



Economía: Teoría y práctica

ISSN: 0188-8250

etyp@xanum.uam.mx

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad

Iztapalapa

México

Gutman, Graciela E.; Lavarello, Pablo  
Biotecnología y desarrollo. Avances de la agrobiotecnología en Argentina y Brasil  
Economía: Teoría y práctica, núm. 27, julio-diciembre, 2007, pp. 9-39  
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281122878001>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# **Avance**

## **RESUMEN**

Las producciones agro-alimentarias modernas biotecnológicas en recursos naturales privilegiado por las empresas que utilizan estas tecnologías en Brasil, el artículo analiza los desafíos que se presentan en el desarrollo sostenible. El artículo es de tipo científico y tecnológico.

**Número de palabras:** 1000  
**Palabras clave:** Agroalimentario, biotecnología, desarrollo sostenible.

## **ABSTRACT**

Agro-food production biotechnology companies, some developed in Brazil, favoring the use of these technologies in Brazil, the article analyzes the challenges that arise in the sustainable development. The article is of scientific and technological type.

**Number of words:** 1000  
**Key words:** Agroalimentario, biotecnología, desarrollo sostenible.

---

\* Profesor del CEUR-CONICET [gutman.graciela@ciudad.unlp.edu.ar]

\*\* Profesor [plavarel@ciudad.unlp.edu.ar]

## INTRODUCCIÓN

Los países de América Latina<sup>1</sup> se han caracterizado históricamente por tener una especialización productiva basada en sus recursos naturales. Durante el periodo de industrialización por sustitución de importaciones, los países de mayor tamaño relativo de la región —Brasil, Argentina— avanzaron hacia estructuras industriales más diversificadas. Sin embargo, las políticas de liberalización y desregulación puestas en marcha desde los años setenta condicionaron estos procesos de cambio estructural, y se consolidó un perfil de especialización basado en las ventajas comparativas.

Este perfil se vio acentuado desde los años noventa, impulsado por la dinámica de los mercados mundiales (aumentos en los precios internacionales impulsados por la demanda de países emergentes, notablemente China y los países del este asiático, y por el crecimiento de la demanda de biocombustibles) y los crecientes aumentos en la producción y la productividad en algunos complejos agroalimentarios, en particular los basados en soya y cereales. Estas dinámicas productivas son el resultado de importantes procesos de reestructuración tecnoproyectiva y de innovaciones organizacionales e institucionales mayores.

La difusión de la moderna biotecnología (MB) ha tenido un papel clave como vector de transformación de los sistemas agroalimentarios. De manera convergente con otras tecnologías de punta como la bioinformática y, potencialmente, la nanotecnología, la MB conforma lo que varios autores consideran un nuevo paradigma tecnológico.<sup>2</sup>

El nuevo escenario tecnológico y productivo crea fuertes expectativas en países con producciones basadas en recursos naturales y plantea importantes interrogantes en relación con las potencialidades de la MB para promover el desarrollo y la diversificación productiva: ¿puede esperarse en los países analizados que la difusión del nuevo paradigma biotecnológico posibilite un proceso de cambio estructural que, partiendo de los patrones de especialización previa, se apoye en el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas? ¿Cuáles son los desafíos que enfrentan estos países para transformar las oportunidades biotecnológicas en esfuerzos efectivos?

---

<sup>1</sup> En este documento se habla indistintamente de América Latina y de la región.

<sup>2</sup> Se entiende por paradigma tecnológico, desde una perspectiva micoeconómica, un modo de solución de problemas tecnoeconómicos basado en un conjunto de conocimientos científicos y heurísticas seleccionados, contando con reglas orientadas a adquirir nuevos conocimientos e impedir su imitación por los competidores (Dosi, 1988).

Si s  
la moderna  
gunas respu  
te de Argen  
contrastánd

La l  
oportunida  
no necesaria  
como adapt  
de estrategi  
especializaci  
gicas. Estas  
agentes arti  
grado de de  
públicas en

Los  
rencias fren  
desarrollo d  
novación te

El a  
e instituci  
impacts an  
ciedad de e  
ellos de im  
escapan a lo  
y para el ca  
bases del nu  
resultante y  
En la secc  
logía en las  
artículo, co

---

<sup>3</sup> El análisis  
se apoya en re  
de Investigaci  
Nacional de Q  
apoyo de la Ag  
Investigacione  
Productiva de  
recientes sobr

la brecha tecnológica presente en estos países, a partir de un conjunto relevante de indicadores. Finalmente, en las conclusiones se tratan las oportunidades que ofrece la moderna biotecnología en las producciones agroalimentarias y se presentan los desafíos que enfrentan países como Argentina y Brasil para alcanzar un desarrollo tecnológico e innovativo sostenible.

## I. LAS NUEVAS TRAYECTORIAS BIOTECNOLÓGICAS

La moderna biotecnología, desarrollada a partir de mediados de los años setenta con el secuenciamiento del ADN, se caracteriza por un conjunto de características que se expresan en la configuración de los sistemas sectoriales de innovación (Ducos y Joly, 1988; Christensen, 2003; Arundel *et al.*, 2006; Díaz y Golombek, 2004; Gutman *et al.*, 2006 a), *i*) muestra una creciente interpenetración entre ciencia básica y tecnología, que dificulta la separación entre la investigación y el desarrollo, y requiere de nuevas formas de coordinación para la generación del conocimiento de base; *ii*) abarca un amplio conjunto de tecnologías (basadas en el ADN recombinante, en la bioquímica o inmunoquímica y en el bioprocесamiento), lo que resulta en una base científica y tecnológica de naturaleza *multidisciplinaria* recombinatoria e integradora (que incluye una amplia variedad de disciplinas como la biología molecular, la química, la ingeniería bioquímica, la microbiología), con convergencia y sinergia con otras tecnologías de punta (informática, nanotecnología, tecnología de los materiales); *iii*) se trata de una *tecnología genérica, transversal*, que abarca una amplia gama de sectores productivos y de servicios; *iv*) tiene diversos grados de *complementariedad y ruptura* con tecnologías existentes en los sectores de aplicación, de allí la gran importancia que adquieren los activos complementarios; *v*) genera impactos económicos sistémicos a partir de las articulaciones entre proveedores, usuarios, prestadores de servicios, proveedores de bienes insumos especializados, industrias de envases y logística; *vi*) potencia las estrategias competitivas de las empresas usuarias mediante el desarrollo de productos de mayor valor, calidad y seguridad, de la disminución de los tiempos y costos de investigación y desarrollo (ID), y de los costos de producción y de transacción, convirtiéndose en fuente de ganancias diferenciales o rentas extraordinarias.

Estas tecnologías pueden cumplir distintos papeles en el proceso productivo: constituir la *tecnología central* (como los cultivos genéticamente modificados), asumir una *función clave* (como el uso de enzimas en los procesos de fermentación), o bien constituirse en una *tecnología de soporte* (como es el caso del uso de marcadores moleculares para controlar el crecimiento de plantas) (EC, 2007).

Las rango de se los de may las produc tante, pues (Von Bevze

### 1. Oportunidades sistemáticas

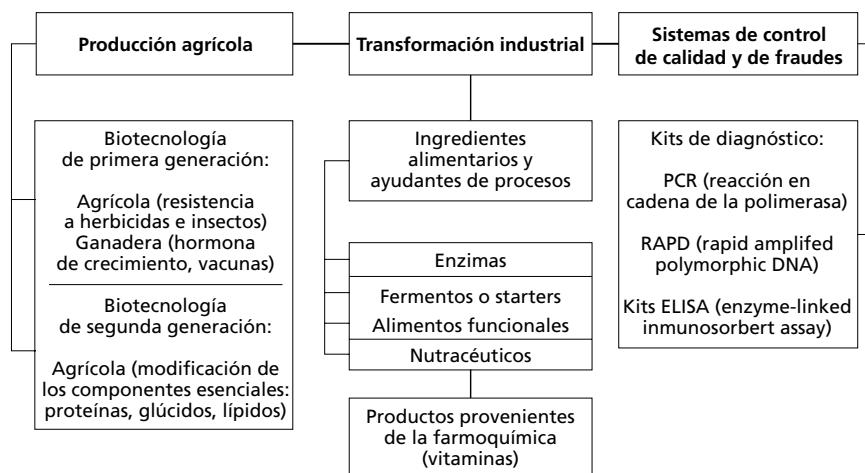
En la década para la aplic (SAA); sin e amplitud es los años och que abren la de nuevas c

En l y disminuirto; *iii*) pro triales poste de calidad y distribuir ri Cajal, 2006 posibilidad hasta el mo tica con la c modificadas semillas co la produccio nes, a la id sibilidades d segunda ge posterior) o

<sup>4</sup> Hacia fin Unidos era la ciento en agro mente, 51, 35,

reciente, tienen amplio potencial en el futuro inmediato. Los usos de la MB en las industrias de la alimentación (enzimas recombinantes para los procesos de fermentación, nuevos alimentos funcionales, prebióticos y probióticos, y la aplicación de la MB para el control de calidad y seguridad de los alimentos) se encuentran en franca expansión.

**GRÁFICA 1. Biotecnología en los sistemas agroalimentarios**



Fuente: Gutman, Lavarello y Cajal (2006 b).

Los avances de la moderna biotecnología en los sistemas agroalimentarios se han sustentado en gran medida –en particular en lo que se refiere a la generación de los conocimientos científicos de base– en innovaciones previas alcanzadas en las industrias químicas y de las farmacobiotecnologías (Ducos y Joly, 1988). Ello explica que, si bien las empresas especializadas en biotecnología agrícola tuvieron un papel relevante en el desarrollo de genes con resistencia a herbicidas, buena parte de las empresas centrales en la difusión de la agrobiotecnología consiste en grupos diversificados provenientes de la química, como es el caso de las empresas transnacionales (ETN) Dow Agrochemical, Du Pont, Syngenta, Monsanto y Bayer Crop Science. Estos grupos llevaron adelante una estrategia que combinó el desarrollo de capacidades propias y la conformación de alianzas con empresas especializadas en agrobiotecnología que luego absorbieron en la siguiente fase de difusión de la MB (Fransman, 1994). En una segun-

da etapa, co  
las grandes

## 2. Modelos

Los diverso  
trayectorias  
mismas, as  
presas exis  
zacionales s  
des de finan  
de los derec  
las empresa  
países y sec  
Pisano, 200

- i) c
- i)
- ii) u
- e
- i
- 1
- f
- c
- r
- e
- iii) r
- r
- I
- r
- r
- z
- iv) g
- c
- P
- c

La a  
asociada a u  
lectual” que

biotecnológicas, principalmente en el sector de salud humana y en las agrobiotecnologías en Estados Unidos, y en el surgimiento de las EEB (Pisano, 2006; Orsi y Coriat, 2003). Este proceso fue impulsado por dos cambios reglamentarios: por un lado, la extensión del campo de los objetos patentables (patentes de organismos vivos),<sup>5</sup> y la ampliación de los agentes susceptibles de patentar sus invenciones<sup>6</sup> y, por el otro, la posibilidad abierta a nuevas empresas para cotizar en el mercado de capitales a pesar de no registrar resultados económicos positivos.

El carácter genérico y transversal de la MB posibilitó, en un primer momento, estrategias de diversificación por parte de las grandes empresas establecidas, que valorizaron sus ventajas tecnológicas en varias áreas de aplicación: fármacos, alimentos, semillas genéticamente modificadas. De allí surgieron las llamadas industrias de las “ciencias de la vida”, que incorporaron rápidamente las modernas biotecnologías para su aplicación en una extensa gama de productos, con potencial para disputar las capacidades de diferenciación de productos finales.

En el marco de este proceso de diferenciación de capitales se va consolidando un sector de biotecnología agrícola conformado por empresas de distinto tamaño y base tecnológica: grandes empresas de agroquímicos y productos farmacéuticos, empresas semilleras y empresas especializadas en biotecnología, en una dinámica basada en estrategias de “apropiación” de las etapas y actividades de la producción agropecuaria por el capital industrial.<sup>7</sup>

Si bien inicialmente los desarrollos de la agrobiotecnología reproducen la dinámica industrial registrada en la farmabiotecnología, en la cual coexisten grandes empresas y pequeñas firmas especializadas en el marco de mercados de conocimiento, su evolución posterior mostrará una tendencia hacia la concentración asociada, por un lado, al reforzamiento de las barreras que se oponen a la entrada “aguas arriba”, impulsado por la posibilidad de patentamiento de los genes y el consecuente control de las variedades de los principales cultivos; y por el otro, a las estrategias de alianzas y fusiones, por parte de las empresas de agroquímicos que les permitirán valorar su ID a partir de la integración “aguas abajo” de activos complementarios y redes comerciales.

<sup>5</sup> A partir del caso *Diamond vs. Chakrabarty*, la Suprema Corte de Justicia de Estados Unidos permitió la protección mediante patentes de tejidos vivos. Este caso luego fue extendido a la posibilidad de patentar material genético (Oehmke y Wolf, 2003).

<sup>6</sup> En Estados Unidos, la Bayh Dole Act de 1980 permitió a instituciones públicas de C y T patentar sus investigaciones.

<sup>7</sup> “La apropiación” de etapas y procesos de la producción agropecuaria y “sustitución” de productos agrícolas por otros provenientes de la industria son conceptos desarrollados en Goodman *et al.*, 1987, para analizar la dinámica de industrialización de la agricultura.

Los  
mo importa  
en materia  
efecto, la in  
gias de pate  
gencias reg  
que apuntan  
podrían sur  
cias se tradu  
llas, que se  
tecnología y  
diversos as  
desde sus in

El r  
las mayores  
fuerzan las  
que pueden  
más fuerte  
centran en u  
empresas q  
gía a escala

A p  
que permi  
res para ree  
generación  
obsoletos a  
no de las pa  
glifosato—.  
genera nuev

<sup>8</sup> Más allá  
varias etapas,  
mentación y p  
se evalúan los  
y los posibles c  
ga el monitoreo  
previas. Adem  
y otras organiz  
transformados  
nanza de las ca

<sup>9</sup> Innovar e

amplio volumen de ventas y por lo tanto sujeto a importantes efectos “candado” (*lock in*) (Oehmke y Wolf, 2003). En cambio, en las biotecnologías de segunda generación orientadas a modificar componentes esenciales de las materias primas para su posterior uso industrial (*output traits*, véase más adelante la gráfica 2), las oportunidades de nuevos desarrollos son mayores. Los mismos tienen importantes efectos en las estrategias de diferenciación de productores industriales, aunque están condicionados a una mayor coordinación entre distintos actores aguas abajo en la cadena de valor.

De allí que las posibilidades de desarrollos de genes patentables por nuevas empresas se dirijan en gran medida hacia las biotecnologías de segunda generación. En un contexto de condiciones fuertes de apropiabilidad, un reducido número de genes –independientemente del número de empresas existentes– conduce a un exceso de concentración y limita las oportunidades de entrada de nuevas empresas. En los últimos años, las empresas han reforzado las barreras a la entrada con estrategias de “apilamiento” de genes a partir de desarrollos anteriores (por ejemplo, maíz resistente tanto a herbicidas como a insectos). Estas innovaciones seguramente se basarán en la(s) patente(s) de los titulares previos (ASA, 2008). De esta forma, la dinámica schumpeteriana, según la cual cada nueva oleada de productos hace obsoleta y reemplaza a la previa, no tiende a verificarse.

Dentro de este sendero, en los últimos veinte años emerge un sector proveedor de insumos agrícolas en el marco de importantes procesos de concentración y centralización empresarial. Pueden distinguirse dos etapas en las estrategias de las empresas de biotecnología agrícola (Chataway *et al.*, 2003):

- 1) Entre mediados de los ochenta y mediados de los noventa, una etapa de exploración y de inversiones en ID a partir de la conformación de alianzas estratégicas entre empresas agroquímicas y empresas especializadas en biotecnología, a las que se sumaron las grandes empresas transnacionales de farmoquímica para el desarrollo de semillas transgénicas resistentes a herbicidas y enfermedades; algunos ejemplos de esta estrategia son: las alianzas entre Monsanto y Millenium Pharmaceutical; la alianza y posterior adquisición de Calgene también por parte de Monsanto, y la alianza y posterior adquisición de Plant Genetic System por parte de AgrEvo (Aventis).
  - 2) Desde mediados de los noventa, una etapa de consolidación y absorción de activos complementarios, concentrada en la búsqueda de com

toxinas Bt existentes, sólo se liberaron para comercializar seis, que se encuentran bajo patente de Monsanto (4), Dow (1) y Aventis (1) (Oehmke y Wolf, 2003).

H  
e  
c  
o  
I  
s

Las  
venta— est  
ganizaciona  
Estas últim  
del agroneg  
las estructur  
semillas de  
2003; Ward

Está eficiente de más altos de tecnológicas economías de base química, sificación y nes de agroindustrias químicas, sino que existen industrias alimentarias, farmacéuticas, fluyendo en

De acuerdo con el informe, las 100 empresas más grandes en biotecnología representan el 70% del total de las ventas mundiales de la industria.

<sup>10</sup> El caso biotecnología en 2000, mientras las empresas fueron químicos. Adicionalmente, el acceso al polímero King, 2004).

Ambos segmentos se transforman en nuevos centros coordinadores de redes de alianzas y adquisiciones de empresas especializadas en biotecnología.<sup>11</sup>

**CUADRO 1. Principales ETN en los SAA, año 2006**

Industria	Nombre (y origen tecnológico)	Ventas (millones de dólares)	Inversión ID por ciento (ventas) (1)	Inversión activo fijo por ciento (ventas) (2)	Activos fijos/ ID (2/1)*
Agroquímicos/ semillas	Syngenta (farmacéutica)	8,582	10.1	2.2	0.2
	Bayer (química)	2,356	6.9	4.7	0.7
	Du Pont (química)	1,415	5	5	1.0
	BASF (química)	1,357	2.5	5.2	2.1
	Dow Chemical (química)	1,136	2.3	3.5	1.5
	Monsanto (química)	6,665	9.3	4.5	0.5
Ingredientes alimentarios	Novozymes (farmacéutica)	1,053	12.6	5.7	0.5
	Chr_Hansen (alimentaria)	735	10.1	8.1	0.8
	Danisco (alimentaria)	3,502	4.5	5.2	1.2
	DSM (química)	10,238	3.5	4.7	1.3
	Ajinomoto (alimentaria)	9,627	2.7	4.9	1.8

\* Indicador proxy de la importancia de los activos físicos en relación con ID biotecnológicos.  
Fuente: Elaboración propia a partir de Gutman y Lavarello (2008).

Al mismo tiempo, buena parte del “paquete tecnológico” queda en manos de las mismas grandes empresas.<sup>12</sup> Syngenta, Bayer, Du Pont y Monsanto, cuatro de las mayores empresas del sector, integran la producción de semillas y agroquímicos; las dos primeras con una participación de las semillas en las ventas conjuntas de estos insumos de menos de 20 por ciento, y las dos últimas con alrededor de la mitad o más de las ventas agrobiotecnológicas concentradas en semillas.

<sup>11</sup> Trigo *et al.* (2002) señalan que, si bien entre 1997 y 2000 se realizaron cerca de 100 alianzas en ID entre grandes ETN y centros de investigación, invirtiendo varios miles de millones de dólares, sólo unos pocos productos llegaron al mercado y sólo tres han sido ampliamente adoptados (soya RR, maíz Bt y algodón Bt).

<sup>12</sup> Por paquete tecnológico se entiende en este documento el control por parte de ETN de tecnologías asociadas (semillas y herbicidas, por ejemplo).

## II. DIFUSIÓN DE AMÉRICA LATINA

Las actividades de difusión de la aplicación de las tecnologías de producción están enmarcadas en la especialización regional y el actual desarrollo tecnológico.

Argentina es un país que ha registrado una serie de estrategias para la difusión de las tecnologías genéticamente modificadas en la producción de nuevas especies.

Argentina es un país que ha registrado una serie de estrategias para la difusión de las tecnologías genéticamente modificadas en la producción de nuevas especies.

Argentina es un país que ha registrado una serie de estrategias para la difusión de las tecnologías genéticamente modificadas en la producción de nuevas especies.

<sup>13</sup> La participación industrial en el cultivo de soja transgénica en Brasil es de más de 90 por ciento.

**CUADRO 2. Superficie sembrada con cultivos transgénicos por país, 1996-2006  
(millones de hectáreas)**

País	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
EUA	1.5	8.1	20.5	28.7	30.3	35.7	39	42.8	47.6	49.8	54.6
Argentina	0.1	1.4	4.3	6.7	10	11.8	13.5	13.9	16.2	17.1	17.1
Brasil	"	"	"	"	"	"	3.5	3	5	9.4	9.4
Canadá	0.1	1.3	2.8	4	3	3.2	"	4.4	5.4	5.8	5.8
China	1.1	1.8	n.a.	0.3	0.5	1.5	2.1	2.8	3.7	3.3	3.5
India	"	"	"	"	"	"	<0.1	0.1	0.5	1.3	3.8
Paraguay	"	"	"	<0.1	0	0.3	0.5	0.7	1.2	1.8	2.0
Australia	"	0.1	0.1	"	0.1	0.2	"	0.1	0.2	0.3	2
México	"	"	<0.1	<0.1	"	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	s/d
España	"	"	<0.1	<0.1	"	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	s/d
Alemania	"	"	"	"	"	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	s/d
Portugal	"	"	"	<0.1	"	"	"	"	"	<0.1	s/d
Francia	"	"	<0.1	<0.1	"	"	"	"	"	<0.1	s/d
República Checa	"	"	"	"	"	"	"	"	"	<0.1	s/d
Otros	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2.8	s/d
Total	2.8	12.7	27.8	39.9	44.2	52.6	58.7	67.7	81	90	102

Fuente: OCDE (2006) a partir de Clive James, 1997 y 1999. *Global Review of Transgenic Crops*, ISAAA Briefs, The International Service of the Acquisition of Agro-biotech Applications (ISAAA), Ithaca, Nueva York; Clive James (2006). *Global...*

Este proceso de aumento notable en las “rentas tecnológicas” internalizadas en gran parte por el productor, pero apropiadas en buena medida por las grandes ETN de semillas e insumos, no surge de una innovación aislada, sino que resulta de la convergencia de distintas trayectorias complementarias en lo que se ha denominado un nuevo sistema técnico o “paquete” compuesto por tres conjuntos de tecnologías complementarias: siembra directa, semillas transgénicas y uso de herbicidas.

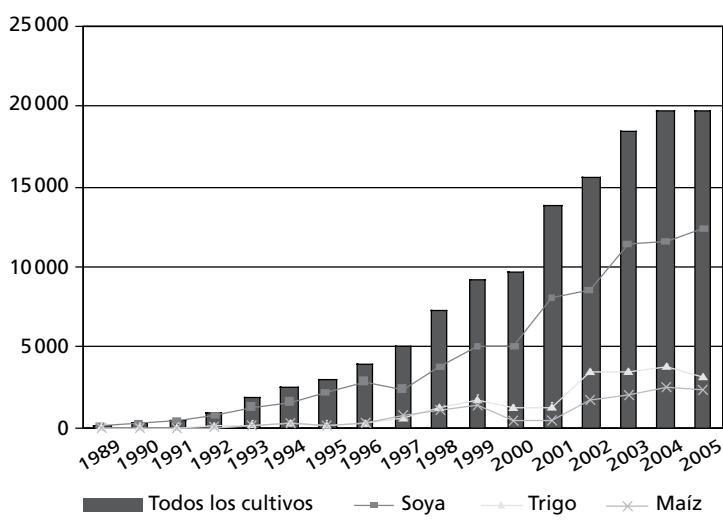
cidas especiales se manifestaron en las logías, que

- **H**  
o  
s  
t  
s  
  
H  
a  
c  
t  
e  
h
  - **H**  
l  
g  
a  
s  
e  
c
  - **H**  
c  
l  
l  
i

El c  
des técnicas  
significativa  
do por la co  
lógicas.

<sup>14</sup> La difusión y privados. Lo país se iniciaron (INTA). En esa Plata, para de (Maroni, 1999).

**GRÁFICA 2. Argentina: difusión de la siembra directa por cultivo**  
(Millones de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia con base en información de la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) y de la Encuesta Nacional Agropecuaria del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC)

A pesar de ello, no sólo se reforzó el proceso de concentración en el agro, pese al refinanciamiento operado por la banca pública, sino que se otorgó un impulso adicional a la difusión del nuevo paquete tecnológico reductor de costos de labranza. Estas irreversibilidades fueron acompañadas por inversiones llevadas a cabo por los proveedores de insumos y equipos. Como consecuencia de ello, el cambio en los precios relativos se tradujo en un reforzamiento de las trayectorias tecnológicas previas, lo que se evidenció en el aumento de la superficie con siembra directa. Ésta se triplicó entre 1997 y 2002, en un contexto desfavorable para el sector.

Uno de los factores centrales que explican la rápida absorción de las nuevas tecnologías es el marco institucional existente en Argentina, caracterizado por un contexto regulatorio flexible y una amplia infraestructura tecnológica que tuvo un importante papel en la etapa de adaptación de las nuevas tecnologías a las condiciones locales (Gutman, Lavarello y Roisinblit, 2006).

La dinámica registrada confirma las especificidades señaladas por varios autores, en relación con las características del desarrollo tecnológico en el agro (Pavitt, 1984; Possas *et al.*, 1996). En este sector, la innovación (bio)tec-

nológica se implementó a través de equipos e instrumentos de difusión de la tecnología (en su mayoría difusores de costos y fundamentalmente de origen en la Unión Europea, véase 2008). El caso ilustra las trayectorias

Acceso

Argentina y sus socios y de semillas y de maquinaria nológicos e insumos, líderes mundiales y nacionales localizadas, disponibilidad de infraestructura y biotecnología.

En el caso de las empresas de capitales extranjeros y adquisiciones de Monsanto, (Genoma Encuentro), propiedad industrial, las variedades y las licencias para las firmas.

Los resultados de la investigación en la agricultura argentina y en ambos países, así como las redes de distribución y los estándares de calidad, de cambios tecnológicos y cierlos de innovación y contratación de servicios.

A pesar de

<sup>15</sup> Es el caso de la incursión en el sector mayoritariamente en la contratación de servicios.

gias de las empresas transnacionales se han centrado en la difusión de paquetes tecnológicos con limitados esfuerzos locales. Las actividades centrales de ID de estas empresas transnacionales presentes en su mayoría en ambos países (Monsanto, Syngenta Dow AgroScience, Bayer y Du Pont, entre otras) se concentran casi con exclusividad en las casas matrices y tienen pocas filiales tecnológicas fuera de su lugar de origen. Localmente, estas empresas realizan actividades de adaptación de sus desarrollos biotecnológicos a las condiciones edafológicas y climáticas, además de cumplir con los requisitos regulatorios locales (Bisang *et al.*, 2006). Es importante que estos esfuerzos adaptativos y regulatorios se combinan con una activa estrategia de exploración, selección y apropiación de conocimientos científicos y tecnológicos, y de variedades en el marco de sus estrategias globales de ID.

De esta forma, las ETN se convierten en los nodos articuladores del sistema técnico a partir del control de la tecnología central (en este caso, la MB). La constitución de estos “paquetes tecnológicos” tiene un impacto central no sólo en el armado de los sistemas técnicos de los productores agropecuarios, sino y principalmente sobre las articulaciones posteriores con otras tecnologías, y por lo tanto sobre sus posibilidades de definir en forma autónoma estrategias de producción de bienes más complejos y de mayor valor (*upgrading*) y de diversificación tecnológica.

En resumen, el impacto económico de la biotecnología se encuentra asociado a la expansión de unos pocos pero relevantes cultivos agrícolas en el marco de importantes trayectorias tecnológicas previas en tecnologías complementarias, aunque muy condicionado por las estrategias tecnológicas de grandes empresas transnacionales y por el bajo desarrollo de las capacidades locales.

### III. CAPACIDADES BIOTECNOLÓGICAS, DESEMPEÑO Y DESAFÍOS

Brasil (con un mayor grado de desarrollo) y Argentina obtuvieron hasta los años ochenta un avance importante en la construcción de capacidades biotecnológicas, que los colocó entre los pocos países en desarrollo con innovaciones en dichas áreas. Desde los años noventa, el estancamiento de la inversión en ID en estos países contrasta con el esfuerzo tecnológico realizado por otros países desarrollados y en desarrollo. En Brasil y Argentina, así como en otros países de América Latina, la inversión bruta en ID como porcentaje del producto interno bruto no superó en estos años el 1 por ciento, no sólo menor al alcanzado por países desarrollados como Estados Unidos y Canadá (2.7 por ciento), sino tam-

bién al de China y el Sur (3 por ciento).

A pesar de que en el área de la biotecnología Brasil aún supera a las

Cuando

Investigadores y disciplinas
Diplomas de licenciatura y disciplinas científicas
Empresas “controladoras” (2002-2003)
- Salud humana
- Agropecuaria
- IAA, industria
Patentes biotecnológicas 1990
Patentes biotecnológicas 2003
Publicaciones científicas
Brecha de patentes 1990
Brecha de patentes 2003
Investigadores biotecnológicos 10,000 hab.
Empresas biotecnológicas
Índice de apertura (patentes/publicaciones)

\*Sólo incluye

\*\*MEDLI

otras aplicaciones de magnitud

\*\*\*Relación disponible en

Fuente: Naciones Unidas (2006).

<sup>16</sup> Este indicador incluye las inversiones en biotecnologías en múltiples sectores, sin embargo el sesgo es hacia el sector agropecuario.

Junto a estos elementos de diagnóstico compartidos, es importante señalar ciertas especificidades de las trayectorias nacionales en Argentina y Brasil que evidencian diferencias en sus configuraciones institucionales.

Argentina es uno de los países de América Latina que más pronto ha generado capacidades biotecnológicas, en particular en la producción de proteínas recombinantes de aplicación terapéutica actualmente comercializadas. Hoy cuenta con una base empresarial de 84 firmas biotecnológicas, entre las cuales sólo una decena posee capacidades en moderna biotecnología (Bisang, *et al.*, 2006). Entre ellas se destacan empresas de la industria farmacéutica con una larga tradición en biomedicina y una industria local que controla 50 por ciento del mercado. Siguen en orden de importancia el sector veterinario y los reactivos de diagnóstico. Las actividades agroalimentarias se especializan en procesos tradicionales de *breeding* o bioprocésamiento y utilizan la moderna biotecnología como tecnología de soporte. En ambos casos, las capacidades tienen su origen fundamentalmente en la incursión de grupos de investigación del sector público en actividades de investigación y desarrollo.<sup>17</sup> El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), el Instituto Nacional de Tecnología Agrícola (INTA) y las universidades nacionales reúnen una masa crítica de 9,500 investigadores en áreas afines a la biotecnología, con capacidad para desarrollar diferentes líneas de investigación en biotecnología vegetal y animal.<sup>18</sup> El INTA ha tenido desde sus inicios un importante papel en la adaptación a las condiciones locales y la difusión de las variedades de los principales cultivos comercializados internacionalmente. En el área de investigación, desarrolla genes propios para combatir patógenos locales y *stress* hídrico para los principales cultivos pampeanos y algunas producciones regionales.<sup>19</sup> Estos desarrollos aún se encuentran en las fases

<sup>17</sup> Desde varias décadas atrás, distintas instituciones y programas públicos tuvieron como objetivo el desarrollo de un conjunto de investigaciones en diversos campos de la biología que se tradujeron, años más tarde, en avances en la producción de medicamentos, vacunas y otros productos relacionados con la salud. Actividades desarrolladas en institutos como el Malbrán, la Fundación CAMPOMAR, el CONICET, y otros organismos dependientes de universidades nacionales dan cuenta de ello. Paralelamente se registraron avances significativos en las actividades de investigación en química y en biología molecular aplicada a los cultivos vegetales, especialmente en el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) –un referente ineludible en el fitomejoramiento vegetal– y en algunas universidades nacionales.

<sup>18</sup> Desde los mencionados organismos se llevan adelante diversos proyectos de investigación en agricultura: resistencia a hongos y virus en papas y tabaco (Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular, INGEBI, del CONICET, resistencia a enfermedades de hongos en las frambuesas (Universidad Nacional de Tucumán), en la uva (Universidad Nacional de Cuyo), y en la cebolla (Universidad Nacional del Sur), entre otros.

<sup>19</sup> Actualmente se encuentra desarrollando técnicas de marcadores moleculares, al igual que desarrollos de genes de resistencia a hongos, a virus, a *stress* hídrico y a patógenos como el mal de Río Cuarto.

previas en  
ventures en  
ler el proce

En l  
estado asocia  
este caso lo  
Brasil ha im  
masa crític  
especialista

Las  
federal y po  
gación y I  
de San Pablo  
formado en  
modelo de i  
dores propi  
el secuencia  
con importa  
le permiten  
tos que brin

Dur  
alta tecnolo  
nológica.<sup>20</sup>  
2003, su nú  
salud. Las r  
cluster de M

En l  
tran en dos  
cuarias (EMI  
prenden los  
humana (D  
desempeña  
de Sao Paul  
proprias y co

<sup>20</sup> Existen e  
Gerais (Biom

<sup>21</sup> En este p

Brasil y Argentina muestran una masa crítica de investigadores y empresas biotecnológicas que les permitiría insertarse no sólo como rápidos difusores de paquetes agrícolas, sino también como generadores de desarrollos propios. Sin embargo, como puede apreciarse en el cuadro 3, durante los años noventa ambos países perdieron posiciones frente al avance de otros países como China, India o Singapur, los que mostraron un fuerte crecimiento en el número de patentes biotecnológicas otorgadas por la oficina de patentes de Estados Unidos. Si bien las patentes son un indicador imperfecto de desempeño innovativo, las aplicaciones biotecnológicas son de las pocas actividades innovativas en las cuales las patentes se utilizan como formas de apropiación complementarias a otros mecanismos (*secreto, marcas, lead time*). Al tener en cuenta las limitaciones de estos indicadores, podemos observar que los países asiáticos redujeron la brecha a un ritmo significativamente mayor que los dos países de la región.

Un segundo aspecto asociado es la baja relación existente entre patentes biotecnológicas y publicaciones en áreas afines. Mientras que en Estados Unidos por cada patente existen algo más de dos publicaciones en disciplinas afines, en Brasil y Argentina por cada patente existen 100 publicaciones. Este desempeño adverso obedece, según varios autores, a diversos factores: el débil desarrollo de un sector de capital de riesgo que asegure el financiamiento para el nacimiento de nuevas empresas biotecnológicas; la debilidad de los mecanismos que habilitan a los científicos a colaborar con empresas, y la falta de una institucionalidad de propiedad intelectual que genere los incentivos para transformar oportunidades científicas en desarrollos patentables (Niosi y Reid, 2007; Ferrer *et al.*, 2004).

La poca presencia de los países analizados entre los titulares de patentes biotecnológicas internacionales no es un indicador de la incapacidad de traducir avances científicos en oportunidades tecnológicas; refleja, por el contrario, la dificultad de estos países por lograr una mayor apropiación de sus desarrollos. A partir de un estudio del total de patentes otorgadas en el nivel internacional en el campo de la biotecnología entre 2000 y 2007, Brasil es titular de 82 patentes y Argentina de sólo 15. Sin embargo, inventores de estos países intervinieron en 208 y 201 patentes extranjeras respectivamente. Si bien la relación es baja en ambos casos, los inventores argentinos muestran una menor capacidad de apropiarse los desarrollos, que en 142 casos pertenecen a titulares de Estados Unidos (Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica, CAICyT).

---

la red de universidades de São Paulo, Pernambuco y Alagoas. Fueron identificados más de 80,000 genes, muchos de ellos responsables de la resistencia a plagas y al calor, así como de la adaptación al suelo. Es el mayor proyecto de análisis de genes en plantas realizado, siendo financiado con recursos de cerca de 6 millones de dólares (Genoma España, 2005).

te las actividades de patentamiento nacional e internacional. Bioceres realizó convenios para el diseño de nuevas herramientas genéticas junto al CONICET y la Universidad Nacional del Litoral, y para el desarrollo de genes resistentes a patógenos locales (resistencia al mal de Río Cuarto) junto al INTA y de resistencia a sequía, junto al CONICET y la Universidad Nacional del Litoral, para ser insertados en los principales cultivos de exportación.<sup>22</sup> Si bien la propiedad intelectual es compartida, Bioceres tiene los derechos exclusivos de comercialización, los cuales pueden ser luego licenciados a compañías semilleras.<sup>23</sup>

En Brasil existe una especialización en los cultivos a los cuales se orienta la investigación en el sistema público y en el privado, con diferentes modalidades de vinculación y apropiación público-privadas. Por un lado, la investigación en los principales cultivos internacionales es dominada por las transnacionales líderes con presencia en Brasil –Monsanto, Syngenta, Dow, Bayer y Du Pont– que insertan en las variedades locales los genes desarrollados en sus casas matrices. Por otro lado, los institutos públicos se especializan en la identificación de genes y transformación de cultivos tropicales y materias primas agroindustriales a partir de alianzas con cooperativas y pequeñas empresas biotecnológicas. EMBRAPA impulsa una activa estrategia de vinculación con cooperativas y asociaciones de investigación que trabajan en el desarrollo y la difusión de nuevos cultivos, especialmente plantas tropicales que no son del interés de las empresas transnacionales.<sup>24</sup> EMBRAPA participa igualmente en el desarrollo de cultivos controlados por las empresas transnacionales. Pero a diferencia del caso argentino, esta institución ha establecido nuevas reglas internas que priorizan la titularidad por parte de la empresa estatal de los materiales desarrollados, llevando incluso a una revisión de los acuerdos anteriores de colaboración que otorgaban la titularidad al sector privado.<sup>25</sup> En el caso de la soya, en el que las transnacionales tienen una participación

<sup>22</sup> En el año 2004, esta red público-privada se ha ampliado con la creación del Instituto de Agrobiotecnología Rosario (INDEAR) —un *joint venture* entre Bioceres, S.A., el grupo local líder en biotecnología de salud Biosidus y el CONICET— que se orientará a la ID en el campo de la biología molecular, la genómica funcional y la proteómica, aplicadas a la innovación tecnológica en el sector agropecuario argentino.

<sup>23</sup> Véase [www.bioceres.com.ar](http://www.bioceres.com.ar)

<sup>24</sup> Es el caso del Proyecto Genolyptus, financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, en colaboración con siete universidades, EMBRAPA y 12 empresas privadas, en desarrollos en pulpa y papel; el mismo involucra una primera etapa de 4.1 millones de dólares, con 70 por ciento de fondos públicos y 30 por ciento del sector privado (Da Silveira *et al.*, 2004).

<sup>25</sup> Desde 1997, EMBRAPA aplica una nueva política de propiedad intelectual. Solamente en el año 2000, la empresa realizó 16 nuevos depósitos de patentes en el Instituto de Propiedad Industrial (INPI), número bastante elevado si se compara con la cantidad de depósitos realizados entre 1973 y 1996, periodo en el cual fueron realizadas 17 solicitudes. Lo mismo se aplica a la protección de

menor (apre...  
BRAPA lleva...  
en el cual l...  
pública real...  
productores...  
de limitar e...

En ...  
cultivos, la...  
estrategia te...  
nologías de...  
actividades ...  
sas privadas...  
privada es s...  
cados más p...  
plátano, co...  
orientación...  
paradigma s...  
posibilidad...  
su parte, es...  
en el que se...  
público-priv...

## CONCLUSIONES

El análisis m...  
verdaderos ...  
rias de los p...

- H...
- C...
- I...
- H...

los nuevos cul...  
gencia de la L...  
(SNPC), pertene...  
EMBRAPA (Geno...)

llones de dólares para introducir una semilla genéticamente modificada). Asociado a ello, las incertidumbres y los riesgos son muy elevados, por lo que se requieren mecanismos especiales de administración del riesgo y de aseguramiento de la apropiabilidad de los resultados.

- En tercer lugar, la estructura de los mercados de biotecnología en los países desarrollados, caracterizada por las articulaciones entre empresas especializadas en biotecnología, *incumbents* y universidades, y por la monetización de la propiedad intelectual, con la participación de los mercados de capitales (capitales de riesgo, *public equity*) –proceso conceptualizado como de “industrialización del conocimiento”–, no es fácilmente reproducible en los países de la región.
- En cuarto lugar, los procesos de aprendizaje presentan fuertes complejidades complementariedades con las tecnologías tradicionales y con otros activos complementarios, los que tienen un papel importante tanto en la generación como en la apropiación de las cuasirrentas de innovación. El control de estos activos –entre los que se encuentran las capacidades productivas y el manejo de las tecnologías tradicionales y de los canales de distribución, las capacidades de gestión del acceso a los mercados y el gerenciamiento de la información y del *marketing*– es uno de los mecanismos fundamentales para la apropiación de las cuasirrentas de innovación.

A pesar de estas condiciones y del carácter aún incipiente de los desarrollos de la moderna biotecnología, el nuevo paradigma tecnológico ha comenzado a tener un impacto profundo sobre la economía y la sociedad, y sus potencialidades son muy amplias.

La MB ha comenzado a difundirse, en forma parcial, en algunos países de América Latina, de la mano de las grandes ETN, incidiendo en las dinámicas innovadoras, trayectorias y alcances en los mismos. La *difusión* de “paquetes (bio) tecnológicos”, desarrollados y controlados en su gran mayoría por ETN, ha posibilitado aumentos de la producción, la productividad y la competitividad en los sectores de aplicación. Se ha traducido, asimismo, en la reconfiguración de los mercados de insumos y en la transformación de la agricultura en un sector basado en desarrollos científicos –dada la importancia creciente de los avances de la ingeniería genética y de la genómica en la identificación de nuevas características agronómicas– aun cuando estos desarrollos sean muy limitados en la región.

Algunas lecciones de importancia pueden extraerse de la experiencia de los desarrollos recientes de la agrobiotecnología en los países analizados:

to de éstas con el de las trayectorias tecnológicas de los sistemas agroalimentarios y de la biomedicina local –fuente fundamental de sinergias en el contexto de un paradigma caracterizado por la alta transversalidad de sus oportunidades–. En un ámbito más general, son interrogantes que deben encontrar respuestas en el marco estratégico del desarrollo científico y tecnológico de estos países.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAPRESID (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa). Disponible en: [www.aapresid.com.ar](http://www.aapresid.com.ar)
- Arundel, A., G. Crespi y P. Patel (2006), Biotechnology. Scoping Paper Europe Innova.
- ASA (Asociación de Semilleros Argentinos), 2008. Disponible en: [www.asa.com.ar](http://www.asa.com.ar)
- Bisang, R., G. Gutman, P. Lavarello, S. Sztulwark, y A. Díaz, (comps.) (2006), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la economía argentina*. Buenos Aires: Prometeo y UNGS.
- , R., y L. Varela (2006), “Panorama internacional de la biotecnología en el sector agrario. Dinámica de las megaempresas internacionales de agrobiotecnología e impacto sobre la oferta local”. En Bisang, Gutman, Lavarello, Sztulwark y Díaz, A. (comps.), *Biotecnología y desarrollo. Un modelo para armar en la economía argentina*. Buenos Aires: Prometeo y UNGS.
- Brookes, G., y P. Barfoot (2005), “GM Crops: The Global Economic and Environmental Impacts-The First Nine Years, 1996-2004”. *AgBioForum* 8 (2 y 3): 187-196.
- CAICYT (Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica). Disponible en: [www.caicyt.gov.ar](http://www.caicyt.gov.ar)
- Cassiolato, J., y H. Lastres (2000), “Local Systems of Innovation in Mercosur Countries”. *Industry and Innovation* 7 (1): 33-53.
- Chataway, J., J. Tait, y D. Weit (2003), “Understanding R&D Strategies in Agrofood Biotechnology: Trajectories and Blind Pots”. *Innogen Working Paper*. Junio, 2003.
- Christensen, J. (2003), “Introduction: The Industrial Dynamics of Biotechnology: New Insights and New Agendas”. *Industry and Innovation* 10 (3): 223-230.
- Da Silveira J., M. Dal Poz, y A. Assad (coords.) (2004), *Biotecnología e recursos genéticos. Desafíos e oportunidades para o Brasil*. Campinas: UNICAMP, FINEP.
- Derengowski Fonseca, M., J. Silbeira, y S. Salles-Filho (2002), “The Development of Biotechnology in Brazil.” En Janardhan Rao, N., *The Business Side of Biotechnology*. Uttarakhand, India: ICFAI, University.
- Díaz, A., y D. Golombok, *ADN, 50 años no es nada*. Buenos Aires: Siglo XXI.
- Dosi, G. (1988), “Sources, Procedures and Economic Impacts of Innovation”. *Journal of Economic Evolution*, vol. xxvi (septiembre): 1120-1171.

- , —— y D. Roisinblit (2006), “La promoción pública de actividades de investigación y desarrollo en biotecnología en Argentina”. En Bisang, R., G. Gutman, P. Lavarello, S. Sztulwark, y A. Díaz, (comps.), *op. cit.*
- IICA (2004), *Situación y perspectivas de la agricultura y la vida rural en las Américas*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). Disponible en: [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar)
- James, C. (2006), “Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006”. En *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications* (ISAAA) núm. 36. Ithaca, Nueva York: ISAAA Brief.
- Malerba, F., y L. Orsenigo, (2002), “Innovation and Market Structure in the Dynamics of the Pharmaceutical Industry and Biotechnology: towards an History-Friendly Model”. *Industrial and Corporate Change* 11(4): 667-703.
- Maroni, J. (1999), “La maquinaria agrícola y el cultivo de soya en la Argentina”. *Argentina: AGROMENSAJES*. Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR, núm. 12.
- National Science Foundation (2006), “Science and Engineering Indicators 2006”. Disponible en: [http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf\\_v2.htm#c5](http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf_v2.htm#c5)
- Niosi, J. (2005), “La biotechnologie en Amérique Latine”. En *La chronique des Amériques*. Montreal: Centre d’Études internationales et Mondialisation. Université du Québec. Diciembre.
- , y S. Reid, (2007), “Biotechnology and Nanotechnology: Science-based Enabling Technologies as Windows of Opportunity for LDCS?”. *World Development* 35 (3): 426-438.
- OCDE (2006), *Biotechnology Statistics*. París: OCDE.
- Oehmke, J., y C. Wolf (2003), “Measuring Concentration in the Biotechnology R&D Industry: Adjusting for Interfirm Transfer of Genetic Materials”. *AgBioForum* 6 (3): 134-140.
- Orozco, L., y D. Olaya (2004), *Indicadores del Programa Nacional de Biotecnología*. Colombia: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Orsenigo, L. (1999), *The Emergence of Biotechnology*. Nueva York: St Martin’s Press.
- Orsi, F., y B. Coriat (2003), “Droits de Propriété Intellectuelle, Marchés Financiers et Innovation. Une configuration soutenable?”. *La Lettre de la Régulation*. Julio.
- Pavitt, K. (1984), “Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory”. *Research Policy*, 13: 343-374.
- Pisano, G. (2006), *Science Business. The Promise, the Reality and the Future of Biotech*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School.
- Possas, M., S. Salles-Filho, y J. Silveira (1996), “An Evolutionary Approach to Technological Innovation in Agriculture: Some Preliminary Remarks”. *Research Policy*