicas en cada país.

La heterogeneidad de situaciones nacionales –que se aborda en el apartado siguiente– hace difícil identificar tendencias comunes, más allá de la observación del dinamismo del sector y de algunos de sus problemas. A pesar de estas limitaciones y asumiendo que las tendencias pueden tener mayor validez para los países de mayor desarrollo relativo, pueden señalarse algunas fortalezas y debilidades para la región. Con las reservas mencionadas, pueden identificarse las siguientes fortalezas:

- ⇒ La expansión de la enseñanza de posgrado en el área de biotecnología
- ⇒ El crecimiento de los grupos de investigación
- ⇒ El aumento de las publicaciones en el SCI en el área de biotecnología realizadas por investigadores de instituciones de países del MERCOSUR
- ⇒ La expansión de las empresas en el sector
- ⇒ El aumento del empleo formal en esas empresas
- ⇒ La creciente aplicación de la biotecnología en el sector agropecuario.

Las principales debilidades o limitaciones que pueden mencionarse son:

- ⇒ La escasa cantidad de patentes otorgadas a residentes en los países de la región
- ⇒ La escasa cantidad de patentes solicitadas por las empresas y otros organismos dentro de cada país y en terceros países
- ⇒ El desarrollo incipiente de las empresas
- ⇒ La insuficiente interacción entre empresas y centros de investigación

- ⇒ La insuficiente colaboración entre instituciones y empresas de biotecnología dentro del MERCOSUR.

## **b. Heterogeneidad de las situaciones de cada país**

Esta tendencia general tiene manifestaciones y magnitudes muy diferentes en los distintos países de la región. La heterogeneidad es muy grande y los perfiles de cada país son diversos. La primera y obvia diferencia es de escala, con Brasil en un orden de magnitud mucho mayor al resto, seguido por Argentina. Esta diferencia entre Brasil y el resto de los países se ha ido acentuando en los últimos años. Probablemente el rasgo más significativo de Brasil sea el rápido crecimiento de sus capacidades. Al mismo tiempo, como se observa en distintos temas –por ejemplo, en la calidad de los posgrados, la proporción de publicaciones SCI sobre el total de investigadores o la antigüedad de las empresas– ese desarrollo sea incipiente o no esté suficientemente consolidado.

Argentina tiene una interesante acumulación de capacidades de investigación, empresarias y de adopción de OGM en su producción agropecuaria. A diferencia de Brasil, los organismos públicos nacionales o provinciales –con excepción del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria– no constituyen actores importantes del sistema de innovación en el campo de la biotecnología. A semejanza de lo que ocurre con Brasil, tiene una insuficiente capacidad de patentamiento, tanto en el país –donde la enorme mayoría de las patentes son de no residentes– como en el exterior.

Uruguay tiene algunas capacidades de producción científica y cierto desarrollo empresaria, sin que estas capacidades constituyan una masa crítica de capacidades a escala nacional. A diferencia de lo que sucede en Argentina y en Brasil, no se observa un dinamismo comparable en el crecimiento de las ofertas de formación o en las publicaciones en el área de biotecnología. En el caso de Paraguay, tanto las capacidades de investigación y formación, como la dotación de empresas son muy escasas.

## **c. Déficit y posibilidades de la cooperación regional**

La heterogeneidad en el grado y en las características del desarrollo de las actividades biotecnológicas en los países de la región hace que las modalidades de la cooperación regional –y de la región con otras regiones– deban ser ponderadas cuidadosamente. Las necesidades y capacidades de cada país son diferentes y esta diferencia tiene que ser tomada en cuenta en el diseño de la cooperación. Atendiendo al perfil que se desprende de la presentación de los distintos indicadores, la cooperación necesaria en Paraguay debería orientarse hacia la creación de capacidades. En Uruguay, donde existe un núcleo mayor de investigadores, centros y empresas, la cooperación puede ser una herramienta para constituir una masa crítica. En Argentina y en Brasil, las prioridades de cooperación pueden pasar por su aporte a la consolidación de las capacidades existentes, mejorando la calidad de sus programas de formación y de investigación y contribuyendo a aumentar la competitividad de sus empresas.

Más allá de señalar el potencial aporte de la cooperación regional para mejorar las capacidades de los distintos países, lo cierto es que hasta ahora se observa un déficit importante en esta materia. Si bien en la evaluación de capacidades no se analizaron algunos programas de cooperación regional, las evidencias sobre la escasez de publicaciones en colaboración entre investigadores de los países de la región o la inexistencia de actividades de patentamiento de empresas de un país en otros países de la región, muestran una orientación de las acciones de colaboración o vinculación internacional muy volcadas hacia otras regiones.

#### **d. Insuficiencias de los sistemas de información**

En la sección final del Manual de Indicadores en Biotecnología se detallan fortalezas y debilidades de los sistemas de información y se proponen algunas iniciativas para mejorarlos, por lo que este punto no se trata específicamente en esta síntesis. Lo que interesa destacar, desde el punto de vista de las capacidades es que dado el dinamismo de las actividades en el campo de la biotecnología en los países del MERCOSUR, la mejora de los sistemas de información, orientados al monitoreo y evaluación de tendencias y de políticas constituye una prioridad. Contar con diagnósticos más precisos y detallados, elaborados con metodologías comunes y que permitan comparar resultados, resulta una necesidad para el diseño de políticas, toma de decisiones empresarias y evaluación de los resultados.

Como se señala en el Manual, para fortalecer los sistemas de información a escala regional se requiere continuidad en el compromiso de los países, creación y fortalecimiento de capacidades de los organismos nacionales encargados de las estadísticas en la materia y establecimiento de mecanismos permanentes de coordinación regional de los responsables de los organismos y otros expertos.

## **II. Informe sobre Argentina**

## 1. Institutos y grupos de investigación

Si se toma como definición de instituto biotecnológico la de “todos aquellos centros o institutos en los que se usan las técnicas de biotecnología definidas por la OCDE”, el catálogo de institutos de investigación resulta muy amplio. Sin embargo, es importante poder distinguir aquellos centros de I+D que utilizan metodologías biotecnológicas con diversos propósitos, de aquellos que procuran específicamente la obtención de servicios o productos biotecnológicos concretos.<sup>10</sup>

Es importante destacar que en muchos de los institutos incluidos en la definición más laxa se estudian procesos biológicos en un contexto de ciencia básica, sin plantear objetivos biotecnológicos. A pesar de ello, en la mayoría de estos centros se generan recursos humanos que adquieren capacidades o aptitudes requeridas para el desarrollo biotecnológico. Por lo tanto, es importante pensar estos centros como potenciales generadores de capacidades en biotecnología. Por ejemplo, los recursos humanos entrenados en el marco de un proyecto de estudios de la biología molecular de *Rhizobium*, donde se han ejercitado metodologías de punta en el marco de los campos de la genómica de bacterias y la proteómica, pueden transferirse a otros grupos, institutos o incluso industrias donde se pretenda desarrollar un producto concreto que mejore las propiedades simbióticas de una bacteria o su capacidad fijadora de nitrógeno. Por otra parte, muchas empresas donde se desarrolla biotecnología moderna en Argentina, se nutren en la actualidad de graduados de instituciones de educación superior (como el Instituto Leloir, la FCEN de la UBA o la UNQ, entre muchas otras), formados en diversos grupos, incluso algunos donde se realizan estudios de biología molecular básica, exclusivamente.

Además, aunque puedan perseguir diferentes objetivos, muchos de los grupos de investigación que desarrollan estudios en ciencias biológicas básicas y aquellos que trabajan en desarrollos biotecnológicos modernos comparten gran parte de las metodologías y los procedimientos. Esto permite que se desarrolle un marco conceptual común que facilita las interacciones entre grupos, mejorando la disponibilidad de herramientas, facilitando la transferencia de recursos humanos y, en definitiva, tornando más eficiente la investigación de ambos. Muchos centros tienen una vinculación formal directa con una universidad, mientras que algunos poseen convenios de cooperación con varias. Esto introduce una complicación a la hora de contabilizar la formación de recursos humanos cuya acreditación está en manos de las universidades.

Los datos contenidos en este apartado han sido obtenidos mediante diferentes técnicas de búsqueda. Así, por ejemplo, los datos numéricos sobre tesis de posgrado y trabajos finales de grado realizados efectivamente en los institutos entre los años 2000 y 2007 han sido obtenidos (en forma incompleta) mediante consultas telefónicas y correo electrónico. En ciertos casos particulares es muy difícil encontrar información

---

<sup>10</sup> La tabla presentada en el Apartado Nro.2 del Documento de información adicional para el Componente de Capacidades reconoce esta dualidad. Por un lado, contiene todos los centros e institutos de investigación que se han encontrado en el relevamiento de información donde se utilizan metodologías biotecnológicas modernas sin importar el objetivo de los proyectos de investigación asociados. Por otro lado, se han añadido una serie de códigos que permiten identificar más claramente el campo de aplicación de los conocimientos que se pretenden estudiar en cada uno de los proyectos involucrados en los institutos o centros de investigación tabulados.

sistematizada por lo que se ha hecho necesario apelar a consultas con las unidades académicas responsables de las investigaciones para determinar la magnitud de las variables. Como resultado, si bien es poco probable que en la información relevada se registren omisiones de institutos o centros de Investigación clasificados como estrictamente biotecnológicos, no ha sido posible relevar la totalidad de los grupos de investigación que en Argentina utilizan metodologías biotecnológicas modernas (que podrían incluir líneas estrechamente relacionadas o líneas poco relacionadas con la Biotecnología), en particular aquellos que sólo tienen adscripción a una Universidad y no forman parte orgánica de Institutos de Investigación (Unidades Ejecutoras de CONICET).

## Principales evidencias

- ⇒ Un análisis preliminar, arroja un total de 37 institutos donde desarrollan sus tareas 916 investigadores, 1201 becarios graduados y 432 técnicos.
- ⇒ En el período 2000-2007 se han completado no menos de 427 tesis doctorales.
- ⇒ Si se analizan con exclusividad las líneas estrictamente biotecnológicas los números se reducen a 28 Institutos donde existe al menos una línea de investigación en biotecnología (y un total de 96 líneas de investigación en biotecnología) 241 investigadores, 322 becarios graduados y 101 técnicos.
- ⇒ En el período 2000-2007 se han completado no menos de 111 tesis doctorales en este campo multidisciplinario.

**Cuadro 1. Institutos e investigadores en biotecnología**

	Total de institutos en biología y áreas afines	Institutos con líneas de investigación en biotecnología
Institutos	37	28
Investigadores	916	241
Becarios	1201	322
Técnicos	432	101
Tesis doctorales 2000-2007	427	111
Líneas de investigación en biotecnología		96

## 2. Indicadores de I+D: relevamiento bibliométrico

El relevamiento bibliométrico de la producción argentina en el área e biotecnología presenta un crecimiento sostenido entre 2000 y 2007, con un aumento total del 85% acumulado a lo largo del período (Cuadro 2). El crecimiento, sin embargo, no es tan marcado como el de la producción total del MERCOSUR en esta temática, que alcanza el 146% entre los mismos años. Por ese motivo, la participación argentina en el total del bloque disminuyó del 27,5% en 2000 al 20,7% en 2007, alcanzando su punto mayor en 2001, con el 31,0%.

**Cuadro 2. Publicaciones argentinas SCI en biotecnología**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	160	185	196	202	229	235	285	296
MERCOSUR	581	597	741	834	970	1011	1284	1431
TOTAL MUNDIAL	35936	36547	39439	44077	47719	51309	53762	56994
AR/MERCOSUR	27,5%	31,0%	26,5%	24,2%	23,6%	23,2%	22,2%	20,7%
MERCOSUR/TOTAL	1,6%	1,6%	1,9%	1,9%	2,0%	2,0%	2,4%	2,5%

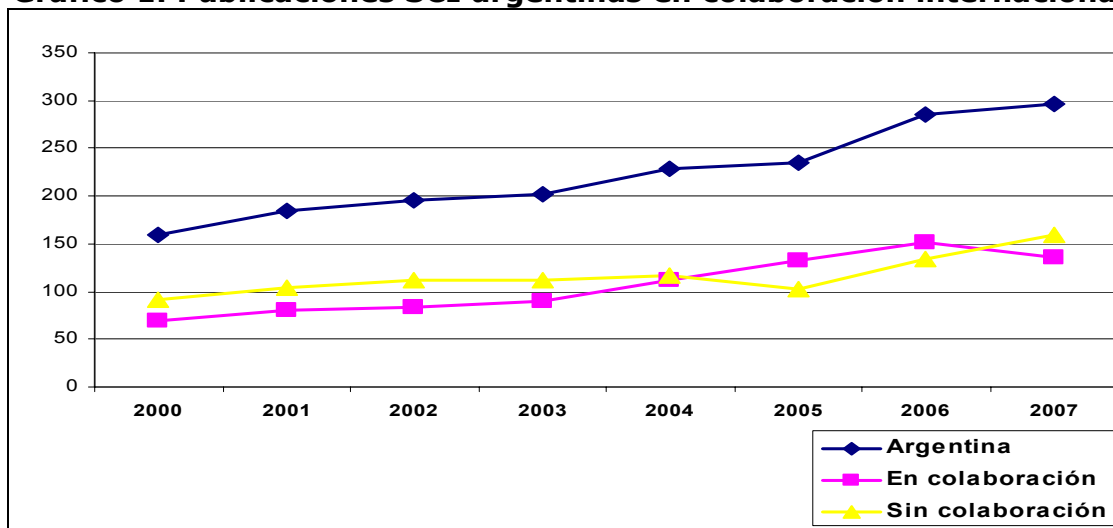
La colaboración internacional es un factor importante dentro de la producción argentina en biotecnología. En promedio, la firma conjunta de artículos con instituciones de otros países alcanza el 47,3% (Cuadro 3), superando levemente la tendencia del total de la producción argentina, que ronda el 40% en ese mismo período.

**Cuadro 3. Publicaciones SCI argentinas en colaboración internacional**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
En colaboración	69	81	84	90	112	133	151	136
Sin colaboración	91	104	112	112	117	102	134	160
% en colaboración	43,1%	43,8%	42,9%	44,6%	48,9%	56,6%	53,0%	45,9%

Es interesante notar que por un breve período, 2005 y 2006, el porcentaje de producción en colaboración internacional llega a superar la mitad de la producción total en biotecnología (Gráfico 1). Esa tendencia, sin embargo se revierte en el último año, volviendo a valores similares a los de 2003.

**Gráfico 1. Publicaciones SCI argentinas en colaboración internacional**



La desagregación de los artículos en colaboración internacional de acuerdo al país de las instituciones coautoras arroja una importante presencia de los EEUU, que participa en el 34% de los artículos con participación de autores extranjeros (Cuadro 4). El segundo lugar lo ocupa España, con una cantidad mucho menor: 149 artículos firmados en conjunto por instituciones argentinas y españolas. Brasil, el único país del MERCOSUR entre los cinco países con que más colabora Argentina, presenta un nivel similar al de la cooperación con Francia, alcanzando ambos el total de 119 artículos

acumulados entre 2000 y 2007. En quinto lugar aparece Alemania, que ha registrado 83 artículos en conjunto con instituciones argentinas en el período estudiado.

**Cuadro 4. Publicaciones argentinas en colaboración, por país**

	CANTIDAD
ESTADOS UNIDOS	288
ESPAÑA	149
BRASIL	119
FRANCIA	119
ALEMANIA	83

Primeros cinco según cantidad. Acumulado 2000-2007.

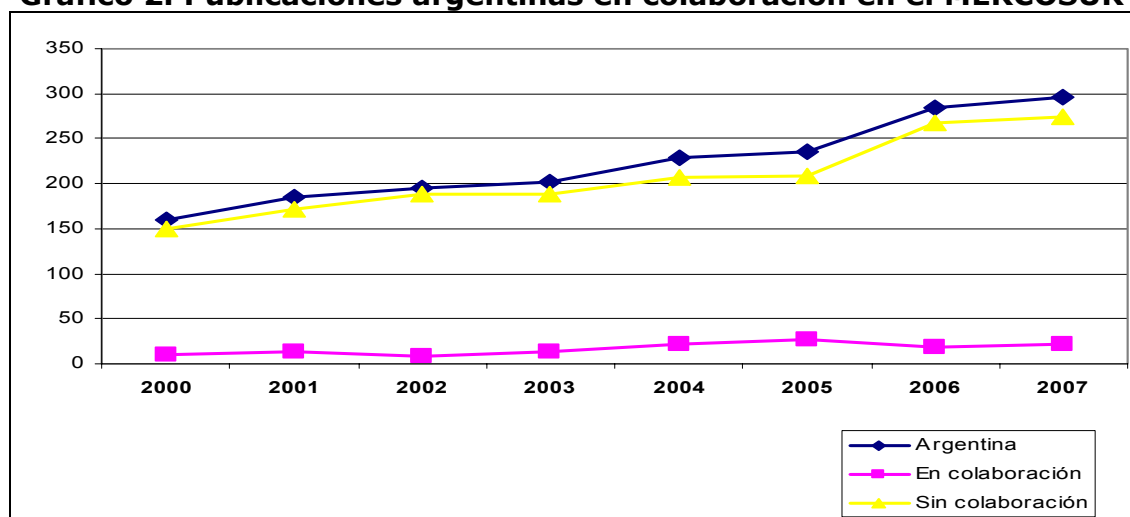
La colaboración con los países del MERCOSUR tiene un volumen mucho menor. En promedio, entre 2000 y 2007, alcanza el 7,4% de la producción argentina en biotecnología (Cuadro 5). El punto más alto es también el 2005, año en el que el 11,5% de los artículos argentinos en biotecnología fueron firmados en conjunto con instituciones de otros países del bloque.

**Cuadro 5. Publicaciones argentinas en colaboración en el MERCOSUR**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
En colaboración	10	14	8	13	22	27	18	22
Sin colaboración	150	171	188	189	207	208	267	274
% en colaboración	6,3%	7,6%	4,1%	6,4%	9,6%	11,5%	6,3%	7,4%

Por el contrario, el fuerte crecimiento de las publicaciones argentinas en este campo a partir de 2006 no fueron acompañadas por la colaboración intra MERCOSUR, ya que los valores de colaboración argentina dentro del bloque disminuyeron, incluso en términos absolutos, con respecto al año anterior (Gráfico 2).

**Gráfico 2. Publicaciones argentinas en colaboración en el MERCOSUR**



El principal socio en esa colaboración fue Brasil, como era de suponer dado el tamaño de su sistema científico y tecnológico. Entre 2000 y 2007, 119 de los 134 artículos en



colaboración dentro del MERCOSUR corresponden a la cooperación con Brasil, mientras que 17 a Uruguay y 3 a Paraguay.

**Cuadro 6. Publicaciones argentinas en colaboración en MERCOSUR**

	CANTIDAD
BRASIL	119
PARAGUAY	3
URUGUAY	17

Acumulado 2000-2007.

### 3. Indicadores de I+D: patentes en biotecnología

En esta sección se presentan los datos más generales sobre patentes en biotecnología. Para un análisis más detallado, se remite al documento N° 5 “Catálogo de Patentes sobre Biotecnología en el MERCOSUR”. Analizando las patentes otorgadas en biotecnología por el INPI argentino, su volumen en relación con el total de las patentes otorgadas entre 2000 y 2007 ha sido variable. Esta información se presenta en el Cuadro 7, en el que se puede observar que los títulos relacionados con la biotecnología han sido en promedio del 2.3%, con un valor máximo de 4.2% en 2007, con 117 registros otorgados, y un mínimo de 0.7% en 2004, con la concesión de tan sólo 6 patentes.

**Cuadro 7. Patentes otorgadas en Argentina con relación al total**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
OTORGADAS TOTALES	1493	1232	914	1367	840	1798	2929	2769
BIOTECNOLOGÍA	44	18	25	14	6	35	104	117
% BIOTECNOLOGÍA	2,9%	1,5%	2,7%	1,0%	0,7%	1,9%	3,6%	4,2%

Entre los titulares de patentes en biotecnología otorgados en Argentina, resulta mucho mayor la proporción de no residentes en el país, como se pudo observar en el Cuadro 8. En promedio, el 89% de los titulares de patentes biotecnológicas argentinas entre 2000 y 2007 son no residentes en el país.

**Cuadro 8. Patentes otorgadas a residentes y no residentes**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
RESIDENTES	2	0	4	2	1	5	12	18
NO RESIDENTES	42	18	21	12	5	30	92	99
TOTAL	44	18	25	14	6	35	104	107

Profundizando el análisis de las patentes biotecnológicas otorgadas a no residentes, el Cuadro 9 presenta la cantidad de documentos registrados en Argentina bajo la titularidad de cada uno de los cinco países de mayor frecuencia entre 2000 y 2007. Por un amplio margen, el primer lugar lo ocupan los Estados Unidos con 178 registros, seguidos por Francia con 21 y Gran Bretaña con 20. Luego aparecen Alemania y Dinamarca, con 18 y 12 respectivamente.

### Cuadro 9. Patentes otorgadas a no residentes según país

EEUU	178
FRANCIA	21
GRAN BRETAÑA	20
ALEMANIA	18
DINAMARCA	12

Primeros cinco según cantidad. Acumulado 2000-2007.

Pasando a las fuentes internacionales de patentes, en la USPTO sólo se otorgaron nueve documentos entre 2000 y 2007. Esto ha implicado una porción variable del total de las patentes del MERCOSUR registradas en esa fuente, que varió desde 11% en 2003 al 44% en 2007 (Cuadro 10).

### Cuadro 10. Patentes otorgadas a titulares argentinos en la USPTO

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	0	1	0	1	0	0	3	4
MERCOSUR	1	4	3	9	5	2	10	9
AR/MERCOSUR	0%	25%	0%	11%	0%	0%	30%	44%

Las solicitudes de patentes por parte de argentinos, en la misma fuente, han alcanzado en promedio el 29% del total del MERCOSUR (Cuadro 11). Sin embargo, ese porcentaje ha ido en disminución, dado que en los primeros años del período se alcanzaron valores del 39% y 41%.

### Cuadro 11. Patentes solicitadas por titulares argentinos en la USPTO

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	14	99	76	107	62	15	10	5
MERCOSUR	36	243	305	380	273	58	38	19
AR/MERCOSUR	39%	41%	25%	28%	23%	26%	26%	26%

Por otra parte, en la EPO existe una muy baja presencia de titulares del MERCOSUR, con sólo seis patentes obtenidas. En ese contexto, la presencia argentina se resume a dos documentos obtenidos en 2007 (Cuadro 12).

### Cuadro 12. Patentes otorgadas a titulares argentinos en la EPO

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	0	0	0	0	0	0	0	2
MERCOSUR	0	0	0	0	0	1	1	4
AR/MERCOSUR	-	-	-	-	-	0%	0%	50%

Las solicitudes en la Oficina Europea por parte de argentinos, en cambio, representan un porcentaje mayor que en la USPTO, con respecto al total del MERCOSUR (Cuadro 13), alcanzando en promedio un 49% entre 2000 y 2007. Esa presencia es aún más marcada en los últimos dos años, con valores del 93% y 100%.

**Cuadro 13. Patentes solicitadas por titulares argentinos en la EPO**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	0	0	2	8	13	23	26	11
MERCOSUR	7	6	5	16	31	36	28	11
AR/MERCOSUR	0%	0%	40%	50%	42%	64%	93%	100%

Finalmente, entre las publicaciones WIPO de patentes en biotecnología, registradas entre 2000 y 2007, se han identificado 15 patentes de titulares argentinos. Esto es equivalente a un 17,4% en promedio en el período.

**Cuadro 14. Patentes de titulares argentinos publicadas por la WIPO**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
ARGENTINA	1	0	2	1	2	1	4	4
MERCOSUR	2	8	17	11	19	9	17	18
AR/MERCOSUR	50%	0%	12%	9%	11%	11%	24%	22%

## 4. Indicadores sobre empresas de biotecnología

En el apartado 1 del documento de información adicional para el componente de capacidades se describen las fuentes primarias y secundarias utilizadas. A partir de la información obtenida, las empresas fueron clasificadas en tres sectores: Agro (subcategorías: inoculantes, semillas y plantines, sanidad animal), salud humana y alimentos (ingredientes alimentarios para bioprocesamiento. La información obtenida acerca del tamaño de la empresa (facturación, empleados, inversión en I+D) fue parcial (catálogo de empresas). Esta información no se encuentra accesible y es necesario obtenerla mediante encuestas formales. Teniendo en cuenta esto no se pudo determinar con exactitud la mayoría de los indicadores propuestos para el sector empresarial. Cabe aclarar que a partir del catálogo de empresas se realizó una clasificación adicional en empresas estrictamente biotecnológicas. Estas cumplen con la clasificación propuesta, principalmente, con respecto al área de I+D. Contienen y realizan inversión en I+D, en general están integradas por profesionales especialistas vinculados a la biotecnología. Las demás empresas utilizan procesos y técnicas biotecnológicas pero no se obtuvo información concreta acerca del área de I+D.

**Cuadro 15. Empresas biotecnológicas argentinas por sector y ventas**

Sector		Total	Participación de sectores en ventas biotecnológicas
Agro	Inoculantes	25	7,5
	Semillas y plantines	19	41
	Sanidad animal	10	24,8
Ingredientes alimentarios para bioprocesamiento		10	15,4
Salud humana		20	11,3
<b>Totales</b>		<b>84</b>	<b>100</b>

Fuente: Bisang y col (2006)

La información consolidada por Bisang y col. (2006)<sup>11</sup> basada en el análisis de las 84 empresas locales de biotecnología indica una amplia heterogeneidad tanto de tamaño, origen del capital, antigüedad, forma de organización y actividades desarrolladas. Esta información se resume en el cuadro 15. En base a la importancia del componente de I+D, el número de empresas biotecnológicas se reduciría a 40. Se trata de un conjunto de empresas privadas que operan en la producción de semillas y micro propagación vegetal, reproducción animal, vacunas, inoculantes, cultivos, enzimas y medicamentos. Alrededor del 80 % de las empresas son de capital nacional con un fuerte predominio de firmas pequeñas y medianas cuyas actividades son casi exclusivamente biotecnológicas. A ello cabe sumar un número reducido de empresas de mayor tamaño, que además controlan otras actividades relacionadas con la biotecnología (semillas, medicamentos, alimentos, etc.). En su conjunto el grueso de las actividades locales opera a partir de la adaptación y mejoras menores de cambios radicales llevados a cabo por un número acotado de grandes empresas radicadas en el exterior

**Cuadro 16. Desarrollo local de técnicas biotecnológicas.**

Sectores	Investigación y desarrollo			Producción		
	Basadas en ADN	Inmunoquímica/bioquímica	Bio procesamiento	Basadas en ADN	Inmunoquímica/bioquímica	Bio procesamiento
Salud humana	9	9	7	6	11	9
Sanidad animal	1	5	6	0	7	8
Semillas y plantines	3	1	8	0	1	8
Inoculantes	0	7	7	0	10	25
Ingredientes alimentarios para bioprocesamiento	0	1	6	0	4	8
<b>Totales</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	<b>34</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>56</b>

Fuente: Bisang, Díaz, Gutman, 2006. Proyecto "Impactos económicos de la biotecnología sobre sectores agroalimentarios y de la salud en Argentina", Proyecto PICT 2002 - Código 02-13063

Según los datos del cuadro 17 las ventas de productos biotecnológicos rondarían los mil millones de pesos (más de 300 millones de dólares).

**Cuadro 17. Producción total y biotecnológica de empresas selectas**

Sector		Totales (a)	Biológicos/biotecnológicos (b)	Estructura por sector de las ventas bio	b/a
Agro	Inoculantes	162630	71322	7,5	43,86
	Semillas y plantines	4462523	390000	41,1	8,74
	Sanidad animal	377500	235425	24,8	62,36
Ingredientes alimentarios para bioprocesamiento		237140	146030	15,4	61,58
Salud humana		321175	107383	11,3	33,43
<b>Totales</b>		<b>5560968</b>	<b>950160</b>	<b>100,0</b>	<b>17,09</b>

2002/03 - miles de pesos y porcentajes.

Fuente: Bisang, Díaz, Gutman, 2006.

<sup>11</sup> Bisang, R; Gutman, G; Lavarello, P; Sztulwark, S y Díaz, A. (compiladores) Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la Argentina, Buenos Aires, Prometeo Libros, 2006

El sector agrobiotecnológico explica el 73% de la actividad bajo análisis. Se destaca fuertemente la producción de semillas transgénicas seguida por los productos para sanidad animal. Salud humana, especialmente lo relacionado con la producción de medicamentos en base a técnicas recombinantes y otras biotecnologías, explica poco más del 10% del total de las ventas del sector de Empresas Biotecnológicas, mientras que los ingredientes alimentarios es levemente superior. Del total de la producción se exportan bienes por alrededor de 70 millones de dólares. El potencial tecno-productivo del sector empresario biotecnológico le permite insertarse competitivamente en los mercados externos.

### **Empresas biotecnológicas vinculadas con la salud humana**

Como referencia puede tomarse el dato sobre el mercado farmacéutico de Argentina que llega a USD 2,7 mil millones de ventas en el mostrador, de acuerdo a World Pharmaceutical Market Summary (<http://marketing.imshealth.com/>). El mercado latinoamericano suma 22,5 mil millones con Brasil (11,1 mil millones) y México (8,6 mil millones) en los primeros lugares y Argentina en el tercero.

En Argentina existen unas veinte empresas vinculadas con la salud humana (producción de medicamentos, vacunas y de reactivos diagnósticos); algunas de ellas se encuentran en un estadio previo con fuertes gastos en investigaciones. Los desarrollos corresponden exclusivamente a empresas de capital local. Excepto unos pocos casos, en la mayoría de las empresas, las producciones biotecnológicas son complementarias a otra actividad principal y previa; por lo general, el grueso de sus ingresos proviene -en el caso de los medicamentos y vacunas- de la producción/venta (por técnicas convencionales). En los casos de mayor envergadura, la empresa biotecnológica forma parte de un grupo empresario, con intereses comerciales que van más allá de lo farmacéutico.

### **Empresas de insumos para la sanidad animal**

Existe una presencia mayoritaria de empresas nacionales, que forman parte de grupos económicos de cierta magnitud. Los productos biotecnológicos son un parte importante del negocio y tienen un promisorio desarrollo futuro. El desarrollo biotecnológico se asienta en la capacidad técnica previa adquirida a través del desarrollo de productos biológicos por métodos tradicionales. La demanda interna y las reglamentaciones de los organismos de sanidad animal son factores determinantes para el desarrollo de las empresas de este sector.

### **Empresas biotecnológicas en el campo de la reproducción vegetal**

Los desarrollos recientes (en cultivos transgénicos), han realzado el perfil de las actividades biotecnológicas en el campo de la reproducción vegetal en Argentina. La micropropagación vegetal y las semillas transgénicas son las dos áreas destacadas. En lo relativo a la micropropagación, la actividad se desarrolla desde hace varias décadas. Coexiste una subsidiaria de un grupo nacional con un número acotado de empresas de tamaño pequeño o mediano, desprendimientos de universidades e institutos tecnológicos, que operan en base a un conjunto reducido de productos y/o proyectos. El grueso de sus actividades depende casi exclusivamente de estos desarrollos. Son empresas de capital nacional.

## 5. Indicadores de empleo y empresas en biotecnología

Se estima que las empresas analizadas emplean de manera directa alrededor de unas 5.000 personas, como se presenta en el cuadro 18.

**Cuadro 18. Empleo en empresas biotecnológicas por sector**

Sector		Empleo total
Agro	Inoculantes	398
	Semillas y plantines	1795
	Sanidad animal	513
Ingredientes alimentarios para bioprocesamiento		533
Salud humana		1807
<b>Totales</b>		<b>5046</b>

Empleo total de 71 empresas biotecnológicas seleccionadas. Fuente: Bisang, Díaz, Gutman, 2006. Proyecto "Impactos económicos de la biotecnología sobre sectores agroalimentarios y de la salud en Argentina", Proyecto PICT 2002 - Código 02-13063.

Las empresas biotecnológicas demuestran una fuerte vocación por las actividades de innovación lo cual queda reflejado en un gasto del orden de 50 millones de pesos anuales en tales actividades (casi 5% de sus ventas), a la vez que emplean casi 600 personas en I+D (más del 10% de su empleo total).

## 6. Indicadores de OGM liberados

En Argentina, los cultivos autorizados para su siembra, consumo y comercialización son:

1. Soja tolerante al herbicida glifosato
2. Maíz tolerante al herbicida glifosato
3. Algodón tolerante al herbicida glifosato
4. Maíz tolerante al herbicida glufosinato de amonio
5. Maíz resistente a insectos lepidópteros o Bt
6. Algodón resistente a insectos o Bt
7. Maíz resistente a insectos lepidópteros (Bt) y tolerante al herbicida glufosinato de amonio
8. Maíz resistente a insectos lepidópteros (Bt) y tolerante al herbicida glifosato
9. Maíz resistente a insectos lepidópteros (Bt) y tolerante a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio.

Lo que se autoriza no es el cultivo, sino el evento de transformación genética.<sup>12</sup> Los eventos de transformación son únicos, y difieren en los elementos y genes insertados, los sitios de inserción en el genoma de la planta, el número de copias del inserto, los patrones y niveles de expresión de las proteínas de interés, etc.

<sup>12</sup> La Comisión Nacional de Bioseguridad Agropecuaria (CONABIA) define evento como inserción en el genoma vegetal en forma estable y conjunta, de uno o más genes que forman parte de una construcción definida.

**Cuadro 19. Eventos aprobados para siembra, consumo y comercio**

Cultivo	Característica introducida	Evento*	Año
Soja	tolerancia al herbicida glifosato	40-3-2	1996
Maíz	resistencia a insectos lepidópteros	176	1998
Maíz	tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	T25	1998
Algodón	resistencia a insectos lepidópteros	MON531	1998
Maíz	resistencia a insectos lepidópteros	MON810	1998
Algodón	tolerancia al herbicida glifosato	MON1445	2001
Maíz	resistencia a insectos lepidópteros	Bt11	2001
Maíz	tolerancia al herbicida glifosato	NK603	2004
Maíz	resistencia a insectos lepidópteros y tolerancia al herbicida glufosinato de amonio	TC1507	2005
Maíz	tolerancia al herbicida glifosato	GA21	2005
Maíz	tolerancia al herbicida glifosato y resistencia a insectos lepidópteros	NK603 X MON810	2007
Maíz	tolerancia a los herbicidas glifosato y glufosinato de amonio, y resistencia a insectos lepidópteros	1507 X NK603	2008

Fuente: CONABIA (SAGPyA)

## 7. Indicadores de ensayos de campo con OGM

Argentina instituyó un marco regulatorio para los organismos genéticamente modificados (OGMs) en 1991. Para esa fecha, diversas empresas y organismos de investigación del sector público comenzaban sus desarrollos en esta área, y la necesidad de regular estas actividades llevó a la creación de la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA) como instancia de evaluación y consulta, en el ámbito de la entonces SAGyP (luego SAGPyA), constituyéndose en la instancia de asesoramiento del Secretario de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos quien es la autoridad de aplicación de dicha regulación. Poco después, la CONABIA desarrolló la primer normativa para la introducción experimental y liberación al ambiente de OGMs. La CONABIA evalúa las nuevas variedades de OGMs para su cultivo y comercialización, otorgando en una primera etapa un permiso para ensayo a campo. Se trata de un comité multidisciplinario de expertos y representantes de distintos sectores públicos y privados involucrados (<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/>).

Desde 1991 hasta 2003 fueron evaluados 667 permisos, de los cuales el 83 % fueron ensayos a campo. Los principales cultivos fueron maíz, soja, girasol y algodón. Las principales características evaluadas fueron resistencia a insectos y tolerancia a

herbicidas. Durante el 2007, se otorgaron 147 autorizaciones para la liberación de plantas GM (OVGM); la mayoría de estos permisos fueron para ensayos a campo y unos pocos para producción o para invernadero.<sup>13</sup>

## 8. Indicadores de superficie cultivada con OGM:

Argentina ocupa el segundo lugar a nivel mundial por la superficie cultivada con variedades GM (19 millones de hectáreas), según la información publicada por el *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA).

**Cuadro 20. Superficie cultivada con OGM, principales países y cultivos**

País	2006	% en relación al total	2007	% en relación al total	Tasa de crecimiento (%)	Cultivos OGM
USA	54,6	53,6	57,7	50,5	5,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo, papaya, alfalfa
<b>Argentina</b>	<b>18,0</b>	<b>17,7</b>	<b>19,1</b>	<b>16,7</b>	<b>6,1</b>	<b>Soja, maíz, algodón</b>
Brasil	11,5	11,3	15,0	13,1	30,4	Soja, algodón
Canadá	6,1	6,0	7,0	6,1	14,8	Canola, soja, maíz,
India	3,8	3,7	6,2	5,4	63,2	Algodón
China	3,5	3,4	3,8	3,3	8,6	Algodón
Paraguay	2,0	2,0	2,6	2,3	30,0	Soja
Sudáfrica	1,4	1,4	1,8	1,6	28,6	Soja, maíz, algodón
Uruguay	0,4	0,4	0,5	0,4	25,0	Soja, maíz
Filipinas	0,2	0,2	0,3	0,3	50,0	Maíz
Australia	0,2	0,2	0,1	0,1	-50,0	Algodón
España	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Soja
México	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Algodón, soja
<b>Total</b>	<b>101,9</b>		<b>114,3</b>		<b>12,2</b>	

Fuente: ISAA

## 9. Financiamiento para la biotecnología

Como en otros países de la región, la información sobre financiamiento es muy incompleta y parcial. Si bien existen una serie de mecanismos de financiamiento público para las actividades de biotecnología, esta información no está sistematizada y es de

<sup>13</sup> El impacto de los cultivos GM fue extensamente analizado en el trabajo "Diez Años de Cultivos Genéticamente Modificados en la Agricultura Argentina" publicado por Eduardo J. Trigo & Eugenio J. Cap (ArgenBio, diciembre de 2006).



difícil acceso. En el mejor de los casos, se puede obtener información sobre fondos nacionales dedicados específicamente al fomento de la biotecnología. El financiamiento privado para actividades de biotecnología solamente se puede obtener a partir de encuestas. Como se señaló previamente, no hay encuestas específicas realizadas por los organismos nacionales con competencia en la materia y las que se han realizado – por lo general relacionadas con proyectos de investigación– no son periódicas. Utilizando una encuesta realizada por un proyecto de investigación, se ha obtenido la información sobre financiamiento privado, que se reseña en la sección (5) Indicadores sobre Empresas de Biotecnología. En lo referido al financiamiento público, los datos son también parciales. Una sistematización de esos datos puede encontrarse en el Documento Nro. 4: *Inventario de Instrumentos de Financiamiento para la Biotecnología*. La fuente principal de financiamiento público más utilizada por las empresas de biotecnología –por la magnitud de los montos otorgados y por la cantidad de proyectos aprobados– es el FONTAR. Se trata de una fuente adecuada para empresas que, como las biotecnológicas, están relacionadas con la incorporación de conocimiento científico y tecnológico y la conformación de alianzas con las instituciones que tienen ese conocimiento para llevar a cabo los procesos de innovación. En los cuadros 21 y 22 se detallan los montos y cantidad de proyectos aprobados en biotecnología.

**Cuadro 21. Participación de proyectos biotecnológicos en el FONTAR**

FONTAR 2000-2004	Biotecnología		Todos los sectores	
	Nº de proyectos	Monto total (millones de \$)	Nº de proyectos	Monto total (millones de \$)
I+D	114	26,80	1480	322,51
Infraestructura	12	10,11	48	55,13
Total	126	36,91	1528	377,64
Participación del sector biotecnológico en el conjunto de todos los sectores	8,25%	9,7%	100 %	100 %

Fuente: Documento Nro. 4: Inventario de Instrumentos de Financiamiento para la Biotecnología

**Cuadro 22. Desagregación de los proyectos biotecnológicos por áreas**

Sectores	Proyectos		Monto	
	Cantidad	Partic. %	Millones de \$	Partic. %
Salud humana	43	38	18,1	67,6
Sanidad animal	34	30	5,23	19,5
Alimentos	16	14	2,05	7,65
Sanidad vegetal	16	14	1,07	4
Ambiente	4	4	0,32	1,25
Total Proyectos I+D FONTAR en biotecnología 2000-2004	114	100	26,77	100

Fuente: Documento Nro. 4: Inventario de Instrumentos de Financiamiento para la Biotecnología

## 10. Centros de excelencia

Para la identificación de los centros de excelencia, se consideraron solamente los centros de I+D que cuentan con una planta mínima de 20 investigadores y que desarrollan al menos 5 programas o líneas de investigación independientes, lo que facilita el abordaje de problemas complejos y multidisciplinarios. Sin embargo, solo se consideraron los centros de los cuales se logró obtener información para la totalidad de los indicadores evaluados.

Estas consideraciones se realizaron para obtener un análisis preliminar de los centros de excelencia en Argentina. De ninguna manera este análisis es exacto ni definitivo, ya que no se cuenta con la información necesaria de todos los institutos relevados. Cabe aclarar que en este análisis no se contemplan institutos que, debido a su trayectoria y producción conocida podrían considerarse centros de excelencia (INTA, IIB), porque no se cuenta con datos concretos de la totalidad de los indicadores.

Dentro del conjunto de 37 centros con actividades en biotecnología, aquellos con líneas de trabajo más estrictamente biotecnológicas pueden destacarse 28 Institutos donde existe al menos una línea de investigación en biotecnología (y un total de 96 líneas de investigación en biotecnología) 241 investigadores, 322 becarios graduados y 101 técnicos. De estos 28 centros, existen un total de 18 que cuentan con la planta mínima de 20 investigadores. Se trata de CERELA, CERZOS, CIBICI, CIDCA, CIQUIBIC, Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ, IBR, IBYME, IDEHU, IFEVA, IFIBYNE, IIB, IIB-INTECH, INGEBI, INIBIOLP, INTA, IQUIFIB e Instituto Leloir.

A partir de la base de datos de indicadores para cada una de estas instituciones se consideraron los siguientes indicadores: número de investigadores, número de becarios, número de técnicos, número de tesis, número de publicaciones, publicaciones por investigador y publicaciones por investigadores y becarios, y se seleccionaron para cada indicador evaluado los diez primeros institutos. De la lista de cada uno de estos institutos se tomaron aquellos con una planta mínima de 20 investigadores y de los cuales se disponía de información para todos los indicadores.

A partir de estos criterios y de la evaluación de los consultores especializados, se identificaron los siguientes centros de excelencia:

1. Instituto Leloir - (antes del año 2001: Instituto de Investigaciones Bioquímicas Fundación Campomar)
2. CIBICI (Centro de Investigaciones en Bioquímica Clínica e Inmunología)
3. IIB-INTECH (Instituto de Investigaciones Biotecnológicas - Instituto Tecnológico de Chascomús)
4. IBR (Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario)
5. IFIBYNE (Instituto de Fisiología, Biología Molecular y Neurociencias)
6. IBYME (Instituto de Biología y Medicina Experimental)
7. INGEBI (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular)
8. PROIMI (Planta Piloto de Procesos Industriales Microbiológicos)
9. Departamento de Ciencia y Tecnología de la UNQ

**Cuadro 23. Centros de excelencia**

Instituto	Nº Investigadores	Nº Becarios	Nº Técnicos	Tesis (2000-2007)
<b>IBR</b>	56	86	11	38
<b>IBYME</b>	48	67	27	33
<b>Leloir</b>	47	111	21	51
<b>IIB-INTECH</b>	45	63	28	37
<b>CIBICI</b>	40	54	6	s/d
<b>IFIBYNE</b>	14	33	6	18
<b>INGEBI</b>	20	27	7	39
<b>PROIMI</b>	18	33	6	s/d

### **III. Informe sobre Brasil**

## Introducción

Este Informe analiza los principales Indicadores del Área de Biotecnología en Brasil que fueron sistematizados en el marco del “*Proyecto Biotech - Inventario diagnóstico de las Biotecnologías en el MERCOSUR y comparación con las de la UE*”. Dichos Indicadores son los siguientes:

- ⇒ Indicadores de Postgrado (Cursos de Maestría y Doctorado);
- ⇒ Indicadores de Recursos Humanos (Especialistas: Doctores, Investigación y Demás Investigadores);
- ⇒ Indicadores de Empleo Formal;
- ⇒ Indicadores relativos a las Empresas del Área de Biotecnología;
- ⇒ Indicadores de Patentes;
- ⇒ Indicador del Área Cultivada;
- ⇒ Indicadores de Liberaciones Comerciales de Cultivos OGM.

El análisis de cada Indicador tiene como base una nota metodológica, presentada en el documento de información adicional. El recurso a otras bases de información, que no sean las utilizadas en el presente Informe, como por ejemplo la Encuesta de Innovación Tecnológica - PINTEC y la Encuesta Industrial Anual, realizadas actualmente por el IBGE, no fue posible por estar sistematizadas de acuerdo con la Clasificación Nacional de Actividades Económicas – CNAE<sup>14</sup>. En el ámbito de la CNAE, la “biotecnología” no es considerada una actividad económica, pues posee un ámbito que deja entrever varias de esas actividades.

## 1. Fortalezas y debilidades de la Biotecnología en Brasil

Puede afirmarse que en Brasil, se encuentra en proceso la tentativa de estructuración de un nicho específico del Sistema Nacional de CT+I relacionado con el área de biotecnología. Sin embargo, ese proceso todavía se enfrenta con limitaciones que pueden comprometer seriamente su éxito. A continuación se describen las fortalezas para la estructuración de un nicho del Sistema Nacional de CT+I relativo al área de biotecnología:

### a) Expansión de la educación de Postgrado en el área de biotecnología

Actualmente Brasil cuenta con 31 Programas de Postgrado en el área de Biotecnología, en su gran mayoría estructurados a partir de 2002. De esos Programas, 19 presentan cursos de doctorado y maestría, 11 se restringen a maestrías y 1 se refiere a la maestría profesionalizante. Ninguno de esos Programas presenta conceptos superiores a 5, lo

---

<sup>14</sup> La CNAE fue desarrollada tomando como referencia la International Standard Industrial Classification of All Economic Activities - ISIC, 3ª revisión (Clasificación Industrial Internacional Uniforme - CIIU), de las Naciones Unidas.

cual indica que varios de ellos aún se encuentran en fase de consolidación. Las áreas de concentración de esos Programas son relativamente diversificadas, como por ejemplo las siguientes: Biotecnología en Recursos Naturales, Biología Aplicada a la Agricultura; Biología Vegetal; Biociencias y Biotecnología; Biología y Biotecnología de Microorganismos; Biotecnología de Organismos Fotosintetizantes; Biotecnología de Microorganismos Relacionados a Plantas; Innovación y Gestión Estratégica en Biotecnología; Biotecnología Aplicada a la Salud del Niño y del Adolescente; Físico-química y Química Orgánica y Biotecnología; Biotecnología Agrícola; Biotecnología y Recursos Naturales de la Amazonia; Biotecnología en Salud y Medicina Investigativa; Biotecnología Industrial; Ciencias Genómicas y Biotecnología; Fitosanidad y Biotecnología Aplicada; y Procesos Biotecnológicos;

## **b) Expansión de los grupos de investigación en el área de Biotecnología**

El crecimiento de la cantidad de Grupos de Investigación en el área de Biotecnología en Brasil fue muy acentuado en el período 2000-2008 (abril). En el año 2000 había 249 Grupos de Investigación en ese área en Brasil. En abril de 2008, ese número aumentó a 79015. Ese crecimiento se acentuó en todas las categorías temáticas (Ciencias Vegetales; Métodos Bioquímicos; Bioquímica y Biología Molecular; Biofísica; Biotecnología y Microbiología Aplicada; Microbiología; Biología Celular; Genética y Herdabilidad; y Biología del Desarrollo). Sin embargo, se observa que el 56,4% de esos Grupos están concentrados en la Microbiología, el 23,0% en Biología Celular, el 8,9% en Biofísica, el 6,7% en Biología del Desarrollo y el 3,5% en Bioquímica y Biología Molecular. Si son discriminados de acuerdo con palabras clave, puede observarse, en el período 2000-2006, una expresiva diversificación temática de los Grupos de Investigación, aunque concentrados en objetos de investigación relacionados con la "genómica", "bioinformática", "cultivo de tejidos", "transducción de señal" y "cultivo de células";

### ⇒ **Aumento de publicaciones de Biotecnología en el SCI**

En el período 2000-2007, la cantidad de publicaciones en ese área indexadas de instituciones brasileñas aumentó de forma significativa. De cerca de 400 en el inicio de la década, la cantidad de dichas publicaciones alcanzó 1.137 en 2007. Aunque ese número sea poco significativo a nivel mundial (2%), las publicaciones de instituciones brasileñas en el área de Biotecnología representan el 80% del total de publicaciones del conjunto de países del MERCOSUR. Cerca del 30% de las publicaciones brasileñas cuentan con la colaboración de socios internacionales, principalmente estadounidenses. Sin embargo, la cantidad de publicaciones brasileñas realizadas con la colaboración de socios del MERCOSUR es muy incipiente (2,1%) y en su casi totalidad, lo es con instituciones argentinas.

### ⇒ **Desarrollo del sector productivo empresarial**

De acuerdo con la Fundación BIOMINAS, en 2007, existían 71 empresas de Biotecnología en Brasil. Aproximadamente la mitad de esas empresas tenían como máximo 2 años (26,7%) o se encontraban en el rango de 2 a 5 años de edad (23,9%).

---

<sup>15</sup> Esos indicadores fueron elaborados con base en la Plataforma Lattes, organizada por el Consejo Nacional de Investigaciones – CNPq, según la sigla en portugués, órgano vinculado al Ministerio da Ciencia y Tecnología del Gobierno Federal.

La expansión del número de empresas de Biotecnología en el país es relativamente reciente, ya que el 51% de ellas fueron fundadas a partir de 2002 y sólo el 21% son empresas de 5 a 10 años de fundación. Además, la gran mayoría de las empresas de Biotecnología (86%) son industriales y se encuentran en actividades relacionadas con la Agricultura (22,5% de las empresas), Insumos (21,1%), Salud Animal (18,3%), Salud Humana (16,9%), Biotecnología en Medio Ambiente (14,1%) y Bioenergía (4,2%);

⇒ **aumento del nivel de empleo formal en el área**

En el período 2003-2006, el nivel de empleo de esos profesionales superó la duplicación, mientras que el de técnicos de soporte disminuyó. Ese comportamiento del nivel de empleo formal del área de Biotecnología indica el significativo crecimiento que se viene observando en este área en Brasil. La disminución observada en el nivel de empleo de técnicos de soporte puede estar relacionada con un aumento de la informalidad de las relaciones laborales del área, con una mayor exigencia de calificación del personal de soporte a medida que el área va se desarrollando y abarcando cada vez más actividades de mayor sofisticación tecnológica y/o con contrataciones formales según otros tipos de ocupación que no sean “técnicos de soporte”<sup>16</sup>;

**c) Creciente aplicación de Biotecnología en las actividades económicas**

De acuerdo con el International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications – ISAAA, el área plantada con cultivos biotecnológicos en países considerados grandes productores, o sea, países con un área plantada superior a las 50 mil hectáreas, viene aumentando de manera significativa a una tasa de crecimiento del 12% entre 2007 y 2006. Entre los cuatro principales países productores (Estados Unidos, Argentina, Brasil y Canadá), Brasil presenta la mayor tasa de crecimiento (30,4%) de la superficie cultivada con cultivos biotecnológicos en el período 2006-2007. La tendencia actual es de un significativo crecimiento de ese área, en función de la consolidación de la política de liberación de cultivos OGM en Brasil<sup>17</sup>.

## **2. Limitaciones al proceso de estructuración de un nicho relativo al área de Biotecnología**

---

<sup>16</sup> Las informaciones sobre el empleo en el área de Biotecnología tiene como base la Relação Anual de Informações Sociais – RAIS (Lista Anual de Informaciones Sociales), instituida por el Decreto nº 76.900 del 23/12/75, y sistematizada por el Ministerio de Trabajo.

<sup>17</sup> En Brasil, de acuerdo con la CTNbio, hasta 2006, dos productos genéticamente modificados estaban permitidos en Brasil: la soja resistente a herbicidas a base de glifosato (Roundup Ready -Monsanto), y una especie de algodón resistente a insectos (Bollgard 1). En mayo de 2007, la CTNbio aprobó la variedad de maíz transgénico Libert Link, de la empresa alemana Bayer y resistente al herbicida glufosinato de amoníaco. En agosto de ese año, aprobó la liberación comercial del maíz transgénico Guardian, desarrollado por la empresa estadounidense Monsanto y resistente a insectos. Ya en septiembre de 2007, la CTNbio liberó el maíz transgénico BT11 de Syngenta. En febrero de 2008, esas decisiones de la CTNbio referentes al Libertlink y al Guardian fueron sancionadas por el Consejo Nacional de Bioseguridad – CNBS.

A pesar de los avances que se pueden observar, en Brasil, en lo que se refiere al proceso de estructuración de un nicho específico del Sistema Nacional de CT&I relativo al área de Biotecnología, hay varias limitaciones, de acuerdo con lo que se describe a continuación, que todavía necesitan ser superadas:

#### **a) Pequeño número de patentes realizados por residentes en Brasil**

En el período 2000-2005, anualmente, en promedio, se realizaron 512 pedidos de patentes ante el Instituto Nacional de Propiedad Industrial - INPI, pero ninguno de ellos ha sido concedido. En promedio, en ese período, el 93% de los pedidos realizados fueron presentados por no residentes. Ese hecho contrasta con los avances que se vienen realizando en el mismo período en Brasil, en el postgrado y en grupos de investigación y de especialistas (doctores y demás investigadores) del área de Biotecnología. Sin embargo, también es posible constatar que el número promedio de pedidos de patentes realizados por residentes en Brasil aumentó de 25 en el período 2000-2002 a 45 en 2003-2005;

#### **b) Pequeño número de pedidos de patentes realizados por empresas de Biotecnología**

De acuerdo con el Instituto Nacional de Propiedad Industrial - INPI, el conjunto de las 71 empresas de Biotecnología brasileñas presenta una baja tasa de depósito de patentes: sólo 17 patentes ya fueron depositadas por sólo 11 empresas. De ese conjunto, el 84,5% de las empresas no tiene patentes depositadas en Brasil y del 15,5% restante, el 10% tiene una, el 2,8% tiene dos y sólo el 2,8% tiene tres patentes depositadas<sup>18</sup>;

#### **c) Incipiencia del conjunto de empresas de Biotecnología**

En el conjunto de las 71 empresas de Biotecnología predominan las micro y pequeñas empresas: el 32% de las empresas tiene como máximo 5 empleados y el 53,5% son empresas con hasta 9 empleados. Cerca del 78% de las empresas de Biotecnología pueden ser consideradas como microempresas, con hasta 19 trabajadores. Aproximadamente el 57% de las empresas tiene una facturación anual de como máximo un millón de reales, lo cual también las caracteriza como micro y pequeñas empresas. Además, el 18% del total de las empresas no presenta facturación, lo cual es típico de las microempresas en fase inicial o en incubación. Sólo el 21,5% de las empresas tiene una facturación superior al millón de reales: el 16,1% una facturación de hasta R\$10 millones y sólo el 5,4% de las empresas tiene una facturación por encima de ese umbral<sup>19</sup>;

#### **d) Escasa interacción de las empresas con universidades y centros de investigación**

Una encuesta cualitativa realizada por la Fundación BIOMINAS, junto con empresarios del área de Biotecnología, indica que las dos cuestiones a las cuales la

---

<sup>18</sup> De acuerdo con la Fundación BIOMINAS, "Estudo de Empresas de Biotecnologia do Brasil", 2007.

<sup>19</sup> De acuerdo con la Fundación BIOMINAS (2007).



mayor parte de dichos empresarios atribuye grado de dificultad 1 (el máximo), son las siguientes: Acceso a informaciones técnicas e investigaciones recientes (29,7% de los empresarios) e Interacción con universidades y centros de investigación (32,4%). Ese hecho, en contraste con la expansión de la enseñanza de postgrado, los grupos de investigación y las publicaciones del área, puede estar indicando que las estrategias de las políticas públicas de P+D+I todavía están sólidamente centradas en el “modelo lineal de innovación” (science-push), en el cual las empresas son consideradas agentes externos al sistema de C+T, predominante en los años 70 y 80 en Brasil. En ese modelo, según Viotti (2008), el “papel reservado a las empresas es básicamente el de usuarias o consumidoras de la producción de conocimientos ofrecida por las instituciones de P+D, aunque esos conocimientos hayan sido generados sin ninguna consideración por las efectivas necesidades de los usuarios<sup>20</sup>;

#### **e) El ángulo académico en la definición de políticas de apoyo al sector privado**

Las políticas de apoyo al sector privado frecuentemente son formuladas desde la óptica de la investigación académica: recursos para financiación sin retorno (a fondo perdido), becas y apoyo con recursos humanos y gran responsabilidad del sector público en el fomento de las actividades privadas de investigación. Poco se avanza en la agenda de nuevas políticas típicamente económicas o industriales: créditos, internacionalización de las empresas o apoyo externo al esfuerzo de certificación y calidad del producto y del proceso, entre otras<sup>21</sup>. En ese sentido, la encuesta cualitativa realizada por la Fundación BIOMINAS, junto a empresarios del área de Biotecnología revela que éstos enfrentan gran dificultad en tres aspectos: el 59,4% de los empresarios respondieron tener una alta (o altísima) dificultad en lo que se refiere al proceso de registro del producto; el 54% lo hizo con respecto al proceso de certificación internacional; y el 35,1% enfrenta grandes problemas con el proceso de pedido y obtención de patentes;

#### **f) Asignación de recursos de forma pulverizada e incapaz, en general, de promover cambios críticos en el proceso de innovación tecnológica**

Como ya se ha observado, el monto de recursos aplicados por los Fondos de C+T (Sectoriales, Transversales y otras fuentes del FNDCT) en el área de Biotecnología en Brasil, en el período 2000-2007, alcanzó R\$ 517 millones, destinados a cerca de 1.800 proyectos. Algunos proyectos de montos de recursos que superan los R\$33 millones, relacionados con la salud, constituyen excepciones (vacunas, biofármacos, anticuerpos monoclonales, kits diagnósticos para SIDA y Hepatitis C, etc.), nanociencia y nanotecnología (Laboratorio Nacional de Luz Síncrotron), biocombustibles y agronegocios (Embrapa);

---

<sup>20</sup> Según Eduardo B. Viotti. Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação, 2008, aguardando publicación, p. 6.

<sup>21</sup> Según Pacheco, Carlos Américo. Políticas públicas, intereses y articulación política: cómo se gestaron las recientes reformas al sistema de ciencia y tecnología en Brasil, Serie Políticas Sociales N° 103, Santiago de Chile: CEPAL, Febrero de 2005, citado por Viotti (2008), p. 25.

### **g) Existencia de lagunas operativas de la Política Nacional de Bioseguridad**

En particular, en lo que hace a las exigencias de análisis de evaluación de riesgo, según cada caso, y relativamente a actividades y proyectos que involucren OGM y sus derivados, y a la rotulación de productos transgénicos;

### **h) Existencia de problemas de gestión de las políticas públicas relacionadas con el área**

Entre esos problemas, pueden mencionarse los siguientes: precariedad del aparato institucional del sector público con responsabilidades cruciales en la formulación estratégica y operativa (Ministerio de Salud<sup>22</sup>, Ministerio de Ciencia i Tecnología, Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior y FINEP); derivación de atribuciones de gestión de políticas públicas de desarrollo industrial y de C+T para organizaciones no gubernamentales (por ejemplo ABDI<sup>23</sup>), de ingenierías institucionales complejas y sin condiciones políticas, técnicas y operativas de ejercerlas efectivamente; dificultades de integración y operación de los instrumentos existentes; y problemas de coordinación del conjunto de instrumentos e instituciones involucradas; y

### **i) Persistencia de factores históricos y estructurales de la economía brasileña y que condicionan o limitan el proceso de innovación en el país**

(Proceso de industrialización retardatario, fuerte presencia de empresas extranjeras multinacionales con actividades internas de P+D+I incipientes, etc.), principalmente en segmentos de punta, dinámicos a nivel internacional, como en el caso de las Biotecnologías. Es posible constatar que los significativos avances en el área de Biotecnología se alcanzaron cuando las actividades de P+D+I articularon políticas públicas (Ministerio de Salud, Ciencia y Tecnología, etc.) instituciones públicas, como en los casos de las áreas de salud (Fiocruz/Biomangunhos, Instituto Butantan y Tecpar) y de agronegocios (Embrapa).

## **3. Indicadores de Postgrado**

Actualmente, Brasil cuenta con 31 Programas de Postgrado en el área de Biotecnología, en su gran mayoría estructurados a partir del año 2000 (Tablas 1 y 2)<sup>24</sup>. De esos

<sup>22</sup> Excepto la Fundación Oswaldo Cruz y el Instituto Biomanguinhos.

<sup>23</sup> Con base en la Ley 11.030, del 30 de diciembre de 2004, el Gobierno Federal creó la Agencia Brasileña de Desarrollo Industrial - ABDI, bajo la forma de un Servicio Social Autónomo, con la finalidad de promover la ejecución de políticas de desarrollo industrial, especialmente las que contribuyan a la generación de empleos, en consonancia con las políticas de comercio exterior y de ciencia y tecnología. La ejecución de esa finalidad se da con base en un contrato de gestión firmado por la ABDI y el Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio Exterior.

<sup>24</sup> Esos indicadores fueron elaborados con base en las Estadísticas de Postgrado en Brasil (Datacapes), sistematizadas por la Coordinación de Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior – Capes, órgano

Programas, 19 presentan cursos de doctorado y maestría, 11 se limitan a maestrías y 1 se refiere a una maestría profesionalizante. Cerca del 62% de los cursos de maestría posee conceptos 4 y 5, con base en una escala de 1 a 7. La casi totalidad de los cursos de doctorado (90%) posee conceptos 4 y 5, con base en esa misma escala. Sin embargo, ninguno de esos Programas presentan conceptos superiores a 5, lo cual indica que varios de ellos aún se encuentran en fase de consolidación, y ello hace que sea necesario reforzarlos académicamente.

Las áreas de concentración de esos Programas son relativamente diversificadas, como por ejemplo las siguientes: Biotecnología en Recursos Naturales, Biología Aplicada a la Agricultura; Biología Vegetal; Biociencias y Biotecnología; Biología y Biotecnología de Microorganismos; Biotecnología de Organismos Fotosintetizantes; Biotecnología de Microorganismos Relacionados a Plantas; Innovación y Gestión Estratégica en Biotecnología; Biotecnología Aplicada a la Salud del Niño y del Adolescente; Físico-química y Química Orgánica y Biotecnología; Biotecnología Agrícola; Biotecnología y Recursos Naturales de la Amazonia; Biotecnología en Salud y Medicina Investigativa; Biotecnología Industrial; Ciencias Genómicas y Biotecnología; Fitosanidad y Biotecnología Aplicada; y Procesos Biotecnológicos.

**TABLA 1. Brasil: maestrías y doctorados en el área de Biotecnología, según las grandes áreas del conocimiento**

Gran Área	Programas	Maestría			Doctorado			Maestría Profesional					
		Total	Conceptos			Total	Conceptos			Total	Conceptos		
			3	4	5		3	4	5		3	4	5
Ciencias Agrarias (Agronomía)	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0			0
Ciencias Biológicas (Biofísica, Biología General, Botánica)	3	3	2	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0
Ciencias de la Salud (Medicina)	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Ciencias Exactas y de la Tierra (Química)	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Multidisciplinaria (Biotecnología e Interdisciplinaria)	23	21	6	10	5	15	1	9	5	1	0	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>29</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Fuente: Capes.

Merece destacarse la distribución regional de los Programas de Postgrado en Biotecnología. De los 31 Programas, 6 se localizan en el Estado de San Pablo, 4 en Paraná; 4 en Río de Janeiro; 2 en Río Grande do Sul y en el Amazonas; 3 en Bahía, 2

vinculado al Ministerio de Educación del Gobierno Federal. Ver Nota Metodológica "Indicadores de P&D: actividades de Pós-Graduação".

en Ceará, 1 en Santa Catarina, Minas Gerais y Espírito Santo; y 5 en los demás estados de las Regiones Norte, Nordeste y Centro Oeste (Sergipe, Amazonas, Alagoas, Mato Grosso do Sul y Distrito Federal). Uno de los Programas de Postgrado se refiere a una maestría profesionalizante en el área de Biotecnología médica. En el corto plazo, no es posible realizar una evaluación rigurosa de la compatibilidad de esa temática con el concepto de Biotecnología de la OECD dada la limitación de la base de información puesta a disposición *on line* por parte de la CAPES.

**TABLA 2. Brasil: Programas de maestría y doctorado en Biotecnología, según las grandes áreas del conocimiento**

Grandes Áreas	Áreas	Programas	IES	UF	Homologación	Áreas de Concentración*			Concepto		
						Maestría	Doctorado	Maestría Profesional	M	D	F*
Ciencias Agrarias	Agronomía	BIOTECNOLOGÍA	FUFSE	SE	ene/08	Biotecnología en Recursos Naturales	-	-	3	-	-
		BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA AGRICULTURA	UNIPAR	PR	abr/08	Biología Aplicada a la Agricultura	-	-	3	-	-
		BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	UFLA	MG	abr/08	Biología Vegetal	-	-	3	-	-
Ciencias Biológicas	Biofísica	BIOCIENCIAS BIOTECNOLOGÍA	UENF	RJ	abr/08	Biociencias y Biotecnología	Biociencias y Biotecnología	-	3	3	-
	Biología General (Ciencias Biológicas I)	BIOLOGÍA BIOTECNOLOGÍA MICRORGANISMOS	UESC	BA	abr/08	Biología y Biotecnología de Microorganismos	-	-	3	-	-
	Botánica (Ciencias Biológicas I)	BIOTECNOLOGÍA VEGETAL	UFRJ	RJ	abr/08	Biotecnología de Organismos Fotosintetizantes, de Microorganismos Relacionados a Plantas e Innovación y Gestión Estratégica en Biotecnología	Biotecnología de Organismos Fotosintetizantes y de Microorganismos Relacionados a Plantas	-	4	4	-
Ciencias de la Salud	Medicina (Medicina II)	BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA SALUD DEL NIÑO Y DEL ADOLESCENTE	IESPP	PR	Maestría – ene/08 y Doctorado – Aguardando	Biotecnología Aplicada a la Salud del Niño y del Adolescente	Biotecnología Aplicada a la Salud del Niño y del Adolescente	-	5	5	-

Ciencias Exactas y de la Tierra	Química (Química)	QUÍMICA BIOTECNOLOGÍA Y	UFAL	AL	abr/08	Físico-química y Química Orgánica y Biotecnología	Físico-química e Química Orgánica e Biotecnología	-	4	4	-
Multidisciplinaria	Biotecnología	BIOQUÍMICA	UFRJ	RJ	abr/08	Bioquímica	Bioquímica	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UFAM	AM	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	3	3	-
		BIOTECNOLOGÍA	UEFS	BA	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UECE	CE	abr/08	-	BIOTECNOLOGÍA - UFC - UFPE - UFRN	-	-	5	-
		BIOTECNOLOGÍA	UFES	ES	abr/07	Biotecnología	-	-	3	-	-
		BIOTECNOLOGÍA	UCDB	MS	abr/08	Biotecnología	-	-	3	-	-
		BIOTECNOLOGÍA	UCS	RS	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UFSC	SC	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UFSCAR	SP	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	USP	SP	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	5	5	-
		BIOTECNOLOGÍA	UNESP/ARAR	SP	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UMC	SP	abr/08	Biotecnología	Biotecnología	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA	UNAERP	SP	abr/08	Biotecnología	-	-	3	-	-
		BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA	UFPEL	RS	abr/08	Biotecnología agrícola	Biotecnología agrícola	-	5	5	-
		BIOTECNOLOGÍA Y RECURSOS NATURALES DE LA AMAZONIA	UEA	AM	abr/08	Biotecnología y Recursos Naturales de la Amazonia	-	-	3	-	-

		BIOTECNOLOGÍA EN SALUD Y MEDICINA INVESTIGATIVA	CPQGM	BA	Aguardando	Biología en Salud y Medicina Investigativa	Biología en Salud y Medicina Investigativa	-	4	4	-
		BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL	USP/EEL	SP	Aguardando	Biología Industrial	Biología Industrial	-	5	5	-
		CIENCIAS GENÓMICAS Y BIOTECNOLOGÍA	UCB	DF	abr/08	Ciencias Genómicas y Biología	Ciencias Genómicas y Biología	-	5	5	-
		FITOSANIDAD Y BIOTECNOLOGÍA APLICADA	UFRRJ	RJ	abr/08	Fitosanidad y Biología Aplicada	Fitosanidad y Biología Aplicada	-	3	-	-
		INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (BIOTECNOLOGÍA MÉDICA)	UNESP/BOT	SP	abr/08	-	-	Investigación y Desarrollo (Biología a médica)	-	-	4
		PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS	UFPR	PR	abr/08	Procesos Biológicos	Procesos Biológicos	-	4	4	-
	Interdisciplinaria	BIOTECNOLOGÍA	UFC	CE	abr/08	Biología	-	-	4	-	-
		BIOTECNOLOGÍA	UEL	PR	abr/08	Biología	-	-	5	-	-

Fuente: Capes. (\*) O Curso. (\*\*) Maestría Profesional.

## 4. Indicadores de Recursos Humanos

Como puede observarse en la Tabla 3, el crecimiento de la cantidad de los Grupos de Investigación en Brasil fue muy significativo en el período 2000-2008 (abril). En el año 2000, existían 249 Grupos de Investigación en ese área en Brasil. En abril de 2008, ese número aumentó a 790<sup>25</sup>.

**TABLA 3. Brasil: grupos de investigación según categorías temáticas**

Categoría Temática	Grupos de investigación				
	2000	2002	2004	2006	Abril 2008*
Ciencias Vegetales	0	0	0	0	2
Métodos Bioquímicos	1	1	2	3	8
Bioquímica y Biología Molecular	6	13	14	19	28
Biofísica	38	41	53	50	70
Biotecnología y Microbiología Aplicada	0	0	0	0	1
Microbiología	138	206	260	280	446
Biología Celular	60	73	88	91	182
Genética y Herdabilidad	0	0	0	0	0
Biología del Desarrollo	6	8	11	13	53
Total	249	342	428	456	790

Fuente: CNPq.(\*) Base corriente.(\*\*) Para los períodos de 2000 a 2006, las informaciones son de los Censos Bienales. Los Censos son "retratos" bienales de la Plataforma Lattes. La búsqueda de la categoría temática se realizó en portugués. En inglés, en las diferentes categorías temáticas, no fue explicitado ningún grupo de investigación.

Ese crecimiento fue significativo para todas las categorías (Ciencias Vegetales; Métodos Bioquímicos; Bioquímica y Biología Molecular; Biofísica; Biotecnología y Microbiología Aplicada; Microbiología; Biología Celular; Genética y Herdabilidad; y Biología del Desarrollo). Sin embargo, se observa que el 56,4% de esos Grupos están concentrados en la Microbiología, 23,0% en la Biología Celular, 8,9% en la Biofísica, 6,7% en Biología del Desarrollo y el 3,5% en Bioquímica y Biología Molecular. Al ser discriminados según palabras clave, resulta evidente la significativa diversificación temática de los Grupos de Investigación del área de Biotecnología existentes en Brasil en el período 2000-2006, aunque con una concentración en objetos de investigaciones relacionados con la "genómica", "bioinformática", "cultivo de tejidos", "transducción de señal" y "cultivo de células" (Tabla 4).

<sup>25</sup> Esos indicadores fueron elaborados con base en la Plataforma Lattes, organizada por el Consejo Nacional de Investigación – CNPq, órgano vinculado al Ministerio de Ciencia y Tecnología del Gobierno Federal. Ver Nota Metodológica "Plataforma Lattes e Diretório de Grupos de Pesquisas".



**TABLA 4. Brasil: grupos de investigación en el área de Biotecnología, según palabras clave**

Palabra Clave	Grupos de Investigación				
	2000	2002	2004	2006	Abril 2008*
Biotecnología	185	237	308	347	536
Secuencia de ADN	0	0	0	0	1
Síntesis de ADN	1	0	0	0	10
Amplificación de ADN	0	1	0	0	3
Secuencia de ARN	0	0	0	0	0
Síntesis de ARN	1	1	1	1	1
Amplificación de ARN	0	0	0	0	0
Genómica	13	52	86	100	165
Fármaco-Genómica	0	0	0	0	0
Sondas Moleculares / Sondas Génicas					
Sondas Moleculares	0	0	0	0	5
Sondas Génicas	0	0	0	0	0
Ingeniería Genética	5	4	8	9	20
Perfil de Expresión Génica / Firma de Expresión Génica					
Perfil de Expresión Génica	0	1	1	1	2
Firma de Expresión Génica	0	0	0	0	1
Tecnología de ARN Antisense (ARN Antisense / ARN Antisentido)					
RNA Antisense	0	0	0	0	0
RNA Antisentido	0	0	0	0	0
Secuencia de Péptido	0	0	0	0	0
Secuencia de Proteínas	0	0	0	0	4
Síntesis de Péptido	0	0	0	0	0
Ingeniería de Proteínas	0	0	2	2	4
Proteómica	1	5	23	40	69
Transducción de Señal (signaling)	8	11	10	13	31
Receptores Celulares	0	0	2	1	11
Cultivo de Células	20	17	28	27	66
Cultivo de Tejidos	42	60	65	69	126
Ingeniería de Tejidos	0	1	7	8	19
Fusión Celular	0	0	0	0	1
Adyuvantes (Estimulantes de Vacunas)	6	6	5	5	21
Inmunomoduladores	3	3	1	7	16
Manipulación Embrionaria	0	0	0	0	0
Técnicas de Proceso Biotecnológico	0	0	0	0	0
Biorreactor	9	7	6	6	12
Bioproceso	0	0	0	1	3

Biolixiviación	0	1	0	0	2
Bioextracción (de Celulosa)	0	0	0	0	0
Bioblanqueo	1	1	1	1	1
Biodesulfurización	0	0	0	0	0
Bioremediación	2	6	7	11	27
Biofiltración	0	0	0	2	4
Fitoremediación	0	0	1	1	6
Vector Genético	0	0	0	0	1
Terapia Genética	0	0	0	0	8
Vector Viral	1	2	3	3	9
Bioinformática	13	48	77	100	151
NanoBiotecnología	0	1	3	4	11
Orfeoma	0	0	0	0	0

Fuente: CNPq - Plataforma Lates (base corriente y censos bienales)

Las Tablas 5 y 6 presentan información relativa a los especialistas – doctores y demás investigadores – que actúan en el área de Biotecnología en Brasil. Como se puede observar, esos especialistas concentran sus actividades en categorías temáticas y palabras clave semejantes a las de los grupos de investigación.

**TABLA 5. Brasil: especialistas en el área de Biotecnología**

Categorías Temáticas*		Doctores	Demás Investigadores	Total
1	Ciencias Vegetales	2	1	3
2	Métodos Bioquímicos	45	8	53
3	Bioquímica y Biología Molecular	130	78	208
4	Biofísica	490	372	862
5	Biotecnología y Microbiología Aplicada	0	0	0
6	Microbiología	3.425	3.819	7.244
7	Biología Celular	907	607	1.514
8	Genética y Herdabilidad	9	3	12
9	Biología del Desarrollo	157	88	245

FUENTE: Plataforma Lattes - CNPQ del 30 de abril de 2008. (\*) Búsqueda de palabras clave en portugués. Obs.: También se realizó una búsqueda de las categorías temáticas nominadas en inglés. En general, el número de especialistas identificados por la búsqueda en portugués fue significativamente mayor que la búsqueda en inglés. La excepción fue la categoría temática "ciencias vegetales": en portugués se encontraron 2 doctores y en inglés 5.

**TABLA 6. Brasil: especialistas en el área de Biotecnología, según palabras clave en portugués y en inglés**

Palabra clave	Búsqueda en Portugués			Búsqueda en Inglés		
	Doctores	Demás Investigadores	Total	Doctores	Demás Investigadores	Total
Biotecnología	3.899	2.945	6.844	660	141	801
Secuencia de ADN	57	7	64	123	34	157
Síntesis de ADN	40	8	48	85	12	97
Amplificación de ADN	75	38	113	64	19	83
Secuencia de ARN	0	0	0	5	1	6
Síntesis de ARN	29	2	31	14	2	16
Amplificación de ARN	3	3	6	9	4	13
Genómica	1.130	666	1.796	377	116	493
Fármaco-Genómica	0	0	0	18	3	21
Sondas Moleculares / Sondas Génicas	53	11	64	4	0	4
Ingeniería Genética	491	238	729	69	2	71
Perfil de Expresión Génica / Firma de Expresión Génica	80	46	0	89	21	110
Tecnología de ARN Antisense (ARN Antisense / ARN Antisentido)	6	1	0	1	0	1
Secuencia de Péptido	0	0	0	7	3	10
Secuencia de Proteínas	2	0	2	23	2	25
Síntesis de Péptido	4	0	4	59	18	77
Ingeniería de Proteínas	17	1	18	13	0	13
Proteómica	313	279	592	185	77	262
Transducción de Señal (signaling)	148	70	1	861	292	1.153
Receptores Celulares	21	2	23	17	2	19
Cultivo de Células	901	527	1.428	563	192	755
Cultivo de Tejidos	980	693	1.673	297	52	349
Ingeniería de Tejidos	84	54	138	99	35	134
Fusión Celular	20	5	25	0	0	0
Adyuvantes (Estimulantes de Vacunas)	299	202	<b>501</b>	0	0	0

Inmunomoduladores	147	75	222	0	0	0
Manipulación Embrionaria	1	2	3	3	0	3
Técnicas de Proceso Biotecnológico	0	0	0	0	0	0
Biorreactor	287	183	470	293	78	371
Bioproceso	81	42	123	14	0	14
Biolixiviación	51	25	76	34	11	45
Bioextracción (de celulosa)	0	0	0	14	5	19
Bioblanqueo	24	4	28	34	11	45
Biodesulfurización	0	0	0	0	0	0
Bioremediación	97	<b>51</b>	148	162	<b>50</b>	212
Biofiltración	26	19	45	15	3	18
Fitoremediación	39	<b>12</b>	51	43	<b>11</b>	54
Vector Genético	2	1	3	0	1	1
Terapia Genética	45	20	65	125	59	184
Vector Viral	29	<b>10</b>	39	17	<b>12</b>	29
Bioinformática	704	689	1.393	252	142	394
NanoBiotecnología	585	389	974	18	3	21
Orfeoma	0	1	1	0	0	0

FUENTE: Plataforma Lattes - CNPQ del 30 de abril de 2008.

La búsqueda de especialistas y grupos de investigación, según las categorías temáticas y palabras clave se realizó en portugués y en inglés. En el caso de las búsquedas de especialistas, según categorías temáticas, el número de especialistas identificados en portugués fue significativamente mayor que en inglés. La excepción fue la categoría a temática "ciencias vegetales": en portugués se encontraron 2 doctores y en inglés, 5.

En el caso de las búsquedas de especialistas según palabras clave, el número de especialistas identificados en inglés fue significativamente mayor que en portugués, principalmente para las palabras que indican un mayor grado de especificidad en el área de Biotecnología (secuencia de ADN, síntesis de ADN, firma de expresión génica, transducción de señal, biorremediación y terapia génica). Eso indica que los resultados de especialistas relacionados a temas más específicos del área de la Biotecnología se encontraron con mayor intensidad en inglés.

## 5. Indicadores de Empleo Formal

En Brasil, la *Relação Anual de Informações Sociais – RAIS* (Lista Anual de Informaciones Sociales), sistematizada anualmente por el Ministerio de Trabajo del Gobierno Federal, permite el relevamiento de informaciones sobre las características y la evolución del empleo en el mercado formal de trabajo brasileño, según características individuales (sexo, edad, escolaridad, remuneración, tiempo de empleo en el establecimiento, etc.) y del establecimiento (tamaño, tipo de actividad, etc.). Teniendo en cuenta las limitaciones y las posibilidades de la RAIS<sup>26</sup> y el hecho de que una significativa parte del personal que actúa en el área de Biotecnología, inclusive aquellos formalmente registrados, no lo es como “profesionales o técnicos de soporte”. En la Tabla 7 puede observarse la evolución del empleo formal<sup>27</sup> de profesionales y técnicos de soporte del Biotecnología en Brasil en el período 2003-2006.

**TABLA 7. Brasil - empleo formal de profesionales y técnicos de apoyo del área de Biotecnología (2003-2006)**

Año	Profesionales de Biotecnología	Técnicos de soporte a la Biotecnología	TOTAL
2003	204	619	823
2004	333	517	850
2005	372	529	901
2006	462	554	1016

En ese período, el nivel de empleo de esos profesionales disminuyó en lugar de duplicarse, mientras que el de técnicos de soporte también disminuyó. Ese

<sup>26</sup> Ver Nota Metodológica “Indicadores de Empleo na Área de Biotecnología”.

<sup>27</sup> En Brasil, ese relevamiento es realizado con base en la RAIS. La RAIS incluye empleados contratados por empleadores, persona física o jurídica, bajo el régimen de la CLT, por plazo indeterminado o determinado, inclusive a título de experiencia; empleados de la administración pública directa o indirecta, federal, estadual o municipal, así como de las fundaciones supervisadas; trabajadores ocasionales (aquellos que prestan servicios de naturaleza urbana o rural a diferentes empresas sin relación de dependencia, con la intermediación obligatoria del órgano gestor de mano de obra, según los términos de la Ley nº 8.630 del 25 de febrero de 1993, o del sindicato da categoría); empleados de registros extrajudiciales; trabajadores temporarios regidos por la Ley nº 6.019, del 3 de enero de 1974; trabajadores con Contrato de Trabajo por Plazo Determinado, regido por la Ley nº 9.601, del 21 de enero de 1998; directores sin relación de dependencia para los cuales el establecimiento/entidad haya optado por el reconocimiento del FGTS (Circular CEF nº 46, del 29 de marzo de 1995); empleados públicos no efectivos (despedibles ad nutum o admitidos por medio de legislación especial, no regidos por la CLT); trabajadores regidos por el Estatuto del Trabajador Rural (Ley nº 5.889, del 8 de junio de 1973); aprendiz (mayor de 14 años y menor de 24 años), contratado en los términos del art. 428 de la CLT, reglamentado por el Decreto nº 5.598, del 1º de diciembre de 2005; trabajadores con Contrato de Trabajo por Tiempo Determinado, regido por la Ley nº 8.745, del 9 de diciembre de 1993, con la redacción dada por la Ley nº 9.849, del 26 de octubre de 1999; trabajadores con Contrato de Trabajo por Plazo Determinado, regido por Ley Estadual; trabajadores con Contrato de Trabajo por Plazo Determinado, regido por Ley Municipal; empleados y trabajadores bajo licencia; y empleados públicos cedidos y requeridos. Pero no incluye a directores sin relación de dependencia, para los cuales no se cobra el FGTS; autónomos; eventuales; ocupantes de cargos electivos (gobernadores, diputados, intendentes, concejales, etc.), a partir de la fecha de asunción, siempre y cuando no hayan optado por los vencimientos del órgano de origen; pasantes regidos por la Disposición MTPS nº 1.002, del 29 de septiembre de 1967, y por la Ley nº 6.494, del 7 de diciembre de 1977; y empleados domésticos. Ver Nota Metodológica.

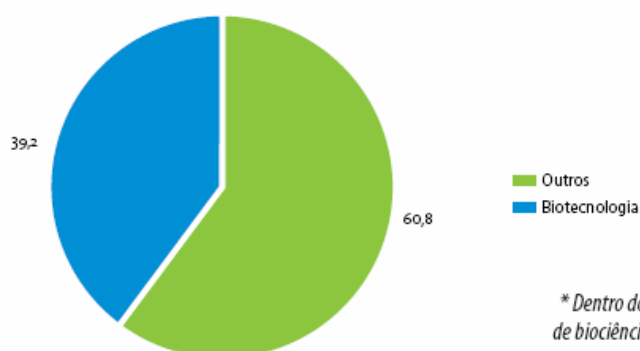
comportamiento del nivel de empleo formal área de Biotecnología indica el significativo crecimiento que se viene observando en este área en Brasil. La disminución observada en el nivel de empleo de los técnicos de soporte puede estar relacionada con un aumento de la informalidad en las relaciones de empleo del área<sup>28</sup>, con una mayor exigencia de calificación profesional del personal de soporte a medida que el área se va desarrollando y abarcando cada vez más actividades de mayor sofisticación tecnológica y/o con contrataciones formales según otros tipos de ocupación que no incluya “técnicos de soporte”.

También en el ámbito de la RAIS, es posible constatar que la estructura de empleo de profesionales técnicos del área de Biotecnología, si se la compara con la de la economía brasileña como un todo, presenta las siguientes características: las proporciones de empleos en empresas de mayor tamaño<sup>29</sup>, con grados más avanzados de instrucción, con mayores niveles de remuneración y rangos de edades intermedios (de 25 a 64 años) son relativamente más altas.

## 6. Indicadores relativos a las Empresas de Biotecnología

Un Estudio realizado por la Fundación BIOMINAS<sup>30</sup> en 2007, señala la existencia de 71 empresas de Biotecnología en un conjunto de 181 empresas identificadas como de actividades en biociencias (Gráfico 1)<sup>31</sup>.

GRÁFICO 1. EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA NO CONJUNTO DE EMPRESAS BRASILEIRAS DE BIOCIÊNCIAS (%)\*



Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

\* Dentro do universo de empresas pesquisadas (todas de biociências) a fatia verde (outros) define o grupo de empresas que não foi classificado como de biotecnologia.

<sup>28</sup> Ver Nota Metodológica “Indicadores de Emprego na área de Biotecnologia”.

<sup>29</sup> En ese aspecto, debe considerarse la importancia de los establecimientos públicos con fuerte actuación en el área de Biotecnología, como Embrapa, Fiocruz, Biomanguinhos, etc.

<sup>30</sup> Este tópico constituye una síntesis, a veces literal, del “Estudo de Empresas de Biotecnologia no Brasil”, realizado por la Fundación BIOMINAS, en 2007.

<sup>31</sup> Sobre el concepto de empresas de Biotecnología adoptado por la Fundación BIOMINAS y demás características del “Estudo de Empresas de Biotecnologia no Brasil” ver Nota Metodológica “Empresas da Área de Biotecnologia – Fundação BIOMINAS”.

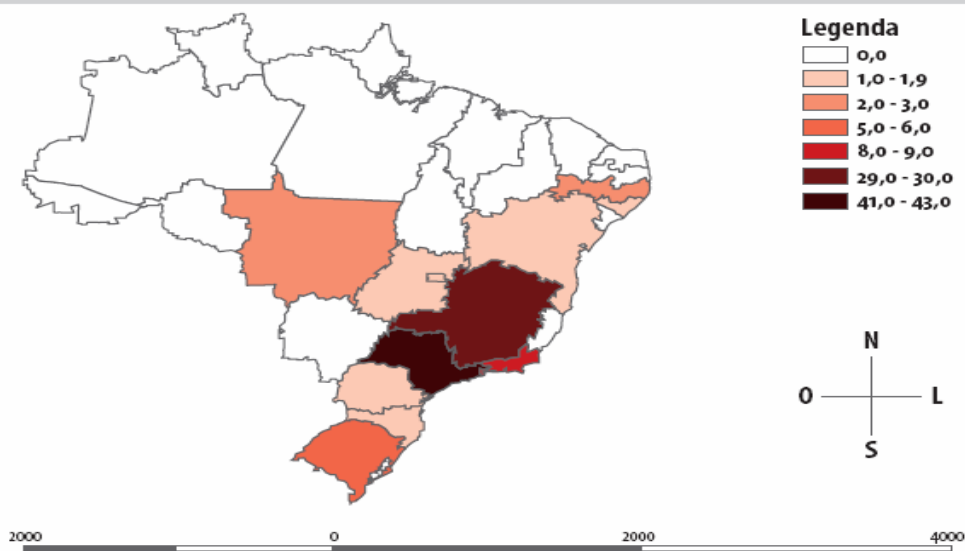
**TABLA 8. Distribución regional de empresas de Biotecnología por unidad de la federación y grandes regiones**

GRAN REGIÓN	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN (UF)	EMPRESAS	% BRASIL
Nordeste (5,63%)	Alagoas	1	1,41
	Bahia	1	1,41
	Pernambucana	2	2,82
Centro-Oeste (5,63 %)	Distrito Federal	1	1,41
	Goiás	1	1,41
	Mato Grosso	2	2,82
Sudeste (80,28 %)	Minas Gerais	21	29,58
	Rio de Janeiro	6	8,45
	São Paulo	30	42,25
Sur (8,45 %)	Paraná	1	1,41
	Rio Grande do Sul	4	5,63
	Santa Catarina	1	1,41
Brasil	Total	71	100,00

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

La Tabla 8 y el Mapa 2 presentan la distribución espacial de las empresas de Biotecnología, según las regiones y estados brasileños. La Región Sudeste concentra el 80,3% de las empresas. Inmediatamente después, la Región Sur que, aunque en un nivel muy bajo (8,4%), supera a las Regiones Nordeste y Centro-Oeste (5,6%). Los estados de São Paulo y Minas Gerais son los grandes polos brasileños de Biotecnología, y concentran al 71,8% de las empresas. El estado de São Paulo detenta el liderazgo (42,3%), frente al 29,6% de Minas Gerais. Luego siguen los estados de Río de Janeiro (8,5%) y Río Grande Sul (5,6%). Finalmente, Pernambuco, junto a Mato Grosso (ambos con un 2,8%), componen un tercer grupo. La concentración espacial de las empresas de Biotecnología es aún mayor, pues pocos municipios y sus respectivas micro-regiones comportan gran parte de las empresas.

**MAPA 2. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA POR UF (%)**



Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

La Tabla 9 y el Mapa 3 muestran la distribución de las empresas en las micro-regiones de São Paulo y Minas Gerais, que juntas concentran 7 de cada 10 empresas de Biotecnología. La micro-región de Belo Horizonte representa el destaque nacional, con un 15,5% de las empresas, seguida por Campinas, con un 14,1%, y São Paulo, Ribeirão Preto y Uberlândia, con 9,9%, 7,0% y 5,6%, respectivamente. Esos 5 municipios y sus áreas de influencia concentran más de la mitad (52,1%) del sector de Biotecnología brasileño. Belo Horizonte, Campinas y São Paulo responden por 40% del sector.

**TABLA 9. Distribución de las empresas de Biotecnología en Minas Gerais y São Paulo**

UF	MUNICIPIO Y ÁREA DE INFLUENCIA	NÚMERO	% ESTADO	% BRASIL
Minas Gerais	Belo Horizonte	11	52,38	15,49
	Uberaba	2	9,52	2,82
	Uberlândia	4	19,05	5,63
	Viçosa	2	9,52	2,82
	Pocos de Caldas e Itaiubá	2	9,52	2,82
	Total	21	100,00	29,58
São Paulo	Botucatu	2	6,67	2,82
	Campinas	10	33,33	14,08
	Ribeirão Preto	5	16,67	7,04
	São Paulo	7	23,33	9,86
	Otros	6	20,00	8,45
	Total	30	100,00	42,25

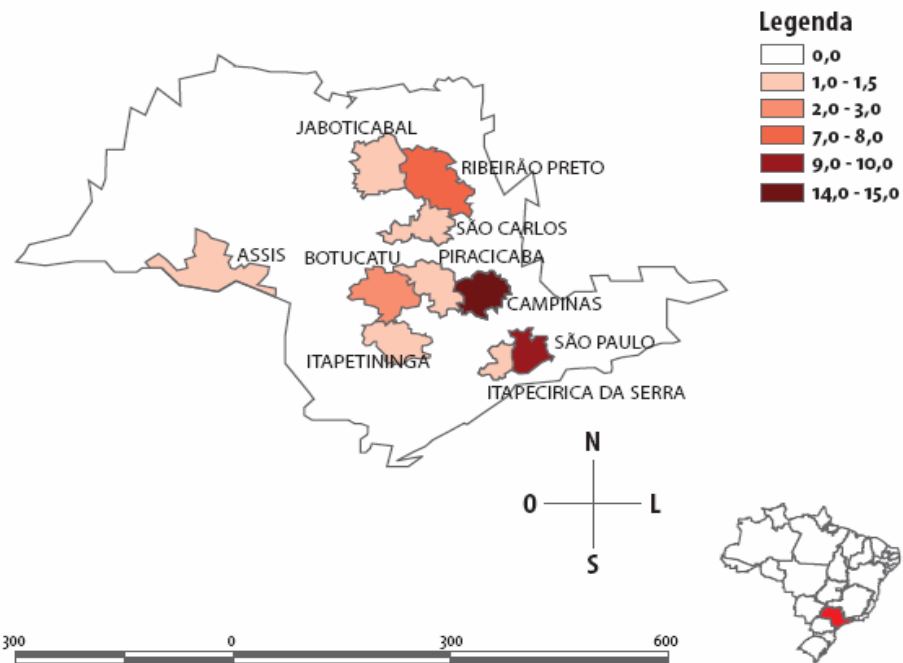
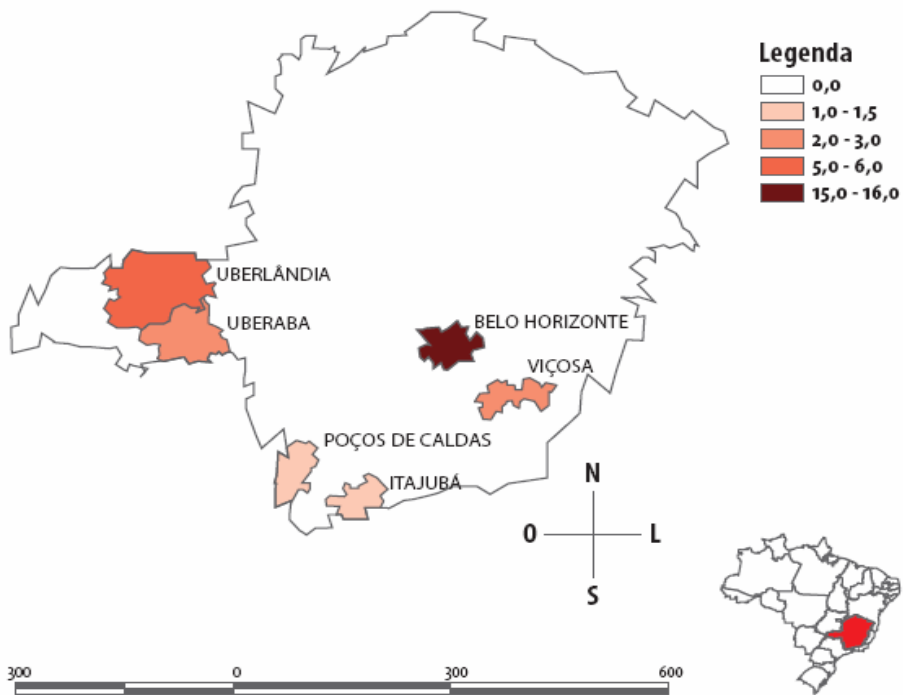
\* Como área de influencia se considera a la micro-región del municipio.



Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

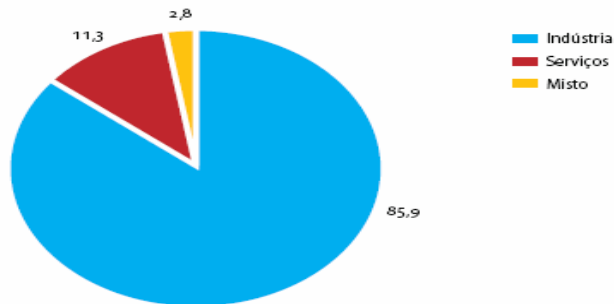
En el caso de Minas Gerais, además de la micro-región de Belo Horizonte, merece ser destacada la región del Triángulo Mineiro, donde los municipios de Uberlândia y Uberaba responden por el 28,5% de las empresas mineras (o el 8,5% de Brasil). Viçosa sigue inmediatamente, con un 9,5%. En el sur de Minas Gerais, Itajubá, junto con Poços de Caldas, alcanza esa misma proporción. En el estado de São Paulo, la distribución espacial de las empresas está menos concentrada. Después de Campinas y São Paulo, el gran destaque es Ribeirão Preto, con un 16,7% de empresas del estado (7,0% de Brasil). Otras seis micro-regiones del interior del estado, encabezadas por Botucatu, reúnen, en conjunto, el 26,7% de las empresas paulistas (o el 11,3% de Brasil).

**MAPA 3. DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA NAS MICRORREGIÕES DAS DUAS PRINCIPAIS UF: MINAS GERAIS E SÃO PAULO (%)**



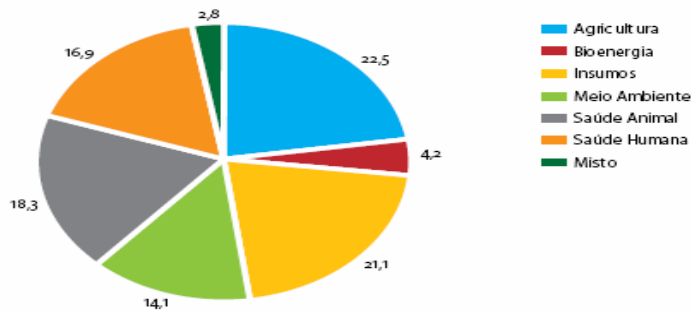
Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

**GRÁFICO 3. DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS POR TIPO DE ATIVIDADE: INDÚSTRIA, SERVIÇO OU MISTO (%)**



Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

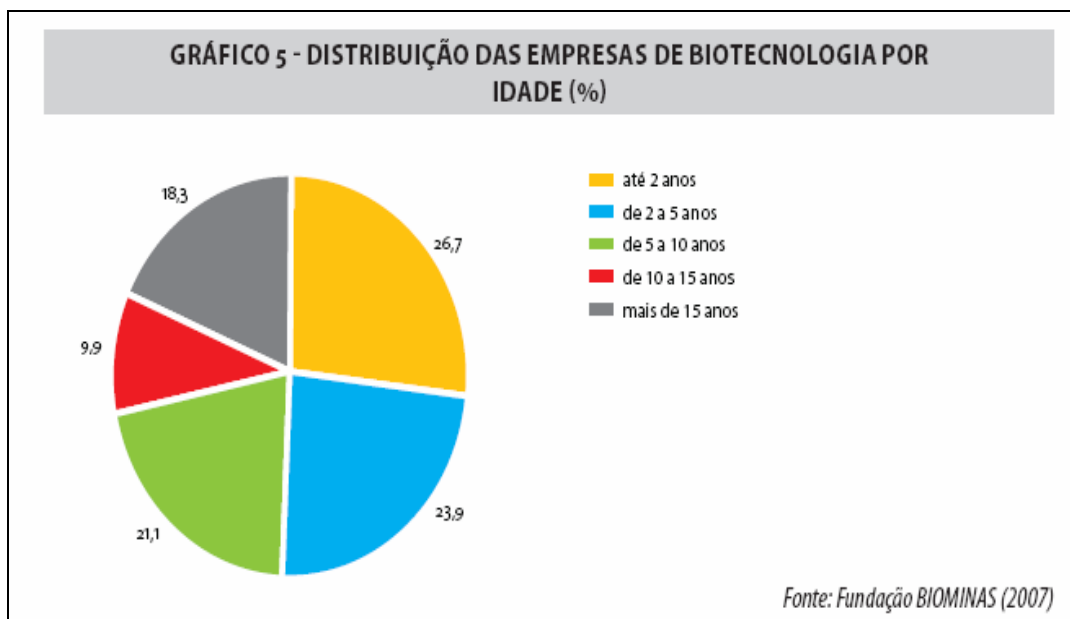
**GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA POR SETOR DE ATIVIDADE (%)**



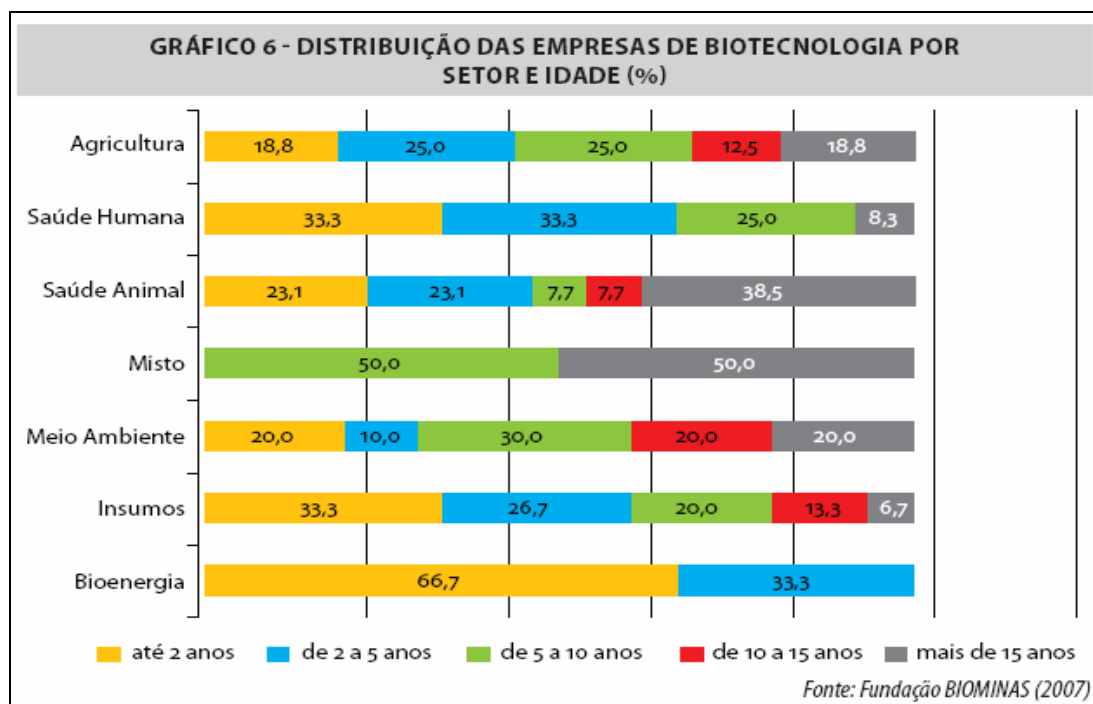
Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

Con respecto a la distribución de las empresas por área de actuación, se observa que en su mayoría (86%) son industriales (Gráfico 3). La prestación de servicios ocurre en tan sólo el 11% de las empresas, mientras que poco menos del 2,8% desarrollan ambas actividades. Como se puede observar en el Gráfico 4, las categorías Agricultura, con el 22,5% de las empresas, Insumos (21,1%), Salud Animal (18,3%), Salud Humana (16,9%) y Biotecnología en Medio Ambiente (14,1%) son las más importantes. Las categorías de Bioenergía y Mixta responden por el 4,2% y el 2,8%, respectivamente.

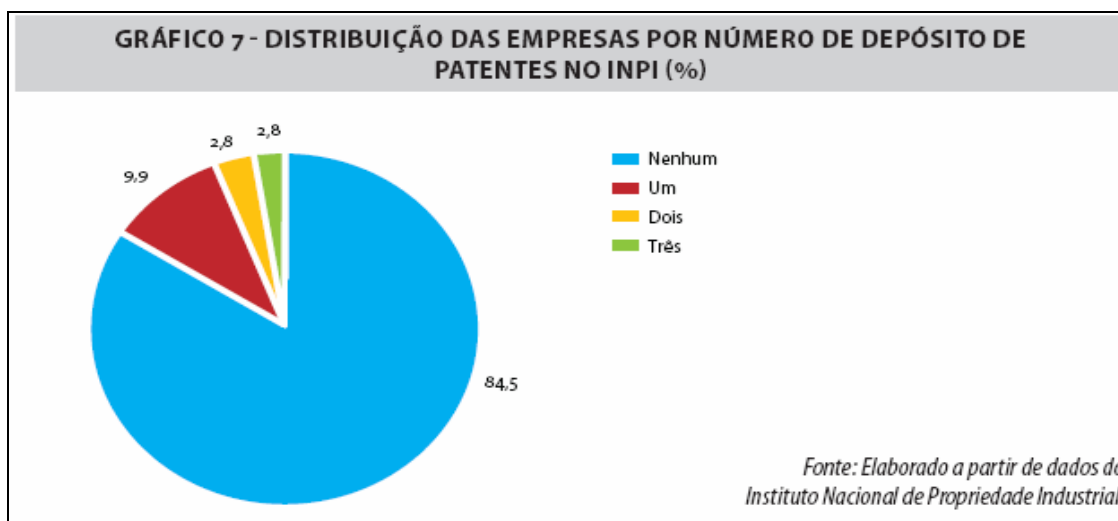
El Gráfico 5 presenta las empresas de Biotecnología, según sus rangos de edad. Aproximadamente la mitad de esas empresas tiene como máximo 2 años (26,7%) o se encuentran entre los 2 y los 5 años de edad (23,9%). La expansión del número de empresas de Biotecnología en el país es relativamente reciente, ya que el 51% de ellas fueron fundadas a partir de 2002 y el 21% son empresas de 5 a 10 años desde su fundación. Sólo un 28% de las empresas de Biotecnología del país fueron creadas antes de 1997.



El Gráfico 6 presenta la distribución de las empresas por categoría sectorial y por rango de edad. La categoría de Bioenergía es la más nueva, y refleja la reciente expansión de la demanda de combustibles provenientes de fuentes renovables. Las categorías más maduras son las de Salud Animal, Medio Ambiente y Agricultura, resultado que se justifica por la importancia histórica y el dinamismo del proceso de innovación tecnológica de las actividades agropecuarias en el país.



De acuerdo con el Instituto Nacional de Propiedad Industrial - INPI, el conjunto de las 71 empresas de Biotecnología brasileñas presenta una baja tasa de depósito de patentes: sólo 17 patentes ya fueron depositadas por sólo 11 empresas. De ese conjunto, el 84,5% de las empresas no tiene patentes depositadas en Brasil, y del 15,5% restante, 10% tiene una, el 2,8% tiene dos y sólo un 2,8% tiene tres patentes depositadas.



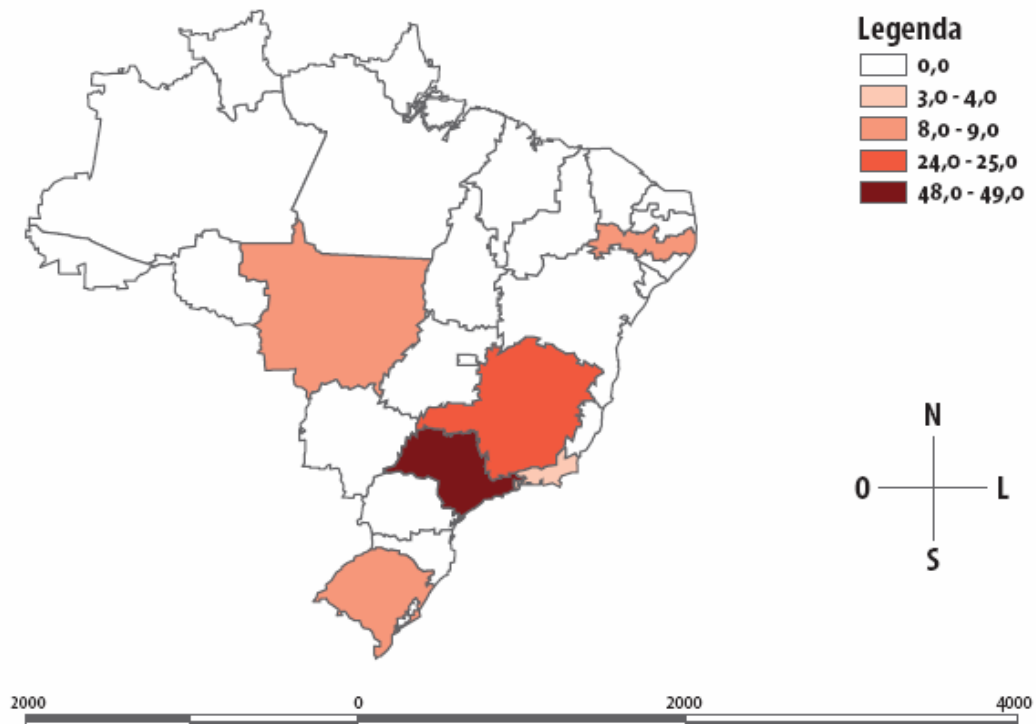
Como fue señalado anteriormente, el sector de Biotecnología en el país está compuesto por empresas muy nuevas, gran parte de ellas fundadas a partir de 2005 (26,7%). El Estudio realizado por la Fundación Biominas para el conjunto de las 71 empresas de Biotecnología también indica las empresas en fases iniciales de creación o en procesos de incubación.

**TABLA 10. Distribución regional de las empresas incubadas**

GRAN REGIÓN	UNIDAD DE LA FEDERACIÓN (UF)	INCUBADORAS DE BIOTECNOLOGÍA		% SOBRE EL TOTAL DE EMPRESAS DE LA UF
		NÚMERO	%	
Nordeste (8,0 %)	Pernambuco	2	8,00	100,00
Centro-Oeste (8,0%)	Mato Grosso	2	8,00	100,00
Sudeste (76,0%)	Minas Gerais	6	24,00	28,57
	Río de Janeiro	1	4,00	16,67
	São Paulo	12	48,00	40,00
Sur (8,0 %)	Rio Grande do Sul	2	8,00	50,00
Brasil	Total	25	100,00	35,21

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

**MAPA 4 - DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DAS EMPRESAS INCUBADAS DE BIOTECNOLOGIA (%)**



Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

Con respecto a ese conjunto, 25 empresas o el 35,2% del total de las empresas de Biotecnología aún permanecen como incubadas. La distribución geográfica de esas empresas mantiene el padrón de concentración en la Región Sudeste. Sin embargo, São Paulo concentra casi la mitad de las empresas incubadas en el país (48%) y Minas Gerais el 24%. En determinados estados, como en Pernambuco y Mato Grosso, las empresas incubadas corresponden a la totalidad de las empresas de Biotecnología.

La Tabla 11 presenta la distribución sectorial de las empresas incubadas, así como la participación de las empresas incubadas sobre la totalidad en su respectivo sector. La mayor parte de ellas produce Insumos, seguido de productos de Salud Humana, Salud Animal y Agricultura. Las empresas incubadas de Bioenergía representan más del 65% del total de las empresas de ese sector, lo cual revela a ese sector como emergente en el área de Biotecnología.

**TABLA 11. Distribución sectorial de empresas de Biotecnología incubadas**

SECTOR DE ACTIVIDAD	INCUBADAS	% SOBRE EL TOTAL DE INCUBADAS	% SOBRE EL TOTAL DEL SECTOR
Insumos	7	28,00	46,67
Salud Humana	5	20,00	41,67
Salud Animal	4	16,00	30,78
Agricultura	4	16,00	25,00
Medio Ambiente	3	12,00	30,00
Bioenergía	2	8,00	66,67
Mixto	0	0,00	0,00

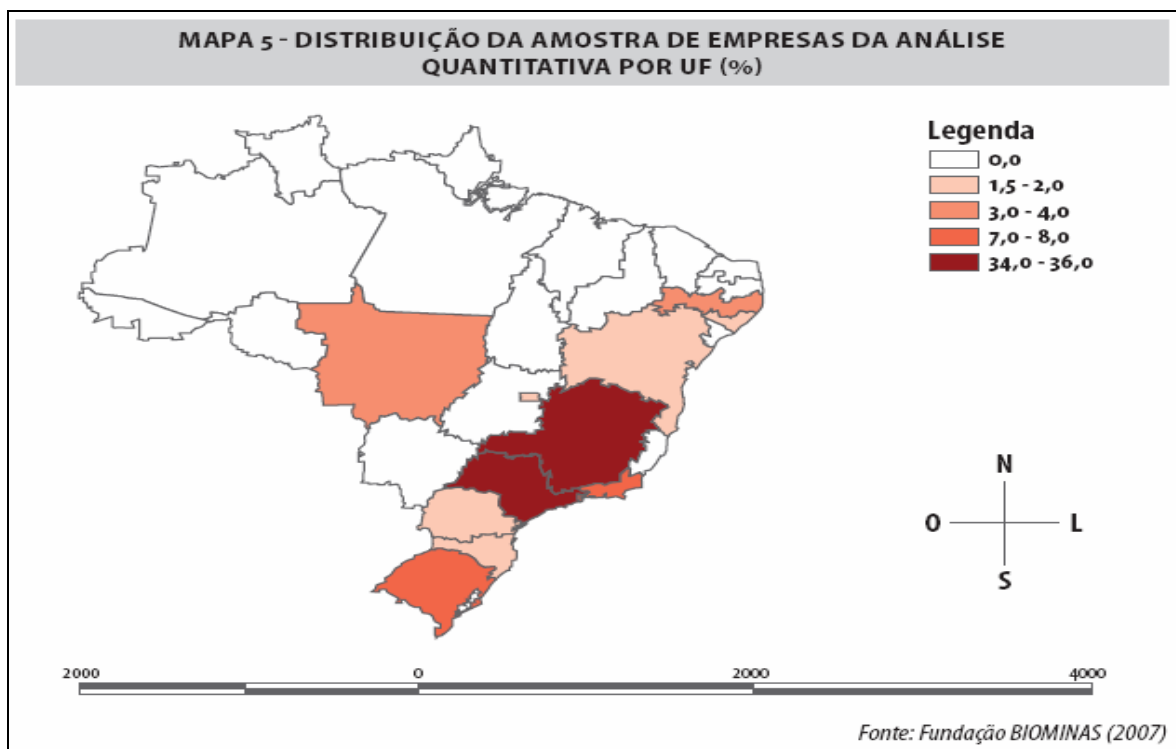
Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

**TABLA 12. Distribución regional de muestra de empresas de Biotecnología (análisis cuantitativo)**

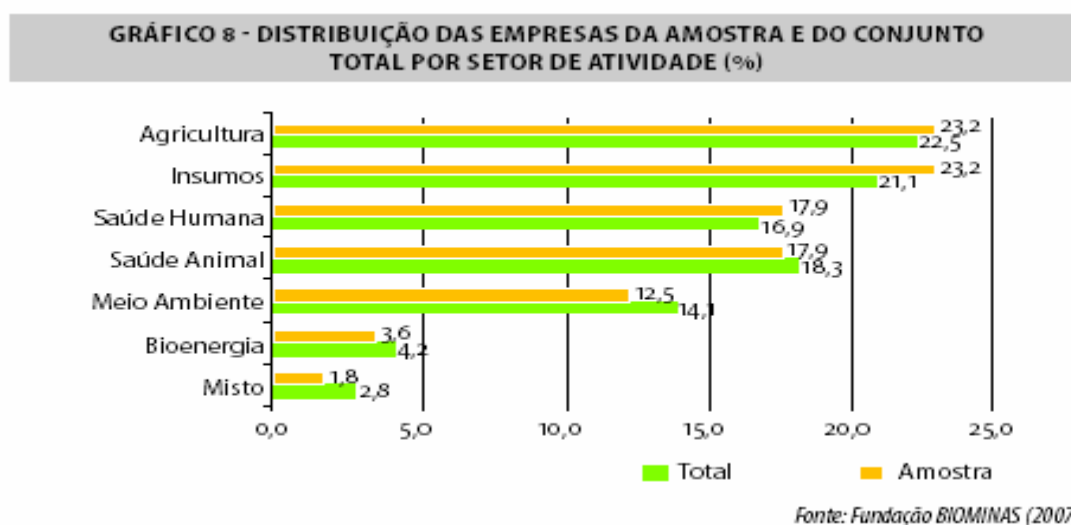
GRAN REGIÓN	UNIDADE DE LA FEDERACIÓN (UF)	MUESTRA: EMPRESAS ENTREVISTADAS	% SOBRE LA MUESTRA	% SOBRE EL TOTAL DE LAS EMPRESAS
Nordeste (7,15 %)	Alagoas	1	1,79	1,41
	Bahia	1	1,79	1,41
	Pernambuco	2	3,57	2,82
Centro-Oeste (5,36 %)	Distrito Federal	1	1,79	1,41
	Goiás	0	0,00	1,41
	Mato Grosso	2	3,57	2,82
Sudeste (76,78 %)	Minas Gerais	19	33,93	29,58
	Río de Janeiro	4	7,14	8,45
	São Paulo	20	35,71	42,25
Sur (10,72 %)	Paraná	1	1,79	1,41
	Rio Grande do Sul	4	7,14	5,63
	Santa Catarina	1	1,79	1,41
Brasil	Total	56	100,00	100,00

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

El Estudio realizado por la Fundación también llevo adelante un análisis de campo de naturaleza cuantitativa, junto con empresas de Biotecnología, con el objeto de analizar sus principales características (tamaño, facturación, etc.). Este estudio fue realizado con base en una muestra aleatoria de 56 empresas, correspondiente a casi el 80% del total de las empresas de Biotecnología. La Tabla 12 y el Mapa 5 muestran la distribución espacial de las empresas de la muestra.



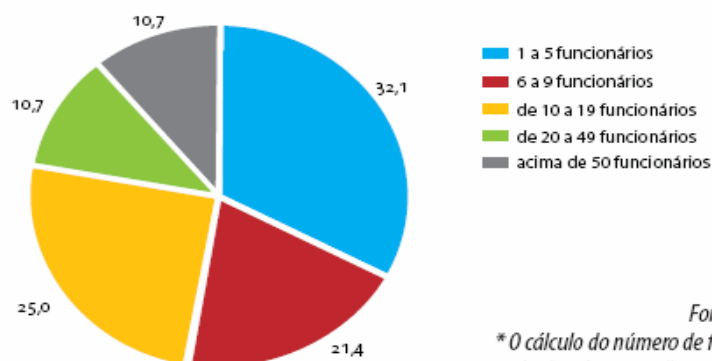
Como se puede observar, el análisis de campo se concentró en empresas de la Región Sudeste (76,8%), principalmente en los estados de São Paulo (35,7%) y Minas Gerais (33,9%), representando un padrón cercano al encontrado en la distribución espacial del conjunto total de empresas. El Gráfico 8 muestra la distribución sectorial de las 56 empresas entrevistadas, en comparación con la distribución del universo de las empresas. Esa distribución también es muy cercana a la observada para el universo de las 71 empresas (en color "verde" en el Gráfico 8), lo que revela la representatividad de la muestra.





Según los datos de la muestra, en el sector Biotecnología predominan las micro y pequeñas empresas: el 32% de las empresas tienen como máximo 5 empleados y el 53,5% son empresas de hasta 9 empleados (Gráfico 9). De acuerdo con el SEBRAE, las empresas de hasta 19 empleados son consideradas microempresas. Según ese criterio, el 78,5% de las empresas de Biotecnología pueden ser consideradas microempresas.

**GRÁFICO 9 - DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA POR FUNCIONÁRIOS\* (%)**

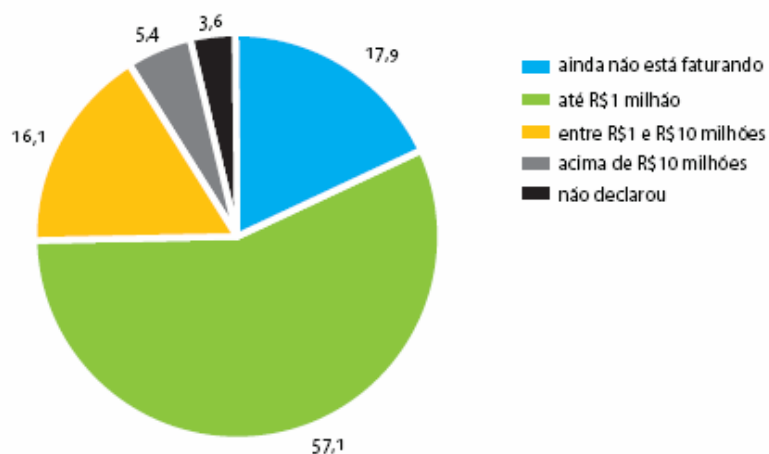


Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

\* O cálculo do número de funcionários está contabilizando todo tipo de ocupação remunerada da empresa, incluindo diretoria, proprietário e bolsistas.

Como se puede observar en el Gráfico 10, aproximadamente el 57% de las empresas tienen una facturación anual de como máximo R\$ 1 millón, lo cual también las caracteriza como micro y pequeñas empresas. Además, el 18% del total de las empresas no presenta facturación, lo que es típico de las microempresas en fase inicial o en incubación.

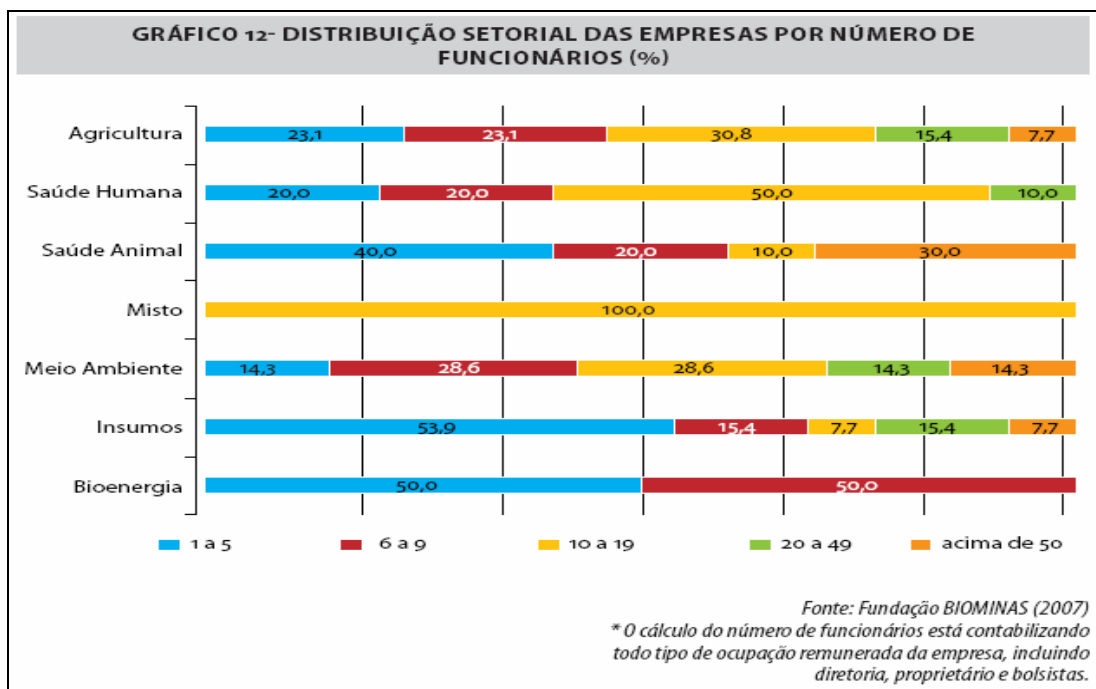
**GRÁFICO 10 – DISTRIBUIÇÃO DAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA POR TAMANHO DE FATURAMENTO ANUAL (%)**



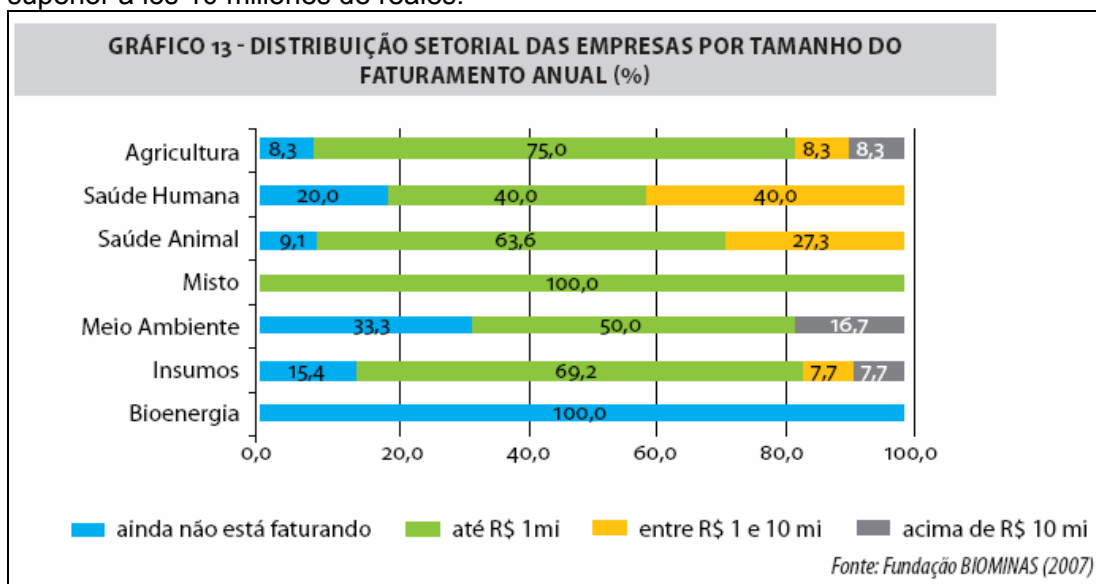
Fonte: Fundação BIOMINAS (2007)

Sólo el 21,5% de las empresas tienen una facturación de más de R\$ 1 millón: el 16,1% tiene una facturación de hasta R\$ 10 millones y sólo el 5,4% de las empresas tienen una facturación que supera ese umbral. En general, la facturación es directamente proporcional a la edad de las empresas, es decir, cuanto más nuevas, menor es su facturación (Gráfico 11).

Las empresas que aún no facturan tienen como máximo 2 años de fundación, mientras que todas las empresas que facturan más de R\$ 10 millones tienen más de 15 años. Además, en todos los sectores hay empresas que, en su mayoría, no tienen más de 19 empleados (Gráfico 12). En los sectores de Bioenergía, Insumos y Salud Animal, la mayor parte de las empresas poseen hasta 9 empleados.



La mayor parte de las empresas de todos los sectores no factura más de R\$ 1 millón (Gráfico 13). Las empresas de Bioenergía, aún muy jóvenes, no presentan facturación; el 90% de las empresas de los sectores de Agricultura y Salud Animal, más maduras, presentan una facturación promedio; y la categoría Medio Ambiente, también considerada madura, predomina en el conjunto de las empresas con facturación superior a los 10 millones de reales.



Además del estudio de campo de naturaleza cuantitativa, el Estudio realizado por la Fundación BIOMINAS llevó adelante una encuesta de tipo cualitativa junto con los

empresarios del área de Biotecnología. Esa encuesta, realizada a partir de un conjunto de 8 empresas, tuvo como objetivo mapear las dificultades que afectan a los empresarios del sector. Así, para cada tema, los empresarios tuvieron que responder acerca del grado de dificultad en una escala que va de 1 (bajísimo) a 5 (altísimo). La Tabla 13 presenta los resultados de dicha encuesta. Con grados de dificultad 4 y 5 (grados alto y altísimo) los empresarios enfrentan problemas para la adquisición de máquinas y equipamiento (27%) y, principalmente, para el acceso a mano de obra especializada (35%). La dificultad para adquirir máquinas y equipamientos puede estar relacionada tanto con la disponibilidad de oferta como con las condiciones de financiación. Con relación a la mano de obra, el problema se refiere a la relativa escasez de profesionales especializados.

**TABLA 13. Grado de dificultad señalado por los empresarios de Biotecnología con respecto a las preguntas relativas a aspectos técnicos (%)**

ASPECTOS TÉCNICOS	GRADO DE DIFICULTAD*					TOTAL**
	1	2	3	4	5	
Adquisición de máquinas y equipamientos	8,1	29,7	35,1	16,2	10,8	100,0
Adquisición de materia prima e insumos	16,2	37,8	37,8	5,4	0,0	97,3
Acceso a nuevas tecnologías	10,8	24,3	43,2	16,2	5,4	100,00
Acceso a mano de obra especializada	8,1	21,6	35,1	27,0	8,1	100,00
Acceso a informaciones técnicas e investigaciones recientes	29,7	27,0	27,0	13,5	2,7	100,00
Interacción con universidades y centros de investigación	32,4	35,1	13,5	10,8	5,4	97,3
Acceso a información, abordajes y gestión de la propiedad intelectual	16,2	45,9	24,3	8,1	5,4	100,00

\*El grado de dificultad varía de "bajísima" (1) a "altísima" (5).  
 \*\*El total de las líneas difiere de 100% para los casos en que no todos respondieron el cuestionario

Fuente: Fundación BIMONINAS (2007).

El acceso a nuevas tecnologías es un problema considerado de grado de dificultad intermedio (3) por el 43,2% de los empresarios y los aspectos relacionados con la interacción con universidades, acceso a investigaciones científicas y con informaciones sobre propiedad intelectual, además de la adquisición de insumos, aparecen como temas con un grado de dificultad bajo o bajísimo. Además, el estudio de campo cualitativo trató sobre problemas relacionados con la esfera comercial (Tabla 14). Se observa que los empresarios tienen gran dificultad en lo que se refiere al know-how comercial: el 32,4% clasifica la pregunta como de alta o altísima dificultad. Los problemas relacionados con los canales de distribución y de divulgación de la empresa recibieron menos destaque.

**TABLA 14. Grado de dificultad señalado por los empresarios del área Biotecnología en cuestiones relativas a aspectos comerciales (%)**

ASPECTOS COMERCIALES	GRADO DE DIFICULTAD*					TOTAL**
	1	2	3	4	5	
Canales de distribución / ventas	10,8	29,7	27,0	18,9	8,1	94,6
Know-how comercial	16,2	13,5	32,4	24,3	8,1	94,6

Divulgación de la empresa	16,2	16,2	37,8	21,6	5,4	97,3
*El grado de dificultad varía de "bajísima" (1) a "altísima" (5).						
**El total de las líneas difiere de 100% para los casos en que no todos respondieron el cuestionario.						

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

También se verifica una baja dificultad enfrentada por las empresas en lo referente a su ambiente de negocios, con algún realce en el acceso a nuevos clientes (21,6%) y el establecimiento de alianzas comerciales (24,3%).

**TABLA 15. Grado de dificultad señalado por los empresarios del área de Biotecnología en cuestiones relativas al ambiente de negocios (%)**

AMBIENTE DE NEGOCIOS	GRADO DE DIFICULTAD*					TOTAL**
	1	2	3	4	5	
Acceso a proveedores	21,6	51,3	18,9	5,4	0	97,3
Acceso a nuevos clientes	10,8	24,3	40,5	18,9	2,7	97,3
Establecimiento de alianzas	16,2	21,6	37,8	18,9	5,4	100,00

\*El grado de dificultad varía de "bajísima" (1) a "altísima" (5).

\*\*El total de las líneas difiere de 100% para los casos en que no todos respondieron el cuestionario.

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

Como se puede observar en la Tabla 16, aproximadamente el 50% de los empresarios señalaron tener una alta o altísima dificultad en la obtención de financiación. Eso incluye la obtención de crédito para el capital de giro, que involucre valores y plazos más modestos. Hay una gran demanda de financiación pública, a través de la participación en licitaciones de agencias gubernamentales.<sup>32</sup>

**TABLA 16. Grado de dificultad señalado por los empresarios del área de Biotecnología en cuestiones relativas a aspectos financieros (%)**

ASPECTOS FINANCIEROS	GRADO DE DIFICULTAD*					TOTAL**
	1	2	3	4	5	
Generación de caja	8,1	18,9	18,9	<b>29,7</b>	<b>18,9</b>	94,6
Obtención de Capital de Giro	8,1	18,9	18,9	<b>21,6</b>	<b>29,7</b>	97,3
Fuentes de Financiación	2,7	16,2	29,7	<b>29,7</b>	<b>18,9</b>	97,3
Renegociación de deuda	10,8	21,6	32,4	2,7	13,5	81,0

\*El grado de dificultad varía de "bajísima" (1) a "altísima" (5).

\*\*El total de las líneas difiere de 100% para los casos en que no todos respondieron el cuestionario.

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

Finalmente, en lo que hace a los aspectos regulatorios, las empresas enfrentan una significativa dificultad en tres aspectos: el 59,4% de los empresarios respondieron tener alta (o altísima) dificultad en lo que se refiere al proceso de registro del producto; ese porcentaje alcanza el 54% con respecto al proceso de certificación internacional; y el 35,1% enfrenta grandes problemas con el proceso de solicitud y obtención de patentes (Tabla 17).

<sup>32</sup> Más de la mitad (54%) de los empresarios entrevistados respondió que participa de licitaciones gubernamentales de financiación.

**TABLA 17. Grado de dificultad señalado por los empresarios del área de Biotecnología en cuestiones relativas a la reglamentación (%)**

REGLAMENTACIÓN	GRADO DE DIFICULTAD*					TOTAL**
	1	2	3	4	5	
Proceso de registro de productos	8,1	16,2	5,4	<b>29,7</b>	<b>29,7</b>	89,1
Proceso de solicitud y obtención de patentes	8,1	24,3	16,2	<b>13,5</b>	<b>21,6</b>	83,8
Proceso de certificación internacional	10,8	16,2	5,4	<b>13,5</b>	<b>40,5</b>	86,5

\*El grado de dificultad varía de "bajísima" (1) a "altísima" (5).  
 \*\*El total de las líneas difiere de 100% para los casos en que no todos respondieron el cuestionario.

Fuente: Fundación BIOMINAS (2007)

## 7. Relevamiento bibliométrico

Las Tablas 18, 19, 20, 21 y 22 presentan los indicadores bibliométricos relativos al área de Biotecnología con base en el Science Citation Index – SCI para Brasil. Como se puede observar, en el período 2000-2007, la cantidad de publicaciones indexadas de instituciones brasileñas está aumentando de manera significativa. De aproximadamente 400 en el inicio de la década, en 2007 la cantidad de esas publicaciones alcanzó las 1.137.

**TABLA 18. Publicaciones SCI de Biotecnología de instituciones brasileñas**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Brasil	416	410	542	624	745	779	990	1.137
MERCOSUR	581	597	741	834	970	1.011	1.284	1.431
TOTAL MUNDIAL	35.936	36.547	39.439	44.077	47.719	51.309	53.762	56.994
BR/MERCOSUR	71,6%	68,7%	73,1%	74,8%	76,8%	77,1%	77,1%	79,5%
MERCOSUR/ TOTAL	1,6%	1,6%	1,9%	1,9%	2,0%	2,0%	2,4%	2,5%

Fuente: SCI.

Aunque esa cantidad resulte poco significativa a nivel mundial (2%), las publicaciones de instituciones brasileñas en el área de Biotecnología representan el 80% del total de publicaciones del conjunto de países del MERCOSUR.

En promedio, el 38% de las publicaciones brasileñas cuentan con la colaboración de socios internacionales. Sin embargo, esa proporción tiende a decrecer, pasando del 46,9% en 2000 al 31,0% en 2007.

**TABLA 19. Publicaciones SCI de Biotecnología de instituciones brasileñas con colaboración internacional**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Con colaboración internacional	195	169	208	222	279	300	353	352
Sin colaboración	221	241	334	402	466	479	637	785
% con colaboración	46,9%	41,2%	38,4%	35,6%	37,4%	38,5%	35,7%	31,0%

Fuente: SCI.

La colaboración está fuertemente polarizada hacia los EEUU, acumulando 990 artículos entre 2000 y 2007, equivalentes al 48% del total de la colaboración internacional brasileña. Con volúmenes mucho menores aparecen Francia, Inglaterra, Alemania y Canadá, con valores entre los 226 y los 134 artículos acumulados.

**TABLA 20. Publicaciones SCI de Biotecnología de instituciones brasileñas con colaboración internacional, según el país\* - Cuantitativo relativo al acumulado entre 2000-2007**

	Cantidad
EEUU	990
FRANCIA	226
INGLATERRA	199
ALEMANIA	174
CANADÁ	134

Fuente: SCI

(\*) Primeros 5 países en orden decreciente de importancia

Sin embargo, la cantidad de publicaciones brasileñas realizadas con la colaboración de socios MERCOSUR es muy incipiente. Su punto mayor se observó en 2005, con el 3% de la producción total brasileña en Biotecnología. Sin embargo, el promedio 2000-2007 se situó en el 2,48%.

**TABLA 21. Publicaciones SCI de Biotecnología de instituciones brasileñas con colaboración internacional en el ámbito del MERCOSUR**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Con colaboración internacional	11	12	9	15	22	25	19	24
Sin colaboración	405	398	533	609	723	754	971	1.113
% con colaboración	2,6%	2,9%	1,7%	2,4%	3,0%	3,2%	1,9%	2,1%

Fuente: SCI.

Prácticamente la totalidad de la colaboración brasileña dentro del MERCOSUR es con Argentina, haciendo un total de 119 registros entre 2000 y 2007 (Tabla 22). La cooperación con Uruguay alcanza los 18 documentos en el mismo período, mientras que se firmaron sólo cinco con instituciones paraguayas.

**TABLA 22. Publicaciones SCI de Biotecnología de instituciones brasileñas con colaboración internacional según los países del MERCOSUR**

	Cantidad
ARGENTINA	119
PARAGUAY	5
URUGUAY	18

Fuente: SCI. Cuantitativo relativo al acumulado entre 2000-2007



## 8. Indicadores de Patentes

La Tabla 23 presenta la evolución y las características de los pedidos de patentes en el área de Biotecnología en Brasil en el período 2000-2005. En ese período, anualmente, en promedio, se realizaron 512 pedidos de patentes ante el Instituto Nacional de Propiedad Industrial - INPI, de los cuales ninguno ha sido concedido hasta el momento.

Merece destacarse que, en promedio, en ese período, el 93% de los pedidos realizados fueron de parte de no residentes. Ese hecho contrasta con los avances que se vienen realizando en Brasil en el mismo período en el postgrado y en los grupos de investigación y de especialistas (doctores y demás investigadores) del área de Biotecnología. Sin embargo, es posible afirmar que el número promedio de solicitudes de patentes presentadas por residentes en Brasil aumentó de 25 en el período 2000-2002 a 45 en 2003-2005.

**TABLA 23. Brasil: evolución y características de los pedidos de patentes en el área de Biotecnología en período 2000-2005**

Año	Pedidos			
	Total de Pedidos Depositados	De los cuales fueron Concedidos	Residentes	No Residentes
2000	622	0	24	598
2001	483	0	18	465
2002	453	0	33	420
2003	467	0	52	415
2004	612	0	36	576
2005	437	0	48	389
Promedio Anual	512	0	35	477

Fuente: INPI.

La evolución y las características de los pedidos de patentes en el área de Biotecnología en Brasil en el período 2000-2005, según los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes – IPC y el concepto de Biotecnología de la OCDE pueden ser observadas en la Tabla 24. Como se puede observar, el 50% de los pedidos de patentes se refiere al código CN12 (*Micro-organisms or enzymes; compositions thereof*). También merecen ser destacados los pedidos relacionados con los códigos C12Q (*Measuring or testing processes involving enzymes or micro-organisms; compositions or test papers therefor; processes of preparing such compositions; condition-responsive control in microbiological or enzymological processes*), con un 13,9% del total de pedidos en el período, y el código C12P (*Fermentation or enzyme-using processes to synthesise a desired chemical compound or composition or to separate optical isomers from a racemic mixture*), con un 11,3%. Sólo esos 3 códigos concentran 75,4% del total de

<sup>33</sup> Ver Nota Metodológica "Instituto de Propiedad Industrial: Pedidos y Concesiones Patentes en el área de Biotecnología a Residentes y No Residentes en Brasil".

pedidos de patentes del área de Biotecnología, depositados ante el INPI, en el período 2000-2005.

Con una importancia relativa mucho menor, se encuentran los pedidos de patentes relacionados con los códigos A61K38/00 (*Medicinal preparations containing peptides*), con un 4,5% del total de pedidos en el período, y A61K 39/00 (*Medicinal preparations containing antigens or antibodies*), con un 3,5%.

En general, la casi totalidad (93%) de los pedidos de patentes del área de Biotecnología en Brasil los realizan no residentes. Sin embargo, en algunos códigos específicos, a pesar del bajo número de pedidos realizados, la importancia de los pedidos realizados por residentes es relativamente significativa. Este es el caso de los siguientes códigos/subgrupos:

- ⇒ C02F 3/34 (*Biological treatment of water, waste water, or sewage: characterised by the micro-organisms used*);
- ⇒ G01N 33/53 (*Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: immunoassay; biospecific binding assay; materials therefore*), sub-grupo 531 e 533;
- ⇒ G01N 33/54 (*Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: double or second antibody: with steric inhibition or signal modification: with an insoluble carrier for immobilising immunochemicals: the carrier being organic: synthetic resin: as water suspendable particles: with antigen or antibody attached to the carrier via a bridging agent: Carbohydrates: with antigen or antibody entrapped within the carrier*), sub-grupo 549;
- ⇒ G01N 33/55 (*Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: the carrier being inorganic: Glass or silica: Metal or metal coated: the carrier being a biological cell or cell fragment: Red blood cell: Fixed or stabilised red blood cell: using kinetic measurement: using diffusion or migration of antigen or antibody: through a gel*), sub-grupo 554;
- ⇒ G01N 33/57 (*Investigating or analysing materials by specific methods not covered by the preceding groups: for venereal disease: for enzymes or isoenzymes: for cancer: for hepatitis: involving monoclonal antibodies: involving limulus lysate*), sub-grupo 571.

## 9. Indicador de superficie cultivada con OGM

El *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA) sistematiza informaciones sobre la superficie cultivada y aprobaciones regulatorias para cultivos biotecnológicos a nivel mundial y de diferentes países. Desde 2004, esa institución publica un informe anual denominado *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crop*. El último informe publicado tiene como referencia el año 2006. Con el objeto de resguardar la credibilidad de las informaciones del ISAAA, es importante destacar que esa institución también es fuente de las informaciones sobre producción agrícola de OGM del informe *OECD Biotechnology Statistics 2006*. La Tabla 25 presenta la evolución reciente de la superficie cultivada con cultivos biotecnológicos en países

considerados grandes productores de ese tipo de cultivo, o sea, países con superficie cultivada superior a las 50.000 hectáreas.

En el conjunto de esos países, ese área está aumentando de forma significativamente a una tasa de crecimiento del 12% entre 2007 y 2006. De acuerdo con el ISAAA, el año 2007 fue el décimo primer año consecutivo de crecimiento de ese área a una tasa superior a los 2 dígitos. Entre los 4 principales países productores (EEUU, Argentina, Brasil y Canadá), Brasil presenta la mayor tasa de crecimiento (30,4%) de la superficie plantada con cultivos biotecnológicos en el período 2006-2007. La tendencia actual es de significativo crecimiento de ese área, en función de la consolidación de la política de liberación de cultivos OGM en Brasil.

**TABLA 25. Área plantada anualmente con cultivos biotecnológicos en países con un área superior a 50 mil ha de superficie plantada**

País	2006	% con relación al total	2007	% con relación al total	Tasa de crecimiento (%)	Cultivos OGM
EEUU	54,6	53,6	57,7	50,5	5,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo y papaya
Argentina	18,0	17,7	19,1	16,7	6,1	Soja, maíz y algodón
Brasil	11,5	11,3	15,0	13,1	30,4	Soja y algodón
Canadá	6,1	6,0	7,0	6,1	14,8	Canola, maíz y soja
India	3,8	3,7	6,2	5,4	63,2	Algodón
China	3,5	3,4	3,8	3,3	8,6	Algodón
Paraguay	2,0	2,0	2,6	2,3	30,0	Soja
Sudáfrica	1,4	1,4	1,8	1,6	28,6	Maíz, soja y algodón
Uruguay	0,4	0,4	0,5	0,4	25,0	Soja y maíz
Filipinas	0,2	0,2	0,3	0,3	50,0	Maíz
Australia	0,2	0,2	0,1	0,1	-50,0	Algodón
España	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Soja
México	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Algodón y soja
Total	101,9		114,3		12,2	

Fuente: ISAAA. En millones de ha.

## 10. Indicadores relativos a la liberación de cultivos biotecnológicos

En Brasil, de acuerdo con la CTNBio<sup>34</sup>, hasta 2006, había dos productos genéticamente modificados permitidos en Brasil: la soja resistente a herbicidas a base de glifosato (Monsanto), y una especie de algodón resistente a insectos (Tabla 26). En mayo de 2007, la CTNBio aprobó la variedad de maíz transgénico *Libertlink*, de la empresa alemana Bayer y resistente al herbicida glufosinato de amonio. En agosto de ese año,

<sup>34</sup> Ver Nota Metodológica "Liberações Comerciais de Organismos Geneticamente Modificados".

aprobó la liberación comercial del maíz transgénico *Guardian*, desarrollado por la empresa estadounidense Monsanto y resistente a insectos. Ya en septiembre de 2007, la CTNbio liberó el maíz transgénico BT11 de la empresa Syngenta. En febrero de 2008, esas decisiones de la CTNBio referentes al *Libertlink* y al *Guardian* fueron sancionadas por el Consejo Nacional de Bioseguridad – CNBS.

**TABLA 26. Brasil: cultivos biotecnológicos aprobados y pendientes ante la CTNbio – noviembre de 2007**

Producto	Características	Situación
Soja resistente a herbicidas	GTS 40-3-2	Aprobado en 2006
Algodón resistente a insectos	MON531/757/1076	Aprobado en 2006
Maíz Bt11 Syngenta, resistente a insectos	Bt11	Aprobado en 2007
Maíz de Mosanto resistente a insectos	Mon810	Aprobado en 2007
Maíz con tolerancia a herbicidas - Liberty Link Bayer	Liberty Link	Aprobado en 2007
Algodón con tolerancia herbicidas - RR <sup>®</sup> Monsanto	Cotton RR <sup>®</sup> event 1445	Pendiente
Algodón con tolerancia a herbicidas - Liberty Link Bayer	Cotton Liberty Link Event LLCotton 25	Pendiente
Arroz con tolerancia a herbicidas - Liberty Link Bayer	Rice Liberty Link event LLRice 62	Pendiente
Maíz con resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas - Syngenta	ICP-4	Pendiente
Maíz con tolerancia a herbicidas - Monsanto	RR2	Pendiente
Maíz con tolerancia a herbicidas	GA21	Pendiente

Fuente: ISAAA (2007) y CTNBio Brasil.

## **IV. Informe sobre Paraguay**

## 1. Indicadores de I+D: actividades de posgrado

En Paraguay, a nivel de formación, existen actualmente las siguientes carreras o programas de grado que tienen relación con la Biotecnología: Biología, Bioquímica, Ingeniería Agronómica y Ciencias Veterinarias. La gran masa de alumnos matriculados pertenece a la Universidad Nacional de Asunción y sus filiales del interior. También se imparten cursos en estas ramas en: la Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Universidad del Norte, Universidad Nacional de Pilar, Universidad Nacional de Itapúa y Universidad Nacional de Este.

Paraguay presenta un gran déficit en cursos de posgrado en áreas relacionadas con la Biotecnología. Actualmente, la Universidad Nacional de Asunción, está finalizando un programa de Maestría en Reproducción Genética del Ganado Bovino, con 21 participantes, y una especialización en Bioestadística, con 12 alumnos, en cuyos contenidos programáticos se abordan algunos tópicos relacionados con la biotecnología. La mayoría de los cursos de postgrado de la Universidad Nacional de Asunción están orientados a la Didáctica Universitaria; en orden le siguen cursos de especialización, maestrías y doctorados en Ciencias Agrarias; y en minoría se imparte cursos en las demás áreas del conocimiento. En las universidades privadas la orientación es hacia las ciencias sociales, específicamente las Ciencias de la Educación y las Empresariales.

## 2. Indicadores de I+D: especialistas y grupos de investigación

En lo que se refiere a los grupos de investigación en el área de biotecnología, se puede observar, en un período que va desde 1980 hasta 2007, un significativo crecimiento, así como así como el inicio de trabajo en red y el desarrollo de tareas en nuevos campos de dicha área.

### **Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IICS)**

En 1980, se conforma el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud (IICS), perteneciente a la Universidad Nacional de Asunción. La Misión del IICS es *“Generar, realizar y promover investigaciones científicas en el área de las ciencias de la salud, con el aporte de conocimientos y soluciones a los problemas relevantes del país, con la capacitación de recursos humanos y el desarrollo de servicios especializados para contribuir a mejorar la salud de la comunidad”*.

Actualmente cuenta con aproximadamente 111 investigadores, de los cuales un 23 % se aboca a las áreas relacionadas con la biotecnología, como ser: Métodos bioquímicos de investigación, Bioquímica y Biología molecular, aplicaciones microbiológicas, biología celular, genética, biomedicina.

La distribución de los recursos humanos, según su nivel académico se detalla en la presente tabla:

**Cuadro 1. Recursos humanos del IICS**

Área del conocimiento	Total de personas por área	Técnico	Grado	Especialización	Maestría	Doctorado
1. Ciencias de la ingeniería	6	5		1		
2. Ciencias básicas						
3. Ciencias económicas y administrativas						
4. Ciencias humanas	4		1	3		
5. Ciencias agropecuarias						
6. Ciencias de la salud	101	15	22	53	6	5
<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>20</b>	<b>23</b>	<b>57</b>	<b>6</b>	<b>5</b>

A las otras áreas del conocimiento se dedican según la siguiente distribución: Ciencias de la Ingeniería 3,5%; Ciencias Humanas 3,5%; Ciencias de la Salud 70%. Así también el 35% de la actividad investigativa se centra en la investigación básica, el 60% en la aplicada y un 5% corresponde al Desarrollo Tecnológico. En un estudio bibliométrico realizado por el CONACYT, en 2005, el IICS aparece como una de las entidad paraguayas que más publicaciones ha generado a nivel internacional, específicamente en el área de la salud.

La institución participa activamente en redes internacionales de investigación, transferencia de resultados, movilidad de expertos e intercambio de experiencias. Así se pueden mencionar a las siguientes instituciones con las que el IICS tiene vinculación: con la mayoría de las Facultades de la Universidad Nacional de Asunción (Ciencias Médicas, Ciencias Químicas, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Veterinarias, etc); con el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social; AMSUD-Pasteur, Macrouiversidades, AUGM; London School of Higiene and Tropical Medicine (UK); Universidad de Salamanca (España); Universidad Copmpltense de Madrid (España); Universidad Vasca de Bilbao (España); Instituto Catalán de Oncología (España); Universidad Católica de Lovaina (Bélgica); Universidad de Yamagata (Japón); Instituto Nacional de Salud Pública (México); Universidad de la República (Uruguay); Universidad Ribeirão Preto (Brasil); Universidad del Valle (Cali, Colombia).

Actualmente están desarrollando los siguientes proyectos, en el área de la Biotecnología:

- ⇒ Productos naturales y sintéticos con actividad antiparasitaria, para la enfermedad de Chagas, Leishmaniasis y otras enfermedades transmitidas por vectores.
- ⇒ Actividad leishmanicida del 2-(5meitl-2furil)- 5-metoxi 3(3,4,5-trimetoxifenil)indol
- ⇒ Actividad larvicida de extractos acuosos de plantas en *Aedes aegypti*. Investigador principal.
- ⇒ Análisis en modelos murinos de los efectos genotóxicos de productos activos de plantas con
- ⇒ actividad leishmanicida in vivo.

- ⇒ Actividad leishmanicida y tripanocida de una briofita (VP3).
- ⇒ Investigación, desarrollo e innovación en medicamentos antichagásicos.
- ⇒ Búsqueda de sustancias con actividad antimicrobiana y antiparasitaria a partir de extractos obtenidos de la parte aérea y corteza de raíz de *Maytenus illicifolia*. Proy. Nacional.
- ⇒ Desarrollo de un protocolo estandarizado de producción sustentable de fitofármacos antidepresivos a partir de partes aéreas de burrito (*Aloysia polystachya*) cultivado en Paraguay.
- ⇒ Caracterización de virus del dengue circulante en Paraguay y Brasil y expresión de proteínas recombinantes de dengue para el desarrollo de métodos serológicos de diagnóstico.
- ⇒ Producción de Kits fríos de radiofármacos de TC99 en Paraguay.
- ⇒ Test de avidéz IgG para Toxoplasmosis. ELISA
- ⇒ Producción de Kit de diagnósticos para Chagas (ELISA) Chagas test.
- ⇒ Producción de Kit de diagnóstico para Toxoplasmosis (ELISA). Toxo test
- ⇒ Producción de Leishmanina (reacción de Montenegro).

### **Laboratorio Central de Salud Pública (LCSP)**

En 1996, se consolida el Laboratorio Central de Salud Pública (LCSP), que es una entidad estatal, perteneciente al Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social.

La Misión del LCSP es *“Proporcionar asistencia laboratorial, servir de Laboratorio Nacional de Referencia y cabeza de la Red Nacional de Laboratorios, Normalizar, evaluar y supervisar los Laboratorios Clínicos del Sector Público y Privado de todo el país, realizar investigación aplicada de acuerdo a los problemas prioritarios y a la política de salud, con énfasis en las patologías más frecuentes del país, llevar a cabo actividades de educación permanente, así como colaborar con la formación del personal de salud. Apoyar la vigilancia epidemiológica en los diferentes programas del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social”*.

Cuenta actualmente con 55 investigadores, los cuales desarrollan actividades en Métodos bioquímicos de investigación, Bioquímica y Biología molecular, aplicaciones microbiológicas, salud en general y diagnóstico y vigilancia laboratorial, investigación epidemiológica aplicada, producción de reactivos. El LCSP trabaja vinculado a varios organismos e instituciones paraguayas, tales como la Universidad Nacional de Asunción (Facultad de Ciencias Químicas); la Universidad Católica Ntra. Señora de la Asunción (Filial Villarrica); Universidad del Norte; Ministerio de Agricultura y Ganadería – SENACSA; Municipalidad de Asunción (Dirección de Salud); Ministerio de Industria y Comercio; e Instituto Nacional de Alimentación y Nutrición (INAN). A nivel internacional, con: el Instituto de Biología Molecular de Paraná (Brasil); el Centro de Control de Enfermedades (USA); Saint Jude Children Research Hospital (USA); el Centro Nacional de Enfermedades Tropicales (Bolivia); entre otros.

La distribución de los recursos humanos, según su nivel académico se detalla en el Cuadro 2.



**Cuadro 2. Recursos humanos del LCSP**

Área del conocimiento	Total de personas por área	Técnico	Grado	Especialización	Maestría	Doctorado
Ciencias de la salud	55	6	37	9	3	
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>6</b>	<b>37</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	

Actualmente están desarrollando los siguientes proyectos, en el área de la Biotecnología:

- ⇒ Proyecto piloto para la producción de antígenos de virus Dengue
- ⇒ Proyecto piloto para la producción de anticuerpos conjugados
- ⇒ Proyecto piloto para la producción de antígenos de virus de Fiebre Amarilla
- ⇒ Búsqueda de genes de resistencia locus alterado de cepas de *Mycobacterium Tuberculosis*
- ⇒ Epidemiología Molecular de *Salmonellas spp.*
- ⇒ Estudio Molecular de cepas invasivas de *Streptococcus Pneumoniae*

### **Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO)**

En 2006, se consolida el Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO), que es una entidad privada sin fines de lucro, con membresía de gremios de la producción agrícola. Los propósitos y fines del INBIO consisten en “Contribuir a la prosperidad y bienestar del agríaaltor paraguayo, mediante la promoción de un ambiente favorable para la investigación y desarrollo, innovación y adopción de productos y procesos biotecnológicos, compatible y en armonía con los principios básicos de sustentabilidad y sostenibilidad ambiental, y seguridad para la salud humana y animal”. Los ejes programáticos del INBIO son: 1) Información, comunicación y difusión, 2) Capacitación de Recursos Humanos, y 3) Investigación y Desarrollo. Las actividades se realizan en forma tercerizada a través de las instituciones contrapartes del sector público o académico, en base a financiamiento de proyectos específicos.

Cuenta actualmente con un grupo de 4 investigadores, en las áreas de biología molecular, biología celular, genética, plantas, e ingeniería agronómica. Realiza investigaciones conjuntas con la Dirección de Investigación Agrícola del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción y MONSANTO-Paraguay (AMBA, MODIT)

Actualmente están desarrollando los siguientes proyectos:

- a. Dos proyectos sobre Nematología en Soja, contratado con la Dirección de Investigación del Ministerio de agricultura y Ganadería
- b. Encuesta agronómica a pequeños productores algodoneros sobre eficacia de métodos de control de malezas, contratado con el Programa de Investigación Algodonera de la DIA-MAG

- c. Encuesta agronómica sobre impacto de la adopción de siembra directa comparado con labranza convencional de pequeños productores aldoneros, contratado den el Programa de Investigación Algodonera de la DIA-MAG
- d. Dos proyectos sobre *Macrophomina* spp. En Soja y otros cultivos, contratado con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción
- e. Un Proyecto de monitoreo de incidencia de nuevas especies de *Spodoptera* en el cultivo de Soja, contratado con la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción
- f. Programa de Investigación de Trigo, Convenio MAG/CAPECO/INBIO por 5 años 2008/2012 (en negociación).

Entre sus principales actividades se destacan el:

- i. Desarrollo de Publicaciones (revistas, libros, boletines, etc);
- ii. Capacitación Especializada;
- iii. Consultoría Especializada;
- iv. Servicios Tecnológicos Especializados y
- v. Desarrollos de la Propiedad Intelectual (Patentes y copyright).

### **Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica (CEDIC)**

También en 2006, se conforma el Centro para el Desarrollo de la Investigación Científica (CEDIC), que si bien es de carácter multidisciplinario, realiza acciones en el área de la biotecnología, entre otras. El CEDIC es de carácter privado, perteneciente a la Fundación Moisés Bertoni.

El CEDIC tiene como objetivo “contribuir al conocimiento de la dinámica de la biodiversidad con énfasis en la salud de sus poblaciones, mediante la generación de información sobre los sistemas que la integran y los factores que la alteran, aportando soluciones para el restablecimiento de su equilibrio.”

Hace espacial énfasis en:

- ⇒ Generar información sobre la diversidad de especies y ecosistemas locales.
- ⇒ Identificar usos sostenibles y de aplicación comercial de los recursos de la biodiversidad.
- ⇒ Estudiar la variabilidad de las enfermedades humanas y de otras especies afectadas por los cambios ambientales y por el uso de los recursos de la biodiversidad por parte de las poblaciones que lo habitan.
- ⇒ Fortalecer las capacidades locales en el conocimiento de la biodiversidad y su interrelación con las actividades antropogénicas a fin de hacerla ecológicamente amigable

En lo que respecta a la biotecnología, realiza investigaciones en Bioquímica y Biología molecular, aplicaciones microbiológicas, biología celular, salud y biología. En otras áreas, tales como ciencias de la salud, se enfoca a las investigaciones en enfermedades infecciosas; y en las ciencias sociales, al trabajo social. El Centro cuenta en la actualidad con 8 investigadores.

**Cuadro 3. Recursos humanos del CEDIC**

Área del conocimiento	Total de personas por área	Técnico	Grado	Especialización	Maestría	Doctorado
1. Ciencias de la ingeniería						
2. Ciencias básicas	7		2	1	1	3
3. Ciencias económicas y administrativas						
4. Ciencias humanas	1			1		
5. Ciencias agropecuarias						
6. Ciencias de la salud						
<b>Total</b>	<b>8</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

Así también el 40% de la actividad investigativa se centra en la investigación básica, el 40% en la aplicada y un 20% corresponde al Desarrollo Tecnológico.

Se vincula a nivel nacional con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Servicio Nacional de Control de Enfermedades Transmitidas por Vectores (SENEPA); la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción; la Universidad Nacional de Asunción (Facultad de Odontología y el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, IICS). A nivel internacional, se vincula con la RIIMEDCHAG (Red regional para la búsqueda de antiparasitarios); Centro Internacional para el desarrollo (IDRC); The Academy of Sciences for the Developing World (TWAS); Tropical Disease Special Programme (TDR/OPS/OMS); Arizona State University; Universidad de la Republica (Uruguay); Universidad Complutense de Madrid (España); University of Region of Cariri – (URCA); Universidade Federal do Acre (Brasil); Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (Cuba); Consejo Superior 'de Investigaciones Científica (CSIC de España); la Universidad Cardenal Herrera (España); Universidad de Buenos Aires (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Argentina) y el Institut de Recherche pour le Développement (IRD, France)

Actualmente están desarrollando los siguientes proyectos:

- ⇒ Determinación de la actividad in vitro de nuevos derivados polifenólicos sobre *Trypanosoma cruzi* y *Leishmania sp*
- ⇒ Eficacia de las diferentes fracciones de la *Stevia* sobre microorganismos prevalentes en la placa bacteriana intraoral (colaboración)
- ⇒ *An ecosystem perspective of the process of reinfestation by Triatoma infestans in rural communities of the Gran Chaco ecoregion.*
- ⇒ Origen de las reinfestaciones intra y peridomésticas de *Triatoma infestans* en viviendas indígenas del Chaco Paraguayo

⇒ *Rational search of new compounds of leishmanicidal activity applying in silico and in vitro methods.*

### **Instituto Agronómico Nacional (IAN) y Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Asunción**

Llaman la atención dos entidades, que están funcionando por más de cuatro décadas: el Instituto Agronómico Nacional – IAN (desde 1942) y la Dirección de Investigación de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Asunción (desde 1956). La primera, el IAN, presenta una escasa visibilidad a nivel internacional y vinculación con entidades de la región. Solo reporta el relacionamiento con el IICA/PROCISUR y el FONTAGRO, y a nivel nacional con cooperativas agrícolas de producción; empresa privadas, colegios agropecuarios y con la Facultad de Ciencias Agrarias (UNA). Así también, en el estudio bibliométrico de la producción científica de Paraguay (2005), el área de las ciencias agrarias es la menos favorecida.

De igual manera ocurre con la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Asunción. Esta última no reporta entidades con la que está vinculada para la realización de pasantías, intercambio e investigaciones conjuntas. Como actividad investigativa en biotecnología reporta la Obtención de Plantas Cítricas Libres de Virus a través del Microinjerto de Apices Caulinares in Vitro, de 1990. Existen actualmente 5 investigadores en biotecnología, que se distribuyen según el siguiente cuadro, de acuerdo a su grado de formación:

**Cuadro 4. Recursos humanos del IAN y la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Asunción**

Área del conocimiento	Total de personas por área	Técnico	Grado	Especialización	Maestría	Doctorado
5. Ciencias agropecuarias			3		2	
<b>Total</b>			<b>3</b>		<b>2</b>	

Otros centros que desarrollan actividades en Biotecnología:

- a) MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAG). Dirección de Semillas (DISE) – SENAVE
- b) CENTRO TECNOLÓGICO Y PECUARIO DEL PARAGUAY (CETAPAR)
- c) SECRETARIA DEL AMBIENTE (SEAM)
- d) ASOCIACION DE PRODUCTORES DE SEMILLAS DEL PARAGUAY (APROSEMP).

### 3. Indicadores de I+D: Relevamiento Bibliométrico

La producción paraguaya en el SCI en biotecnología sumó 20 publicaciones entre 2000 y 2007. Si bien los valores son muy bajos para tener validez estadística, es de señalar que no se registraron publicaciones en 2003 y 2004, lo que puede dar cuenta de una discontinuidad de las actividades en este terreno en los años anteriores (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Publicaciones SCI en biotecnología paraguayas**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Paraguay	3	6	1	0	0	4	1	5
MERCOSUR	581	597	741	834	970	1011	1284	1431
TOTAL MUNDIAL	35936	36547	39439	44077	47719	51309	53762	56994
MERCOSUR/TOTAL	1,60%	1,60%	1,90%	1,90%	2,00%	2,00%	2,40%	2,50%
PY/MERCOSUR	0,50%	0,10%	0,10%	0,00%	0,00%	0,30%	0,07%	0,30%

Por otra parte, esos registros fueron realizados casi en su totalidad en colaboración con instituciones extranjeras. Sólo se registraron tres registros sin la participación de extranjeros, uno por cada año entre 2005 y 2007.

**Cuadro 6. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones paraguayas en colaboración internacional**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
En colaboración	3	6	1	0	0	3	0	4
Sin colaboración	0	0	0	0	0	1	1	1
% en colaboración	100,0%	100,0%	100,0%	-	-	75,0%	0,0%	80,0%

La colaboración internacional se dio principalmente con EEUU, con participación en 6 de los 17 registros en colaboración. Además de los países del MERCOSUR, también figuran Holanda y Francia entre los cinco países con los que mayor colaboración presenta Paraguay.

**Cuadro 7. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones paraguayas, en colaboración internacional, según país**

	CANTIDAD
EEUU	6
BRASIL	5
HOLANDA	4
ARGENTINA	3
FRANCIA	2

Primeros cinco según cantidad - acumulado 2000-2007

Dentro del MERCOSUR, la principal colaboración se registró con Brasil, acumulando cinco artículos entre 2000 y 2005. La cooperación con Argentina no resulta mucho menor, acumulando un total de tres. Sólo se registró un artículo firmado en conjunto por instituciones uruguayas y paraguayas.

**Cuadro 8. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones paraguayas en colaboración dentro del MERCOSUR, según país**

	<b>CANTIDAD</b>
ARGENTINA	3
BRASIL	5
URUGUAY	1

Acumulado 2000-2007

#### **4. Indicadores de I+D: patentes en botecnología**

No hay patentes registradas de titulares paraguayos en la USPTO y en la EPO. Tampoco hay patentes otorgadas por la Dirección General de Propiedad Intelectual a residentes paraguayos entre 2000 y 2003. En ese período se otorgaron solamente 13 patentes a no residentes.

**Cuadro 9. Patentes biotecnológicas otorgadas por la DGPI a residentes y no residentes**

	2000	2001	2002	2003
RESIDENTES	0	0	0	0
NO RESIDENTES	2	1	4	6
TOTAL	2	1	4	6

**Cuadro 10. Patentes biotecnológicas otorgadas por la DGPI a no residentes según país**

ARGENTINA	4
EEUU	3
NUEVA ZELANDA	2
ALEMANIA	1
HOLANDA	1

Pimeros cinco según cantidad - acumulado 2000-2003

#### **5. Indicadores sobre Empresas de Biotecnología**

Las empresas mencionadas en los informes consultados no cumplen con las condiciones para ser consideradas firmas dedicadas a la biotecnología, esto es, firmas activas en biotecnología cuya actividad predominante involucra la aplicación de técnicas biotecnológicas en la producción de bienes o servicios y/o en la ejecución de I+D biotecnológica. Se identifican algunas empresas que comercializan productos biotecnológicos o los utilizan.

## **6. Indicadores de OGM liberados para plantación y comercialización**

En 2004, por medio de la Resolución N° 1.691/2004 del ministro de Agricultura y Ganadería<sup>35</sup>, se aprobó el empleo de cuatro variedades de semillas genéticamente modificadas y comercializadas por la empresa estadounidense Monsanto. La autorización llega unos tres años después de que empezara a usarse la soja transgénica en Paraguay, donde actualmente alrededor del 60% de la producción proviene de semillas modificadas. La resolución ministerial dispone que se registren como semillas comercializables las variedades AW7110, AW5581, M-soy7878 y M-soy8080, todas producidas por la Monsanto. Los agricultores que trabajan con estas semillas abonan un porcentaje en concepto de regalías a la empresa MONSANTO, a través de los grandes acopiadores, en virtud de un contrato privado firmado entre ellos.

La Resolución SENAVE N° 293/2007<sup>36</sup> es la norma específica de producción y comercialización de semilla certificada y/o fiscalizada de algodón actualizada y se establecen los límites, los procedimientos para la detección, identificación y cuantificación de la presencia adventicia de semillas de algodón genéticamente modificadas (GM) en semillas de algodón convencionales (No GM). La Resolución SENAVE N° 321/2007<sup>37</sup>, aprueba el procedimiento que establece las medidas de control para la comercialización de algodón (semillas y Granos), de la campaña agrícola 2007/2008, conforme a la citada Resolución 293/2007. La Resolución exime de responsabilidad por la tenencia de materiales genéticamente modificados, a los productores que cumplan con el procedimiento aprobado por la misma resolución. Los que no cumplan con el procedimiento, serán sancionados por el SENAVE.

## **7. Indicadores de superficie cultivada con OGM**

Paraguay ocupa el séptimo lugar a nivel mundial por la superficie cultivada con variedades GM (2,3 millones de hectáreas), según la información publicada por el *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications* (ISAAA).

---

<sup>35</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería: Resolución MAG N° 1.691/2004: Establece un régimen especial de multiplicación de semillas de soja transgénica RR, ajustada a las normas de producción de semilla común, previsto en el Artículo 6° del Decreto 7.797/2000, exclusiva para la campaña agrícola 2004/2005. Asunción, 28 de diciembre de 2004

<sup>36</sup> Servicios Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal de Semillas: Resolución SENAVE N° 293/2007: Aprueba la norma específica de producción y comercialización de semilla certificada y/o Fiscalizada de algodón actualizada y se establecen los límites, los procedimientos para la detección, identificación y cuantificación de la presencia adventicia de semillas de algodón genéticamente modificadas (GM) en semillas de algodón convencionales (No GM). Asunción, 19 de julio de 2007.

<sup>37</sup> Servicios Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal de Semillas: Resolución SENAVE N° 321/2007: Aprueba el procedimiento que establece las medidas de control para la comercialización de algodón (semillas y Granos), de la campaña agrícola 2007/2008, conforme a la Resolución 293/2007. Asunción, 6 de agosto de 2007.

**Cuadro 11. Superficie cultivada con OGM, principales países y cultivos**

País	2006	% en relación al total	2007	% en relación al total	Tasa de crecimiento (%)	Cultivos OGM
USA	54,6	53,6	57,7	50,5	5,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo, papaya, alfalfa
Argentina	18,0	17,7	19,1	16,7	6,1	Soja, maíz, algodón
Brasil	11,5	11,3	15,0	13,1	30,4	Soja, algodón
Canadá	6,1	6,0	7,0	6,1	14,8	Canola, soja, maíz,
India	3,8	3,7	6,2	5,4	63,2	Algodón
China	3,5	3,4	3,8	3,3	8,6	Algodón
<b>Paraguay</b>	<b>2,0</b>	<b>2,0</b>	<b>2,6</b>	<b>2,3</b>	<b>30,0</b>	<b>Soja</b>
Sudáfrica	1,4	1,4	1,8	1,6	28,6	Soja, maíz, algodón
Uruguay	0,4	0,4	0,5	0,4	25,0	Soja, maíz
Filipinas	0,2	0,2	0,3	0,3	50,0	Maíz
Australia	0,2	0,2	0,1	0,1	-50,0	Algodón
España	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Soja
México	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Algodón, soja
<b>Total</b>	<b>101,9</b>		<b>114,3</b>		<b>12,2</b>	

Fuente: ISAA

**Cuadro 12. Evolución superficie con OGM en Países del MERCOSUR periodo 2000-2007 (en millones de hectáreas)**

	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	Has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%	has.	%
Argentina	10	100%	11,8	100%	13,5	100%	13,9	82%	16,2	71%	17,1	60%	18	56%	19,1	51%
Uruguay	0,01	0%	0,01	0%	0,02	0%	0,1	1%	0,3	1%	0,3	1%	0,4	1%	0,5	1%
<b>Paraguay</b>		<b>0%</b>		<b>0%</b>		<b>0%</b>		<b>0%</b>	<b>1,2</b>	<b>5%</b>	<b>1,8</b>	<b>6%</b>	<b>2</b>	<b>6%</b>	<b>2,6</b>	<b>7%</b>
Brasil		0%		0%		0%	3	18%	5	22%	9,4	33%	11,5	36%	15	40%
<b>Total</b>	10	100%	11,8	100%	13,5	100%	17	100%	22,7	100%	28,6	100%	31,9	100%	37,2	100%

Fuente: ISAAA, Calve James, para todos los años.



## 8. Indicadores de fuentes y valor de financiamientos públicos y privados para la biotecnología

Paraguay no tiene un fondo específico para el financiamiento público de actividades de Biotecnología. Existen organismos que pueden ser potenciales fuentes de financiamiento de proyectos biotecnológicos: el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la Agencia Financiera de Desarrollo (AFD), y los laboratorios de biotecnología que operan en las diversas facultades de la Universidad Nacional de Asunción y en algunas instituciones del Gobierno Central, como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Senave, la Secretaría del Ambiente (SEAM) y otras dependencias públicas que poseen una capacidad institucional instalada capaz de gestionar iniciativas de biotecnología. En el campo del sector privado, el Instituto de Biotecnología Agrícola (INBIO) asume un protagonismo fundamental para el desarrollo de proyectos agrícolas, a través de un fondo especial creado con recursos de las mismas empresas privadas. Sin embargo, los órdenes de magnitud del financiamiento disponible son muy bajos. Para 2005, el gasto en I+D de Paraguay era de 25 millones de dólares en paridad de poder de compra. La distribución del gasto por áreas científicas muestra una participación muy baja de las biotecnologías, inferior al 1%. Si bien puede presumirse que una parte del gasto en I+D en ciencias agrarias pueda estar relacionado con actividades biotecnológicas, los montos siguen siendo muy bajos.

**Cuadro 13. Distribución del Gasto en I+D por áreas científicas**

Áreas	Porcentaje
Ciencias Agrarias	46,33%
Ciencias Médicas	21,12%
Ciencias Naturales y Exactas	14,46%
Ciencias Sociales	12,48%
Ingenierías y Tecnologías	3,75%
Humanidades	1,02%
Biotecnologías	0,85%

Fuente: CONACYT

## 9. Centros de excelencia

De acuerdo con el análisis de la información sobre los centros de investigación en Paraguay, no es posible identificar institutos que se ajusten a las condiciones establecidas para los centros de excelencia.

## **V. Informe sobre Uruguay**

## 1. Indicadores de I+D: actividades de posgrado

La formación y actividades de posgrado en áreas vinculadas a la Biotecnología se concentran fundamentalmente en la Universidad de la República. Una instancia institucional destacable por su influencia sobre algunas de las áreas cognitivas que nutren a la biotecnología en Uruguay es el Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas, PEDECIBA, existente desde 1986 y originalmente creado para re-establecer las capacidades científico-técnicas del país, desmanteladas durante los años 70 y 80 con la dictadura militar que sufrió el país y repatriar a los investigadores exiliados. Éste ha sido un bastión fundamental en el apoyo de las últimas dos décadas a las actividades de formación de posgrado de investigadores y proyectos en distintas áreas del conocimiento (básico), a saber: Biología, Física, Informática, Matemática, Química. A Junio de 2007 el área de Biología, PEDECIBA involucraba a 258 estudiantes y 271 investigadores. Esta área reúne un conjunto de subáreas: Biología Celular y Molecular, Bioquímica, Biofísica, Botánica, Ciencias Fisiológicas, Ecología, Genética, Microbiología, Neurociencia y Zoología<sup>38</sup>.

**Cuadro 1. Posgrados de la Universidad de la República con vinculación potencial al área biotecnológica<sup>39</sup>**

Facultad	Maestrías	Doctorados
Agronomía	Ciencias Agrarias – Opciones: Ciencias animales, Ciencias del suelo, Ciencias Vegetales (2004)	
	Viticultura, Enología y Gestión (Edición 2001-2002). Actualmente es licenciatura (2005)	
Ciencias	Química (2003)	Biología (PEDECIBA) Doctorado en Ciencias Biológicas 2005 (2003)
	Ciencias Biológicas (2003)	
	Ciencias Ambientales (2005)	
	Biotecnología (2005)	
Ingeniería	Ing. De Celulosa y Papel (2007)	Ingeniería Química (2005)
	Ing. Ambiental (2004)	
Medicina	Epidemiología perinatal (2004)	PROINBIO Ciencias Médicas (2004)
	PROINBIO (Ciencias biomédicas) (2004)	
Química	Química (2004)	Química (PEDECIBA 2003)
		Química (2004)
Veterinaria	Producción Animal (2003)	
	Reproducción Animal (2003)	
	Salud Animal (2003)	
	Nutrición de Rumiantes (2003)	

Finalmente cabe destacar la creación de un Centro para Cursos avanzados en Bioinformática que actuará como sede regional de entrenamiento en las áreas de patógenos y genoma humano. Éste es parte del Instituto de Higiene, Facultad de Medicina y forma parte de un acuerdo con The Wellcome Trust y Sanger Institute (DINACYT 2006).

<sup>38</sup> Por más información consulta <http://www.pedeciba.edu.uy/>, Acceso Marzo 2008.

<sup>39</sup> Información obtenida en el sitio web Institucional de la Universidad de la República. Por más información consultar <http://www.universidad.edu.uy/institucional/cap.php>, Acceso Mayo 2008.

## 2. Indicadores de I+D: especialistas y grupos de investigación

Los grupos de investigación vinculados al área de la biotecnología se concentran en la Universidad de la República<sup>40</sup> en primer lugar, y dentro de ésta en las Facultades de Agronomía, Ciencias, Medicina, Ingeniería, Química y Veterinaria.

En la Facultad de Agronomía hay un conjunto de departamentos y/o unidades a saber: Biología Vegetal tiene proyectos en Pasturas, Cebada, Conservación de recursos (Palmares), plantas medicinales, Cianobacterias en Arroz; el de Tecnología de los Alimentos con proyectos en lácteos y enología; el de Producción Animal y Pasturas con proyectos en pasturas, evaluación de alimentos, nutrición, producción de carne y leche; el de Producción vegetal investiga en fruticultura, horticultura, cereales, cultivos industriales, cultivos para bioenergía, poscosecha y sistemas de producción.

La Facultad de Ciencias concentra muchos de los grupos con mayores fortalezas y trayectorias en la biotecnología más moderna. Algunos de estos grupos son el laboratorio de Biología Molecular y Vegetal (depende del Instituto de Química Biológica) que analiza, entre otras cosas, la caracterización molecular de genes inducidos en respuestas de resistencia a virus en plantas, y el clonado, caracterización funcional y optimización de la eficiencia de un transportado de urea del arroz; el laboratorio de Virología Molecular; el laboratorio de Microbiología de Suelos; el laboratorio de Bioquímica y Biotecnología. También en Facultad de Medicina hay un Departamento de Desarrollo Biotecnológico.

En la facultad de Ingeniería, y más específicamente en el departamento de Ingeniería Química las líneas de investigación se vinculan a la biotecnología y bioingeniería, con tratamiento de residuos líquidos y sólidos, producción de biopolímeros, biodegradables y biocompatibles.

Algunos de los departamentos vinculados en la Facultad de Química son el de Química Orgánica, el de Biociencias, el de Ciencias Farmacéuticas y el de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Esta facultad creó un Polo Tecnológico (Polo Tecnológico de Pando) en el año 2001 de modo de fomentar la inversión en I+D de la industria uruguaya y de favorecer la transferencia tecnológica y la interfase entre la investigación académica y el sector productivo<sup>41</sup>.

En Facultad de Veterinaria el área de Genética y mejoramiento genético se concentra en el fortalecimiento de la cabaña caprina nacional, ovinos y bovinos y de caballos PSC (utilizando marcadores genéticos); la principal línea de investigación del de Biotecnología es la transferencia, micro-manipulación y crío-preservación de embriones, sincronización de celos, fecundación in vitro y clonación.

---

<sup>40</sup> Información consultada en UdelaR. 2007. Memoria de la Universidad de la República 2006-2007. Montevideo: Universidad de la República.

<sup>41</sup> Por más información consultar <http://www.polotecnologico.fq.edu.uy>, Acceso Junio 2008

Luego está el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), principalmente en su Unidad de Biotecnología (Sede Las Brujas de INIA). Ésta atraviesa las distintas áreas programáticas de INIA, a saber: Cultivos, Producción Animal, Forestal y Hortifruticultura. Dentro del área cultivos se destacan el apoyo de la biotecnología al Programa Arroz y al de Cereales de Invierno. En producción animal la biotecnología apoya el programa de Plantas Forrajeras y Mejoramiento Genético Animal. Dentro del área Horti-Fruticultura, ésta apoya los programas de horticultura, fruticultura y citrus.

El Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) tiene una destacada trayectoria en el área de ciencias de la vida. Algunos de sus proyectos de investigación refieren a levaduras nativas uruguayas para la producción de vinos finos Tannat: ensayos de micro-vinificación y tipificación molecular; caracterización molecular del ADN de levaduras y plantas de vid; control de la homeostasis de metales de transición en bacterias; diferenciación de la línea germinal masculina: caracterización funcional de nuevos productos de expresión específica de la espermatogénesis de los mamíferos y genómica funcional de la espermatogénesis en mamíferos; desarrollo de una tecnología para el control biológico de enfermedades de implantación de leguminosas forrajeras; estudios genéticos de dos géneros de forrajeras nativas: *Stipa* y *Paspalum* (Gramineae) y reducción del agregado de agroquímicos en un cultivo vegetal usando microorganismos rizosféricos beneficiosos (Uruguay Biotech s/f).

El Instituto Pasteur se inauguró en Uruguay en el año 2006. Sus áreas tecnológicas incluyen: Animales Transgénicos y de Experimentación, Biofísica de Proteínas, Bioinformática, Biología Celular, Biología Molecular, Bioquímica y Proteómica Analíticas, Cristalografía de Proteínas y Producción de Proteínas<sup>42</sup>.

El Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca mantiene algunas líneas de investigación en laboratorios dispersos. Uno de ellos se concentra en microbiología de suelos y control de inoculantes (LMSCI). Otro en el Laboratorio Rubino donde el énfasis es en la salud animal. Otro ámbito de investigación pero en el área de la salud humana y que funciona en base a esfuerzos conjuntos entre el Ministerio de Salud y la Universidad de la República es el Instituto Nacional de Donación y Trasplante de células, tejidos y órganos (INDT)<sup>43</sup>.

### **3. Indicadores de I+D: relevamiento bibliométrico**

A lo largo del período 2000-2007, se observan fluctuaciones en la cantidad de publicaciones en el SCI, que no permiten observar tendencias al aumento análogas a las que se identifican para el conjunto del MERCOSUR.

---

<sup>42</sup> Por más información consultar <http://www.pasteur.edu.uy/UniTec.html> Acceso Mayo 2008.

<sup>43</sup> Por más información consultar [www.indt.hc.edu.uy](http://www.indt.hc.edu.uy)

**Cuadro 2: Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones uruguayas**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Uruguay	16	12	12	23	19	23	31	20
MERCOSUR	581	597	741	834	970	1011	1284	1431
TOTAL MUNDIAL	35936	36547	39439	44077	47719	51309	53762	56994
UY/MERCOSUR	2,7%	2%	1,6%	2,7%	1,9%	2,2%	2,4%	1,4%
MERCOSUR/TOTAL	1,6%	1,6%	1,9%	1,9%	2,0%	2,0%	2,4%	2,5%

Por el contrario, la participación de Uruguay en el total de la producción del MERCOSUR en biotecnología decreció, pasando del 2,7% en 2000 al 1,4% en 2007. Por otra parte, la proporción de la colaboración internacional en Uruguay es muy alta, con un promedio cercano al 70% y alcanzando incluso el 81,3% en 2000 (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones uruguayas en colaboración internacional**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
En colaboración	13	8	9	17	13	14	23	11
Sin colaboración	3	4	3	6	6	9	8	9
% en colaboración	81,3%	66,7%	75,0%	73,9%	68,4%	60,9%	74,2%	55,0%

La mayor parte de la producción en colaboración incluyó a instituciones estadounidenses, con un acumulado de 39 registros entre 2000 y 2007. El segundo lugar lo ocupa la colaboración con Francia, con 21.

**Cuadro 4. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones uruguayas, en colaboración internacional, según país**

	CANTIDAD
EEUU	39
FRANCIA	21
BRASIL	18
ARGENTINA	17
ESPAÑA	14

Primeros cinco según cantidad - acumulado 2000-2007

La colaboración con el MERCOSUR es importante dentro de la producción uruguaya, alcanzando en promedio el 20% de la producción. La cooperación con el bloque regional alcanzó incluso el 33% en 2001 (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Publicaciones SCI en biotecnología de instituciones uruguayas en colaboración dentro del MERCOSUR**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
En colaboración	5	4	2	2	2	4	7	5
Sin colaboración	11	8	10	21	17	19	24	15
% en colaboración	31,3%	33,3%	16,7%	8,7%	10,5%	17,4%	22,6%	25,0%

Los volúmenes de colaboración con Argentina y Brasil son prácticamente equivalentes en el conjunto de la producción 2000-2007, con 17 y 18 publicaciones respectivamente. Finalmente, se registró un artículo firmado en conjunto con instituciones paraguayas.

**Cuadro 6. Publicaciones SCI en biotecnología uruguayas en colaboración en del MERCOSUR, según país (acumulado 2000-2007)**

	CANTIDAD
ARGENTINA	17
BRASIL	18
PARAGUAY	1

#### 4. Indicadores de I+D: Patentes en Biotecnología

La actividad de patentamiento uruguayo en las fuentes internacionales resulta limitada. No se han registrado patentes biotecnológicas otorgadas a titulares uruguayos en la EPO entre 2000 y 2007 y solamente se presentaron cuatro solicitudes para ese mismo período. Por otra parte, en la USPTO hay 41 patentes solicitadas por uruguayos entre 2000 y 2007 y solamente una otorgada. En cuanto a la WIPO, se detectaron 5 patentes publicadas en el período estudiado (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Patentes biotecnológicas de titulares uruguayos en WIPO**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
URUGUAY	0	0	1	0	1	1	1	1
MERCOSUR	2	8	17	11	19	9	17	18
UY/MERCOSUR	0%	0%	6%	0%	5%	11%	6%	6%

También son muy pocas las patentes otorgadas por la Dirección de Propiedad Intelectual entre 2000 y 2007. En ese período se otorgaron solamente cuatro patentes, de las cuales sólo una, en 2002, correspondía a residentes en el país (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Patentes biotecnológicas otorgadas por el DPI a residentes y no residentes**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
RESIDENTES	0	0	1	0	0	0	0	0
NO RESIDENTES	0	2	1	0	0	0	0	0
TOTAL	0	2	2	0	0	0	0	0

Las de no residentes (Cuadro 9), se distribuyen entre Estados Unidos, con dos registros obtenidos, y Suiza, con uno.

**Cuadro 9. Patentes biotecnológicas otorgadas por la DPI a no residentes según país (acumulado 2000-2007)**

EEUU	2
SUIZA	1

## 5. Indicadores sobre Empresas de Biotecnología

La mayor parte de las actividades comerciales vinculadas a la biotecnología en Uruguay se concentran en el área de:

- a) biotecnología vegetal,
- b) mejoramiento genético y sanidad animal,
- c) biotecnología vinculada a salud humana y (iv) biotecnología vinculada a procesos medioambientales.

Dentro del área vegetal hay tres grandes subgrupos: producción de inoculantes para leguminosas, micropropagación vegetal y otras que ofrecen servicios biotecnológicos, como trazabilidad de OGMs por ejemplo. La producción de estas empresas se orienta a productores agropecuarios, ganaderos, lecheros, viveros, forestales, semilleros, frigoríficos, curtiembres, hospitales y mutualistas (Bértola et al. 2005, Bortagaray 2007 ). Dentro de este conjunto de empresas se utilizan diferentes tipos de biotecnologías, con distintos niveles de complejidad.

Recientemente se crearon un par de plataformas que brindan servicios biotecnológicos de diferente naturaleza. Una de ellas es el Polo Tecnológico de Pando que ofrece un laboratorio de Biotecnología en el que se proveen los siguientes servicios<sup>44</sup>:

- ⇒ Detección de contaminantes en alimentos (antibióticos, toxinas, etc);
- ⇒ Detección de gliadina en alimentos y medicamentos;
- ⇒ Purificación de proteínas por cromatografía líquida a escala de laboratorio;
- ⇒ Síntesis de péptidos;
- ⇒ Caracterización de sistemas coloidales por tamaño de partícula y carga eléctrica;
- ⇒ Producción de antígeno de *Toxoplasma gondii*;
- ⇒ Producción de reactivo látex para Toxoplasmosis;
- ⇒ Producción de anticuerpos policlonales y monoclonales;
- ⇒ Producción de conjugados enzimáticos, fluorescentes y de oro coloidal;
- ⇒ Capacitación a personal de empresas en aplicación de técnicas de inmunoensayo y bioquímica de proteínas;
- ⇒ Asesoramiento a empresas enfocado a la resolución de problemas tecnológicos y transferencia de tecnología.

Una segunda plataforma tecnológica en el área de biotecnología (entre otras áreas) se encuentra en Zonamérica<sup>45</sup>, una zona franca ubicada también en Pando, que incluye empresas biotecnológicas por un lado, a la vez que ofrece infraestructura como laboratorios, recursos humanos entrenados, insumos como reactivos, equipos, etc., servicios de diseño de laboratorios, venta de suministros fraccionados, almacenamiento, un laboratorio de biología molecular y consultoría (Zonamerica s/f).

<sup>44</sup> Por más información consultar <http://www.polotecnologico.fq.edu.uy>, Acceso Marzo 2008.

<sup>45</sup> Por más información consultar <http://www.zonamerica.com/web/>, Acceso Marzo 2008.



**Cuadro 10. Principales áreas de acción de empresas biotecnológicas**

	Salud animal	Salud humana	Área vegetal	Medioambiente y bioprocesos
<b>Áreas principales</b>	Vacunas biológicas	Estudios genéticos y genómicos (agentes infecciosos virales y enf.hereditarias, tests de paternidad, etc.)	Micropropagación vegetal (arándanos, frutillas, papa, peras, vino, especies forestales, entre otros)	Uso de microorganismos para control y procesamiento de efluentes
	Servicios de reproducción animal y mejoramiento genético	Kits de diagnóstico (PCR)	Servicios de detección y trazabilidad de OGMs	Producción de biogas a partir de residuos
		Soluciones a medida en biología molecular	Inoculantes de leguminosas	Biofertilizantes
		Transferencia tecnológica		

Basado en información de (INIA-MEC-DINACYT 2001, Bortagaray 2007 , Bértola et al. 2005)

La lista y el número de empresas aquí establecidos no pretenden ser exhaustivos, ni reflejan todas las empresas vinculadas a la biotecnología del país. Varias de las aquí mencionadas participaron de la creación de la Asociación Uruguaya de Empresas de Biotecnología (AUDEBIO) creada a fines de la década de los 80s. Más aún, la estimación del número de empresas es variable, dependiendo de la definición de biotecnología, sean estas estrictamente productoras de biotecnologías o la biotecnología sea un componente fundamental en su proceso de producción. Pittaluga y Vigorito (2005) identificaron 29 empresas oferentes de biotecnología (Pittaluga y Vigorito 2005).

**Cuadro 11. Empresas biotecnológicas en Uruguay<sup>46</sup>**

Nombre	Sector	Breve caracterización	Año de creación y dirección Internet
<b>Biotecnología animal</b>			
Laboratorios Santa Elena	Biotecnología Salud Animal	Empresa con más de 50 años en el rubro de vacunas biológicas para animales. Tuvo un rol protagónica en el combate de la Fiebre Aftosa en Uruguay con una vacuna innovadora desarrollada por la empresa. Muy reconocida en mercado doméstico y de exportación. Ha incursionado también en otros proyectos como uno en la búsqueda de una vacuna para Antrax Humano y vacunas para esturiones	1957 www.santaelena.com.uy
Quiniman Biotecnología Animal	Biotecnología Animal – Reproducción	Producción de embriones bovinos in vitro	2002 www.quiniman.com
<b>Biotecnología Vegetal</b>			
Semillas Santa Rosa – SESAR	Biotecnología plantas – Semillas y Plantas	Empresa dedicada a la investigación, producción y comercialización de portainjertos y plantas frutales (durazno, ciruelo, manzana, pera, almendro, kiwi), olivos, berries y especies forestales	1980 www.sesar.com.uy

<sup>46</sup> Esta tabla se basa en información de las páginas web de las empresas e informes tales como INIA-MEC-DINACYT. 2001. La Biotecnología en Uruguay. Montevideo: INIA, MEC, DINACYT.

Calister	Biotecnología plantas – Producción de Inoculantes	Desarrollo de Inoculantes para Leguminosas	1984 www.calister.com.uy
Enzur	Biotecnología plantas – Producción de Inoculantes	Desarrollo de Inoculantes para Leguminosas	1958 www.enzur.com
Lage y Cia.	Biotecnología plantas – Producción de Inoculantes	Desarrollo de Inoculantes para Leguminosas	1979 www.lageycia.com
Bodegas Carrau	Biotecnología viñedos	Producción de vinos finos de calidad con fuerte base biotecnológica	1976 www.bodegascarrau.com
<b>Biología Ambiental</b>			
Olecar S.A.	Biología – Medio Ambiente	Esta empresa se ha especializado en la gestión de residuos urbanos e industriales. Desde hace un tiempo ha incursionado en un proyecto de procesamiento de bio-digestión de rumen bovino y producción de biofertilizante y biogás. Este proyecto aún está en etapa de escalamiento.	1996 www.olecar.4t.com
<b>Biología Humana</b>			
GENIA Genética molecular	Genética molecular	Este laboratorio comenzó su actividad en el área de Salud Humana pero últimamente ha expandido su órbita hacia proyectos vinculados a genética animal	1993 www.genia.com.uy
ATGen Sistemas moleculares	Genética molecular	Esta es una empresa de diseño, desarrollo, producción y comercialización de tecnologías de Biología Molecular orientada a la Salud Humana	2001 www.atgen.com.uy
Laboratorios Clausen		Especialidades farmacéuticas, incluyendo productos biológicos y biotecnológicos con uso en Oncología, Hematología, Hemoterapia, Inmunología, Transplante y Vacunas.	1995 www.clausen.com.uy
Laboratorios Celsius S.A.	Farmacéutica	Especialidades médicas (farmacéuticas y cosméticas) y estudios de biodisponibilidad y bioequivalencia. En 2007 adquiere la empresa ATGen	1936 www.celsius.com.uy
ExoGen S.R.L. Soluciones moleculares	Genética molecular	Proveen servicios biotecnológicos a empresas agropecuarias y de la industria alimenticia	2005 www.exogen.com.uy

## **6. Indicadores sobre Empleo y Empresas en el área de Biotecnología**

Según un estudio del año 2001 los laboratorios públicos y empresas de biotecnología empleaban 137 doctores, 202 posgraduados y 433 graduados. El problema es que no sólo esta información ya tiene muchos años sino que incluye un conjunto muy variado de organizaciones, desde laboratorios de la Universidad de la República, del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable hasta otros laboratorios públicos de Ministerios, etc., además de algunas empresas (INIA-MEC-DINACYT 2001).

## **7. Indicadores de OGM liberados para plantación y Comercialización**

En Uruguay hay tres eventos aprobados legalmente: Maíz Bt11 (autorizado en 2004) y MON810 (autorizado en 2003) y Soja Evento GTS 40-3-2 (autorizada en 1996). Desde el año 2007 se estableció una moratoria para nuevos eventos.

## **8. Indicadores de ensayos de campo con OGM**

En 2005 la CERV autorizó el ensayo en forma contenida del evento Trébol Blanco Evento ipt:atmyb3211. Este evento está siendo evaluado en Uruguay (INIA-La Estanzuela) y en Argentina (Universidad de Buenos Aires). Se estima que el ensayo insuma 2 años y luego será destruido; éste constituye el único caso de autorización de un evento vegetal para la investigación (DINAMA 2007).

## **9. Indicadores de área plantada con OGM**

Según un informe de ISAAA, en el año 2007 Uruguay tuvo un área plantada con maíz y soja OGM de 0,5 millones de hectáreas, ocupando el noveno lugar entre los países que cultivan con OGM (James 2007). Esta superficie representó un aumento del 25% con respecto a la superficie plantada con OGM en 2006.

En el año 2005 el área plantada de soja resistente a herbicidas alcanzó 300,000 hectáreas, mientras que en ese mismo año, el área plantada de Maíz BT llegaba a 1/3 de las 90,000 hectáreas plantadas de maíz en Uruguay (James 2005).

**Cuadro 12. Superficie cultivada con OGM, principales países y cultivos**

País	2006	% en relación al total	2007	% en relación al total	Tasa de crecimiento (%)	Cultivos OGM
USA	54,6	53,6	57,7	50,5	5,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo, papaya, alfalfa
Argentina	18,0	17,7	19,1	16,7	6,1	Soja, maíz, algodón
Brasil	11,5	11,3	15,0	13,1	30,4	Soja, algodón
Canadá	6,1	6,0	7,0	6,1	14,8	Canola, soja, maíz,
India	3,8	3,7	6,2	5,4	63,2	Algodón
China	3,5	3,4	3,8	3,3	8,6	Algodón
Paraguay	2,0	2,0	2,6	2,3	30,0	Soja
Sudáfrica	1,4	1,4	1,8	1,6	28,6	Soja, maíz, algodón
<b>Uruguay</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>25,0</b>	<b>Soja, maíz</b>
Filipinas	0,2	0,2	0,3	0,3	50,0	Maíz
Australia	0,2	0,2	0,1	0,1	-50,0	Algodón
España	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Soja
México	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	Algodón, soja
<b>Total</b>	<b>101,9</b>		<b>114,3</b>		<b>12,2</b>	

Fuente: ISAA

## 10. Indicadores de fuentes y valor de financiamientos públicos y privados para la biotecnología

Los datos sobre financiamiento en biotecnología son escasos y su interpretación es compleja. El Informe sobre Desarrollo Humano en Uruguay establece que en el período 2000-2002 las exportaciones directas de las empresas oferentes de biotecnología suman cerca de US\$ 5 millones a la vez que las que demandan biotecnología lo hacen por un volumen que ronda los US\$ 350 millones (Pittaluga y Vigorito 2005). Otro estudio sin embargo estima que del total de ventas de las empresas oferentes de biotecnología (cerca de US\$ 30 millones), 2/3 provienen de la comercialización local de productos y servicios y el resto de la comercialización de productos y servicios en el mercado internacional (Capdevielle, Chabalgoity y Silveira 2008).

Según Bértola et al. (2005), un parte importante de la financiación pública se vincula a fondos provenientes de préstamos de organismos como BID y Banco Mundial, los cuales en los años 1990 jugaron un rol fundamental para la modernización de laboratorios y equipamiento. Los fondos competitivos de organizaciones nacionales como CSIC (Comisión Sectorial de Investigación Científica, Universidad de la República) han permitido mantener y fortalecer progresivamente las capacidades de investigación en esta área (y en otras), así como los de CONICYT e INIA y en el área de la Salud también lo ha hecho la Comisión Honoraria de Lucha contra el Cáncer. Más específicamente, según el mismo informe, la financiación ha incluido (pp.A23-A24):

- ⇒ *CONICYT*: en 1999, CONICYT financió un total de 172 proyectos de investigación científica ejecutados por más de US\$ 13 millones, de los cuales US\$ 10 millones fueron para las áreas tecnológicas y aprox. US\$ 2 millones para biotecnología (16 % del total);
- ⇒ *CSIC*: en 2000 CSIC asignó más de US\$ 2.5 millones para 170 proyectos de investigación. De ellos aproximadamente, 30 pertenecían al área tecnológica (Biotecnología constituye un componente muy relevante en esta área);
- ⇒ *FPTA*: es un fondo de promoción de tecnología agropecuario que reúne el 10 % de los recursos del INIA para financiar proyectos de investigación en conjunto con otras organizaciones nacionales o internacionales. No es posible establecer la parte que le corresponde al apoyo de agrobiotecnologías;
- ⇒ *JICA*: la cooperación Japonesa ha constituido otra fuente de apoyo para el desarrollo de la biotecnología agropecuaria en Uruguay. Ésta ha permitido por ejemplo la modernización de la actual Unidad de Biotecnología del INIA y el desarrollo de proyectos biotecnológicos en las áreas de frutales, forestales y cítricos. Además ha apoyado proyectos en biotecnología animal con el Instituto Rubino (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca) y la Facultad de Veterinaria de la Universidad de la República. En el área de biotecnología humana, ha apoyado proyectos con el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) y Facultad de Medicina;
- ⇒ *FAO*: Ha contribuido con equipamiento y formación de recursos humanos vinculados a proyectos vinculados a temas de biotecnología en diagnóstico de plagas y la obtención de materiales de propagación libre de patógenos;
- ⇒ *SAREC*: La cooperación Sueca ha jugado un papel muy importante en el apoyo al desarrollo de biotecnología en el IIBCE;
- ⇒ *Unión Europea*: a través de sus fondos INCO ha habido colaboración entre laboratorios Europeos y de América Latina en agrobiotecnologías (creación de capacidades en ingeniería genética, utilización de marcadores moleculares y biotecnologías de diagnóstico para patógenos vegetales);
- ⇒ *FONTAGRO* (Fondo para Tecnología Agropecuaria): este fondo con financiamiento BID, ha apoyado proyectos regionales orientados al mejoramiento de calidad de los cultivos, basada en selección asistida con marcadores;
- ⇒ *PROCISUR*: también ha facilitado la presentación de proyectos ante organismos de financiamiento.

Otros organismos internacionales, han sido de relevancia en formación de recursos humanos en biotecnología, como por ejemplo el Centro Internacional de la Papa (CIP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el Centro de Agricultura Tropical (CIAT), la OEA, la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA), el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) y el Centro Argentino Brasileiro de Biotecnología (CABBIO) (Bértola et al. 2005) (pp. A23-A24).

## 11. Centros de Excelencia

La identificación de centros de excelencia en Uruguay no es tarea obvia. Si el criterio fuera estrictamente el número de publicaciones se identifican individuos en departamentos de las facultades antes mencionadas de la Universidad de la República (UdelaR), el Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y el recientemente creado Instituto Pasteur (2006).

A modo de ejemplo en la siguiente tabla se presenta los resultados de una búsqueda en *Science Citation Index* por categoría temática y dirección (Uruguay) que ilustra la presencia de estas facultades e institutos en un conjunto de publicaciones, aunque es preciso aclarar que estos resultados son no sólo extremadamente parciales sino aun más muy sesgados para países como Uruguay<sup>47</sup>:

**Cuadro 13. Actores uruguayos presentes en fuentes de producción científica partir de resultados del *Science Citation Index***

Categorías temáticas <sup>48</sup>	Organización
"Plant science"	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE (2)
	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-INIA (1)
	Facultad de Agronomía, UdelaR (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (1)
	Facultad de Ingeniería, UdelaR (1)
	Facultad de Medicina, UdelaR (1)
	Facultad de Química, UdelaR (2)
	Registro Nacional de Cáncer (1)
	En colaboración
	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE + Facultad de Ciencias, UdelaR (1)
	Instituto Nacional de Oncología + Facultad de Medicina, UdelaR + Registro Nacional de Cáncer (1)
Instituto Nacional de Oncología + Registro Nacional de Cáncer (1)	
"Biochemical Research Methods"	—
"Biochemistry"	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE (2)
	Facultad de Agronomía, UdelaR (2)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (2)
	Facultad de Medicina, UdelaR (7)
	Facultad de Química, UdelaR (3)
	En colaboración
	Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Medicina, UdelaR (1)
Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR (1)	

<sup>47</sup> Es importante notar que estos resultados son sesgados (por Idioma de publicación y porque representan una parte de las publicaciones, aquellas correspondientes a mainstream science, dejando fuera un universo importante de publicaciones donde publican los científicos Uruguayos) y márgenes de error dado que la búsqueda por categoría temática podría dejar afuera artículos relacionados así como puede incluir otros que realmente no lo están tanto. Estos resultados se presentan a modo de ilustración y no hubo un proceso de control de calidad en función de la pertinencia dentro de estas categorías, así como tampoco hubo otras búsquedas para identificar artículos que puedan haber quedado fuera. Cuatro referencias fueron descartadas porque no quedaba claro cuál era la organización a la cual se afilia la publicación. La búsqueda fue realizada en Julio de 2008.

<sup>48</sup> Estas categorías temáticas surgen a partir del documento REDES. 2007. Biotecnología en el Mercosur: Delimitación del Campo de Análisis. Buenos Aires: Centro REDES.

"Molecular Biology"	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE (1)
	Institut Pasteur de Montevideo (1)
	Facultad de Agronomía, UdelaR (2)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (4)
	Facultad de Medicina, UdelaR (2)
	Facultad de Química, UdelaR (2)
	En colaboración
	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE + Facultad de Ciencias, UdelaR (1)
	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE + Hospital de Clínicas, Facultad de Medicina, UdelaR (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR (3)
	Facultad de Medicina, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR (1)
Facultad de Medicina + CASMU (Mutualista de Salud) (1)	
"Biophysics"	--
"Biotechnology and Applied Microbiology"	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-INIA (1)
	Facultad de Química, UdelaR (1)
"Microbiology"	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (1)
	Facultad de Medicina, UdelaR (1)
	Ministerio de Salud Pública (1)
	En colaboración
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-INIA + Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca	
"Cell Biology"	IIBCE (1)
	Institut Pasteur Montevideo (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (3)
	Facultad de Medicina, UdelaR (2)
	En colaboración
	Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Medicina, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR (1)
Facultad de Ciencias, UdelaR + Facultad de Ingeniería, UdelaR (1)	
"Genetics and Heredity"	Facultad de Agronomía, UdelaR (1)
	Facultad de Ciencias, UdelaR (7)
	Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UdelaR (1)
	Facultad de Medicina, UdelaR (7)
	Facultad de Química, UdelaR (2)
	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE (2)
	Dirección Nacional de Policía Técnica (3)
	Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria-INIA (2)
	Hospital Italiano (2)
	Ministerio de Salud Pública (1)
	En colaboración
	Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UdelaR + Facultad de Medicina, UdelaR + Facultad de Química, UdelaR + Dirección Nacional de Policía Técnica (1)
	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable + Facultad de Ciencias, UdelaR (1)
Facultad de Ciencias, UdelaR (6)	
"Developmental Biology"	Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (1)

La Universidad de la República concentra más del 60% de las capacidades de investigación del país. Las facultades con investigación vinculada a la biotecnología son Agronomía, Ciencias, Ingeniería, Medicina, Química y Veterinaria. En éstas los investigadores cumplen además de la función de investigación académica, la de

docencia y extensión. Es difícil identificar centros de excelencia en este contexto porque los laboratorios no son estructuras con límites claros y a su vez la función de docencia y la de investigación se superponen en ciertos casos. Sí es posible identificar grupos en cada Facultad que son referentes en la investigación biotecnológica.

En Facultad de Agronomía cabe mencionar al Departamento de Biología Vegetal (Laboratorio de Bioquímica y Genética Molecular) y el Laboratorio de Biotecnología. En Ciencias se encuentra el Instituto de Biología<sup>49</sup>, y dentro de éste el Departamento de Biología Celular y Molecular. Este departamento cuenta con un profesor titular, dos profesores adjuntos y siete asistentes. También ofrecen cursos de postgrado como Maestría y Doctorado en Biología Celular y Molecular. La sección Bioquímica tiene un profesor titular, un agregado, tres adjuntos, cuatro asistentes y 4 ayudantes. Tiene además un Docente libre de la Universidad de París XI. La sección Virología constituye otro de los grupos referentes en temas de biotecnología. Otra unidad dentro de esta Facultad es el Centro de Investigaciones Nucleares. Este Centro incluye dentro de sus áreas temáticas; Bioquímica Analítica, Microbiología de Suelos, Química, Radiofarmacia, Virología, Bioética y Nanotecnología. La Facultad de Ciencias de la Universidad tiene vínculos estrechos de investigación con actores externos a través de unidades asociadas como es el caso del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable-IIBCE y con el Institut Pasteur de Montevideo (del cual la Universidad de la República es parte) comparte investigadores.

En Facultad de Ingeniería los referentes se concentran en el Instituto de Ingeniería Química. Dentro de éste está el Departamento de Bioingeniería<sup>50</sup> orientado al diseño, operación y desarrollo de procesos de obtención de productos o servicios que requieren el uso de agentes biológicos como enzimas y células. El Departamento de Ingeniería de Reactores<sup>51</sup> cuenta con 11 investigadores, ha desarrollado proyectos tanto de investigación básica como aplicados por ejemplo en el tratamiento de residuos. Tiene en su haber una lista de publicaciones científicas en revistas con referato.

En Medicina algunos de éstos son el Departamento de Desarrollo Biotecnológico, el Departamento de Genética, el Hospital de Clínicas (Hospital Universitario) y el Instituto de Higiene.

En Química<sup>52</sup> están el Departamento de Biociencias (Laboratorio de Microbiología) y el Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (Enología). Este último ejecutó entre 2006-2007 17 proyectos y tuvo 21 publicaciones, además de participar en proyectos conjuntos con empresas industriales nacionales e internacionales y mantener estrechos vínculos con Centros de Investigación extranjeros (España, Francia, Argentina y Brasil). El Departamento de Biociencias por su parte desarrolló 16 proyectos para el mismo período y 25 publicaciones, convenios con industria privada (por ejemplo realizó el control microbiológico del agua potable de todo el país) y se relaciona con investigadores extranjeros (Suecia, Estados Unidos, Francia).

---

<sup>49</sup> Por más información consultar [www.fcien.edu.uy](http://www.fcien.edu.uy)

<sup>50</sup> Por más información consultar [www.fing.edu.uy/iq/bio/infodep.htm](http://www.fing.edu.uy/iq/bio/infodep.htm)

<sup>51</sup> Por más información consultar [www.fing.edu.uy/iq/reactores/index.html](http://www.fing.edu.uy/iq/reactores/index.html)

<sup>52</sup> Fuente consultada: Facultad De Química. 2007. Memoria Anual 2006-2007. Montevideo: Universidad de la República. disponible en [www.fq.edu.uy](http://www.fq.edu.uy)



En Veterinaria, se localizan el Departamento de Biología Celular y Molecular y el de Genética y Mejoramiento Animal. Este último cuenta con un profesor titular, dos profesores adjuntos, tres asistentes y dos ayudantes y ofrece un curso de postgrado en Citogenética y Evolución y otro en Aplicación de la Genética Molecular en Producción, Conservación, Sanidad y Reproducción Animal.

La Facultad de Ciencias coordina la Maestría en Biotecnología con docentes de la propia Facultad y docentes de departamentos y laboratorios del resto de las Facultades, mencionados en esta sección.

El Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) involucra varios departamentos vinculados a este tema. Uno de ellas es Bioquímica, otro es Biología Molecular, Microbiología, Citogenética. El Departamento de Biología Molecular involucra a siete investigadores. El de Microbiología cuenta con cinco investigadores, varios proyectos y publicaciones en revistas referenciadas.

El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) es un referente de relevancia en la Biotecnología Vegetal en el país. Esta se desarrolla en la Unidad de Biotecnología en la sede Las Brujas del INIA, la cual está al servicio de las áreas de investigación de INIA, entre ellas Cultivos, Producción Animal, Forestal y Horti-Fruticultura.

El Institut Pasteur de Montevideo es resultado de un esfuerzo conjunto entre el Gobierno Nacional, la Universidad de la República y el Institut Pasteur de París y se orienta al desarrollo de investigación biomédica. Como se mencionó antes sus unidades tecnológicas incluyen: Animales Transgénicos y de Experimentación, Biofísica de Proteínas, Bioinformática, Biología Celular, Biología Molecular, Bioquímica y Proteómica Analíticas, Cristalografía de Proteínas y Producción de Proteínas. Estas unidades están concebidas como plataformas para el desarrollo de investigación multidisciplinaria vinculada a la medicina molecular y post-genómica.

## Referencias

Bértola, L., C. Bianchi, P. Darscht, A. Davyt, L. Pittaluga, N. Reig, C. Román, M. Snoeck & H. Willebald. 2005. Ciencia, Tecnología e Innovación en Uruguay: Diagnóstico, Prospectiva y Políticas [Science, Technology and Innovation in Uruguay: Diagnosis, Prospective and Policies]. In *Documentos de Trabajo del Rectorado*. Montevideo: Udelar.

Bortagaray, I. 2007 The building of agro-biotechnological capabilities in small countries: The cases of Costa Rica, New Zealand and Uruguay. In *Public Policy*. Atlanta: Georgia Institute of Technology.

DINACYT. 2006. Centro para Cursos avanzados en Bioinformática. In *Boletín*. DINACYT.

DINAMA. 2007. Propuesta de Marco Nacional de Bioseguridad para Uruguay: Informe Final

Proyecto DINAMA-PNUMA-FMAM URU-04-009 Montevideo: DINAMA.

Facultad De Química. 2007. Memoria Anual 2006-2007. Montevideo: Universidad de la República.

INIA-MEC-DINACYT. 2001. La Biotecnología en Uruguay [Biotechnology in Uruguay]. Montevideo: INIA, MEC, DINACYT.

James, C. 2005. Brief 34: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005. In *ISAAA Briefs*. Ithaca, NY: ISAAA.

---. 2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops 2007. In *ISAAA Brief 37-2007: Executive Summary*. ISAAA.

Pittaluga, L. & A. Vigorito. 2005. Desarrollo Humano en Uruguay: Hacia una estrategia de desarrollo basada en el conocimiento [Human Development in Uruguay: Towards a development strategy based on knowledge] Montevideo UNDP Uruguay.

REDES. 2007. Biotecnología en el Mercosur: Delimitación del Campo de Análisis. Buenos Aires: Centro REDES.

Udelar. 2007. Memoria de la Universidad de la República 2006-2007. Montevideo: Universidad de la República.

Uruguay Biotech. s/f. Laboratorios de Biotecnología. Montevideo: Uruguay Biotech.  
Zonamerica. s/f. Biotecnología. Pando.