

# La Biotecnología Agrícola en las Américas

- beneficios económicos, capacidades y opciones de política



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

# **La Biotecnología agrícola en las Américas:**

**Beneficios económicos, capacidades  
y opciones de política<sup>1</sup>**



**Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura**

**5 de febrero, 2008**

1. Informe preparado por el Profesor Greg Traxler de la Universidad de Auburn por solicitud del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2008

Publicado en español por el IICA 2009

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio Web institucional en <http://www.iica.int>.

Coordinación editorial: Assefaw Tewolde, Ramón Lastra, Eduardo Rojas y Bryan Muñoz

Traducción: Lilliana Mora

Diagramado: Gabriela Watson

Diseño de portada: Karla Cruz

Impresión: IICA Sede Central

La Biotecnología agrícola en las Américas: beneficios económicos, capacidades y opciones de política / IICA  
– San José, C.R.: IICA, 2008.  
48 p.; 21.5 cm x 28 cm

ISBN13: 978-92-9039-973-5

Publicado también en inglés

1. Agricultura 2. Biotecnología 3. Transgénicos 4. Investigación agraria 5. América Latina 6. Caribe I. IICA  
II. Título

AGRIS  
F30

DEWEY  
660.6

San José, Costa Rica  
2008

# Tabla de contenido

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	5
1. Presentación y propósito de este estudio .....	9
2. El impacto de las tecnologías transgénicas en América Latina .....	11
3. El modelo conceptual para analizar la capacidad científica e institucional en la región .....	15
3.1. Requerimientos y capacidad científica para aplicar la ciencia biotecnológica.....	17
3.1.1. <i>Tendencias globales en la investigación agrícola</i> .....	17
3.1.2. <i>Tendencias en la inversión en investigación agrícola en ALC</i> .....	19
3.1.3. <i>Indicadores bibliométricos de la capacidad en ciencias básicas y aplicadas</i> .....	23
4. Capacidad reglamentaria.....	29
4.1. Situación actual de los protocolos de bioseguridad en cada país .....	29
4.2. Análisis de los ensayos en el terreno y las aprobaciones comerciales .....	29
4.3. Derechos de propiedad intelectual en ALC .....	34
4.3.1. <i>Piratería y cumplimiento con los derechos de propiedad intelectual</i> .....	35
5. Resumen del análisis de la capacidad científica e institucional .....	39
6. Referencias.....	45



# Resumen ejecutivo

## La Biotecnología agrícola en las Américas: Beneficios económicos, capacidades, riesgos, oportunidades y opciones de política

**E**n los últimos decenios, la biotecnología agrícola se ha llegado a convertir en un importante campo del conocimiento científico y de las tecnologías agrícolas. Entre las regiones de países en desarrollo, ALC figura como líder en la aplicación de la biotecnología. Este estudio aborda la experiencia pasada, la situación actual y las posibilidades a corto plazo de que los países de ALC accedan a la ciencia biotecnológica.

En 2006, la región incluía dos de los tres principales países en el mundo que cultivan organismos modificados genéticamente (OMG), a saber, Argentina y Brasil, y representaba el 78% de la superficie de cultivos transgénicos en el mundo en desarrollo (James, 2006). El uso de otras herramientas biotecnológicas, como las técnicas de biología celular, la selección con ayuda de marcadores y el diagnóstico molecular de plagas y enfermedades, se han difundido sin controversia, pero el avance de la biotecnología ha sido bastante desigual entre los países. Los OMG se han sembrado comercialmente solo en siete de los 33 países de la región y la mayoría de estos países

carecen de la capacidad científica para emplear las herramientas de la biotecnología en la producción.

En el presente estudio, se emplea un modelo conceptual simple de un sistema científico completo para introducir la investigación básica, estratégica y aplicada, así como el uso de la tecnología como elementos necesarios para el avance de la biotecnología. Los indicadores empíricos de los resultados de la investigación, la madurez de las estructuras reglamentarias y la experiencia en el establecimiento y la aplicación de normas en materia de propiedad intelectual, se utilizan para estudiar la situación de instituciones clave que respaldan la biotecnología. Cada país se coloca en una de cuatro categorías con base en los indicadores empíricos de su capacidad básica y aplicada para emprender investigaciones agrícolas. Asimismo, se consideran los aspectos relativos al financiamiento privado y público de la biotecnología.

Entre los países de la región imperan grandes diferencias en cuanto a sus capacidades científicas. Brasil tiene a su haber cerca

del 50% de los gastos en investigación agrícola en ALC, emplea el 36% de todos los investigadores agrícolas y genera el 45% de las publicaciones en agricultura básica y aplicada. Si a Brasil le sumamos Argentina y México, entre los tres representan el 85% del gasto en investigación agrícola, el 73% de los científicos y casi el 80% de las publicaciones. La mayoría de los sistemas de investigación y desarrollo agrícola en ALC son pequeños, veinticinco de los 32 países de ALC cuentan con menos de 200 investigadores.

La acción legislativa tendiente a reconocer potestades normativas constituye el primer paso hacia la implementación de un sistema funcional de bioseguridad. La mayoría de los países ya han dado este paso, diez han realizado ensayos de bioseguridad sobre el terreno y siete han aprobado un evento OMG para uso comercial. Las multinacionales han dominado la ejecución de los ensayos sobre el terreno, al realizar el 82% de todos los experimentos entre 2000-2007 en los países donde existe un desglose. Únicamente en México y Argentina, el sector público cuenta con bastante experiencia en la conducción de ensayos de bioseguridad sobre el terreno. Durante ese mismo período, las universidades tan solo realizaron 13 ensayos en toda ALC.

Los países de ALC están al tanto de los aspectos de propiedad intelectual que atañen a la biotecnología, pero todos se enfrentan a la complejidad de aprobar leyes que satisfagan tanto las necesidades nacionales como las obligaciones internacionales. La protección eficaz de los derechos de propiedad intelectual dependerá de la capacidad de los países de poner en vigor las normas en materia de estos derechos, así como de la misma legislación. En casi todos los países en desarrollo, la dificultad para proteger los derechos de propiedad intelectual de los OMG ha preocupado seriamente al sector privado. Hasta el momento, la experiencia de este sector en la generación de ingresos

por la venta de OMG en los países en desarrollo no ha sido alentadora. Se estima que cerca del 90% del área cultivada con OMG en estos países experimenta niveles sumamente elevados de piratería de semillas. La pérdida de réditos ha sido más acentuada en el cono sur de Sudamérica, donde se han percibido escasas ganancias como resultado de la siembra de un total acumulado de casi 120 millones de hectáreas de soja RR. La recaudación más constante de derechos se registra en la venta de semilla híbrida de maíz, donde parece ser que la piratería ha sido un problema menor.

En casi todos los países en desarrollo, la dificultad para proteger los derechos de propiedad intelectual ha constituido una importante inquietud para el sector privado. A la fecha, cerca del 90% del área cultivada con OMG en estos países experimenta niveles sumamente elevados de piratería de semillas. La pérdida de réditos ha sido más severa en el cono sur de Sudamérica, donde se perciben pocos ingresos de la siembra de un total acumulado de casi 120 millones de ha de soja RR. Debido, en gran parte, a diferencias en los aspectos técnicos involucrados en el procesamiento de la semilla recolectada para resiembra, se ha recaudado una mayor cantidad de derechos tecnológicos en las zonas donde se cultiva maíz y algodón, que en aquellas sembradas con soja. En virtud de las dificultades para recolectar rentas en el punto de venta de la semilla de soja, Monsanto ha propuesto, en Paraguay, Argentina y Brasil, un sistema de regalías según el cual los derechos se recaudarán en el punto de venta del grano cosechado.

Para que la biotecnología alcance una mayor difusión, es necesario incrementar las inversiones de los sectores público y privado en investigación, mejorar la aptitud del sector público para realizar análisis de bioseguridad, aumentar las posibilidades de ofrecer protección de la propiedad

intelectual al sector privado, y lograr cierto grado de voluntad política y social para aceptar la biotecnología. Los países pequeños del hemisferio experimentan grandes desventajas en su capacidad para atraer las inversiones necesarias a sus mercados de semillas y en reunir el talento científico necesario para conformar un comité nacional en bioseguridad.

Hasta ahora, la diseminación de los OMG ha distado mucho de ser predecible. De hecho, hace diez años, pocos previeron que en 2007 solo habría dos rasgos de OMG

comercialmente exitosos. Actualmente se investiga la manera de mejorar productos para consumo humano como el maíz, el trigo, el arroz, los tubérculos y diversas hortalizas, pero todavía habrá que esperar varios años antes de que estos eventos lleguen a las parcelas en ALC. La biotecnología posee un gran potencial para solucionar muchos de los más engorrosos problemas productivos que aquejan a los agricultores de la región pero, si bien la ciencia de la biotecnología avanza a un ritmo acelerado, la capacidad institucional para aplicar la biotecnología enfrenta desafíos de gran envergadura.



# 1

## Presentación y propósito de este estudio

El avance de la globalización y el crecimiento de las inversiones globales en tecnología agrícola en otros países, obligan a los países de América Latina y el Caribe (ALC) a renovar sus esfuerzos por mejorar la productividad. La biotecnología agrícola representa una nueva área importante del conocimiento científico y de las tecnologías aplicadas que en los últimos decenios ha llegado a ocupar un lugar prominente en la agricultura mundial. No obstante, aunque el ritmo de los descubrimientos científicos en la investigación en biotecnología ha sido impresionante desde cualquier punto de vista, en la mayoría de los países de la región la aplicación de la nueva ciencia para mejorar la productividad agrícola ha quedado a la zaga (Trigo, et al., 2002).

El ritmo y rumbo de la evolución de las aplicaciones de la biotecnología, en especial los transgénicos, ha sido impredecible en todo el orbe, y en ninguna zona ha sido tan imprevisible como en ALC. El vasto potencial de la biotecnología contrasta sobremanera con el modesto impacto que a la fecha ha tenido en la agricultura regional. En todos los casos, las aplicaciones transgénicas en la región han sido eventos de cultivos de clima templado desarrollados en los Estados Unidos que han debido adaptarse para su uso en la región. Está claro que la región dista de aprovechar plenamente los posibles beneficios derivados de la biotecnología, y todavía está pendiente la elaboración de una estrategia bien definida que permita superar los obstáculos.

La región es un estudio de contrastes. El uso de las técnicas de biología celular, como la propagación de plantas, el cultivo de tejidos, los marcadores genéticos, la selección con ayuda de marcadores y con ayuda de genes, y el diagnóstico molecular de plagas y enfermedades, se ha difundido ampliamente y no ha presentado conflictos. Por otro lado, el uso de organismos modificados genéticamente

(OMG) sigue siendo controversial. En 2006, la región incluía dos de los tres principales países en el mundo que cultivan organismos modificados genéticamente (OMG), a saber, Argentina y Brasil, y representaba el 78% de la superficie de cultivos transgénicos en el mundo en desarrollo (James, 2006). La tasa de expansión del área con tecnología OMG ha sido rápida en comparación con casi cualquier innovación agrícola previa, pero esto ha ocurrido al mismo tiempo que existe desilusión ante el limitado alcance geográfico y de la línea de productos de la tecnología transgénica (Traxler, 2005). Además, los OMG en América Latina y el Caribe son consecuencia del residual tecnológico del mercado de semillas comerciales en los Estados Unidos, y solo se han adoptado comercialmente dos rasgos y tres cultivos importantes. Por el momento, no se ha comercializado ninguna aplicación comercial de OMG desarrollada específicamente para abordar los problemas que aquejan a la agricultura en ALC. Los avances en el uso de la biotecnología para la agricultura animal han sido incluso más modestos que para los cultivos.

En el presente estudio se aborda la experiencia pasada, la situación actual y las posibilidades a corto plazo de que los países de ALC accedan a la ciencia biotecnológica. El estudio emplea y analiza un modelo conceptual simple de un sistema científico completo. Para cada país de la región, se presentan indicadores empíricos de su capacidad investigativa. Además, se abordan los aspectos relativos al financiamiento para la difusión de la biotecnología en la región. También se hace referencia a otros requisitos que deben cumplir los países para que avance la biotecnología, principalmente la normativa legal y reglamentaria. De este análisis se derivará un grupo grande de países con capacidades y características sociales similares.



# 2

## El impacto de las tecnologías transgénicas en América Latina

En esta sección, se examina la evidencia sobre los beneficios económicos y las tasas de rentabilidad de los OMG en América Latina. Otros documentos recientes han estudiado la literatura en torno a los beneficios a nivel de la finca en todos los países en desarrollo (Brookes y Barfoot, 2005, Qaim y Matuschke, 2005, Raney, 2006). Aquí ofrecemos evidencia sobre la magnitud de los beneficios económicos en ALC y sobre cómo los beneficios se han compartido entre la industria, los agricultores y los consumidores. Asimismo, se presentarán datos acerca del efecto de la adopción de los OMG sobre el uso de plaguicidas.

Desde 1996, los OMG se han cultivado legalmente en siete países de ALC (Cuadro 1). América Latina tiene el 78% de toda el área de doble cultivo (DC), en gran parte gracias a la expansión de la soja tolerante a herbicidas (TH) en Argentina, Brasil y Paraguay. Toda el área de OMG se siembra con variedades de soja, maíz amarillo o algodón TH, Bt o apilados (con genes TH y Bt). En el presente estudio,

se descubrieron estimaciones publicadas de beneficios sobre los efectos en ocho casos en países en desarrollo, cuatro de ellos localizados en América Latina: algodón, maíz y soja en Argentina, y algodón en México.

### Soja tolerante a herbicidas

La soja RoundupReady (RR) se ofreció comercialmente en Argentina y los Estados Unidos en 1996. La venta y el uso de la tecnología RR se protege en los Estados Unidos con patentes y contratos de venta con los agricultores, pero ninguna de estas formas de protección de la propiedad intelectual se utiliza en Argentina. A los agricultores argentinos la ley también les permite emplear semillas guardadas de la cosecha anterior. Por ende, en Argentina, la soja RR está disponible ampliamente en el mercado negro a un precio cercano o igual a las variedades convencionales. Para el 2003, alrededor de un 98 por ciento del área con soja en Argentina se cultivaba con variedades RR (Chudnovsky, 2005).

**Cuadro 1:**  
Área cultivada con OMG en ALC, por país, 2006

País	Área con OMG en 2006 (000 ha)	Cultivos sembrados comercialmente
Argentina	18,000	Algodón, soja, maíz
Brasil	11,500	Soja, algodón
Paraguay	2,000	Soja
Uruguay	400	Soja, maíz
México	60	Algodón, soja
Colombia	30	Algodón, maíz, claveles
Honduras	2	Maíz

Fuente:(James, 2006)

En los Estados Unidos y Argentina, los rendimientos de la soja RR no son significativamente distintos de aquellos de la soja convencional. Los beneficios de la soja RR en la finca obedecen a la reducción en los gastos por herbicidas y chapeo. De hecho, después de la adopción de la soja RR, muchos agricultores pasaron a las prácticas de labranza mínima o cero, y los costos de maquinaria y mano de obra también han bajado debido a la disminución en el tiempo de recolección (Qaim y Traxler). En Argentina, el costo variable total de la producción es aproximadamente un ocho por ciento menor (\$21 por hectárea) para la soja RR que para un cultivo convencional.

En varios estudios se han analizado los efectos benéficos globales de la expansión de la soja RR (Falck-Zepeda, et al., 2000, Price, et al., 2003, Sobolevsky, et al., 2005) pero solo en Qaim y Traxler (2005) y Trigo y Cap (2003) se exponen modelos de la difusión de la tecnología en Argentina.

Qaim y Traxler calculan que en 2001, la soja RR produjo un excedente superior a los \$1.200 millones o cerca del 4 por ciento del valor de la producción mundial de soja. La mayor proporción de todos estos beneficios la recibieron los consumidores de soja, quienes ganaron \$652 millones (53 por ciento de los beneficios totales) en virtud de los precios más bajos. A su vez, los productores de soja percibieron beneficios netos por \$158 millones (13 por ciento) y las compañías de biotecnología y semillas obtuvieron \$421 millones (34 por ciento) por concepto de ingresos tecnológicos<sup>2</sup>. En los países donde no estaba disponible la tecnología RR, los productores de soja

sufrieron pérdidas por \$291 millones en 2001, debido a una reducción inducida cercana al 2 por ciento (\$4,06/ mt) en los precios mundiales<sup>3</sup>. Esta situación subraya que las restricciones nacionales al acceso a la tecnología MG puede imponer grandes cargas sobre el sector agrícola interno. Brasil, el segundo productor mundial de soja, es un buen ejemplo. En este país, los beneficios en la finca podrían ser similares a los de Argentina (Paarlberg, 2003), sin embargo, debido a un prolongado proceso de aceptación de la bioseguridad y a la incertidumbre en torno a las responsabilidades legales, la comercialización de la soja RR no se aprobó oficialmente sino hasta 2005.

Trigo y Cap calculan que, de 1996 a 2001, los beneficios acumulados de la soja RR en Argentina rondaron los \$5.200 millones; de los cuales casi \$2.000 millones se obtuvieron en 2001. Varios motivos explican esta cifra bastante superior a la estimada por Qaim y Traxler. Trigo y Cap atribuyen un incremento de \$1.950 millones en las ganancias de la finca a la expansión del área sembrada con soja RR<sup>4</sup>. Además, incluyen un aumento de \$365 en las ganancias de las compañías vendedoras de glifosato. En general, Trigo y Cap estiman que el 87% de todos los beneficios derivados de la soja TH los obtuvieron los agricultores, el 9% los vendedores de glifosato y el 4% la industria de semillas.

La soja TH tuvo un efecto considerable en las prácticas de labranza y en el uso de herbicidas químicos. El glifosato es un sustituto de varios otros productos, por lo que los gastos en herbicida por hectárea disminuyeron en Argentina a pesar de un incremento en la cantidad media de aplicaciones de herbicida

- 
2. Los ingresos tecnológicos brutos se usan como medida de la renta de monopolio. No se deducen costos de investigación, comercialización ni administración. Si suponemos, por ejemplo, que estos costos equivalen al 33% de los ingresos por derechos tecnológicos, la renta de monopolio disminuiría a unos \$280 millones (26% del excedente total).
  3. Sobolevsky, et al. comparan los efectos de los excedentes en los pequeños productores sudamericanos en 2000. En su visión regional, las ganancias de los agricultores argentinos se contrarrestan con las pérdidas de los productores brasileños.
  4. En el modelo empleado por Qaim y Traxler, se calcula una expansión del área ceteris paribus inducida por la nueva tecnología, con base en supuestas elasticidades de la oferta y la demanda. Trigo y Cap suponen implícitamente que toda el área nueva de cultivo de soja se debe a la tecnología RR. El verdadero crecimiento del área de cultivo en virtud de la tecnología RR probablemente oscile entre estas dos estimaciones.

y del uso total de herbicidas por hectárea. Los herbicidas difieren en cuanto a su modo de acción, la duración de la actividad residual y la toxicidad, de manera que un aumento en la cantidad total de herbicidas empleados no comporta necesariamente efectos ambientales negativos. En esencia, el glifosato carece de actividad residual y se descompone rápido en componentes orgánicos por medio de microorganismos en el suelo. Según la clasificación internacional de plaguicidas, el glifosato pertenece a un grupo de toxicidad clase IV, la más baja para los plaguicidas “prácticamente no tóxicos (OMS, 1988).” La adopción de la soja RR produjo una reducción del 93% en el uso de herbicidas con toxicidad clase II y III. En la producción de soja no existen herbicidas con una toxicidad clase I. La principal razón del aumento en la cantidad de aplicaciones de herbicidas es la conversión de los agricultores a las prácticas sin labranza, las cuales requieren un control químico de malezas antes de la siembra. Mientras que el 42 por ciento de los agricultores en la muestra utilizaron la labranza cero para el cultivo de la soja convencional, el 80 por ciento de ellos recurren a esta práctica en las parcelas de soja RR<sup>5</sup>. En promedio, la tecnología redujo la cantidad de operaciones de labranza en una pasada por lote, redujo la cantidad de horas de uso de maquinaria en un 20 por ciento, y produjo ahorros en combustible de casi 10 litros por hectárea (Qaim y Traxler).

### Algodón resistente a insectos

El algodón Bt es sumamente eficaz en el control de las plagas de gusanos, como la lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*) y el gusano cogollero (*Helicoverpa zea*), y en parte es eficaz para controlar el gusano cogollero (*Heliothis virescens*) y la oruga militar tardía (*Spodoptera frugiperda*). Estos lepidópteros plaga constituyen un problema importante en el control de plagas en muchas

zonas algodonerías, pero otras plagas del algodón, como el picudo algodonerío, no son susceptibles a Bt y continúan requiriendo el uso de plaguicidas químicos (James, 2002). Como consecuencia, el efecto de la introducción del algodón Bt sobre el uso de plaguicidas varía de una zona a otra, dependiendo de las poblaciones locales de plagas. Qaim y Zilberman (2003) sostienen que el desempeño relativo del algodón Bt puede alcanzar el nivel máximo cuando es usado por los pequeños agricultores de países en desarrollo debido a las enormes pérdidas que éstos sufren a causa de las plagas. En las zonas donde los lepidópteros constituyen el principal problema de plagas, los agricultores han aceptado rápidamente las variedades de algodón Bt, sobre todo cuando existe una alta resistencia a los plaguicidas químicos. Cuando las poblaciones de picudo algodonerío o de otras plagas son altas, los agricultores logran un control entrecruzado del complejo orugas capulleras (BBWC) mediante el uso de productos químicos de amplio espectro o mezclas de plaguicidas, lo cual reduce la ventaja del control con Bt. La adopción del algodón Bt ha sido rápida en China y la India, pero escasa y restringida entre los grandes agricultores en Argentina, debido al enorme sobreprecio que se cobra por las semillas transgénicas (Qaim y De Janvry, 2005). En México, el proceso de adopción ha variado bastante entre las zonas de cultivo según los distintos niveles de infestación (Traxler, et al., 2003).

En cinco países en desarrollo se han finalizado estudios sobre el terreno en torno al desempeño del algodón Bt: México (Traxler et al., 2003), Argentina (Qaim y de Janvry, 2003), Sudáfrica ((Bennett, et al., 2003, Gouse, et al., 2004, Gouse, et al., 2006, Ismael, et al., 2002, Kirsten y Grouse, 2003, Thirtle, et al., 2003), China (Pray et al., 2002) y la India (Bennett, et al., 2004, Morse, et al., 2005, Qaim, 2003, Qaim,

5. En los Estados Unidos, la tecnología RR también ha incrementado la adopción de la labranza reducida y la labranza cero (DMR, 2001).

et al., 2006, Qaim y Zilberman, 2003). En los estudios, se determinó que los beneficios de las innovaciones tecnológicas se han repartido ampliamente entre consumidores, productores y la industria. En los cinco países, los rendimientos del Bt fueron mayores que para el algodón convencional, mientras que el uso de insecticidas se redujo entre un 33% y un 77% (Cuadro 3). La proporción media de los beneficios totales percibidos por los agricultores fue del 65% y este grupo obtuvo una mayor parte de los beneficios que la industria en todos los países, excepto Argentina. En estos estudios, se supuso que el cambio en el superávit de los consumidores era cero, en vista de que el aumento en la oferta de algodón con respecto a la producción mundial total es exiguo.

#### Maíz Bt

El maíz amarillo Bt se sembró por primera vez en Argentina en 1998/1999 y, para 2004/2005, había alcanzado un total aproximado de dos millones de hectáreas o el 60% del área cultivada con maíz (Asociación Semilleros Argentinos). Trigo, et al. (2002) hacen una simulación de los beneficios de la adopción del maíz amarillo Bt y en su modelo ellos suponen una ventaja del cinco por ciento en el rendimiento del maíz Bt con respecto a las variedades convencionales. Para 2003, los autores calcularon beneficios totales cercanos a los \$132 millones, de los cuales el 79% correspondió a la industria y el 21% a los agricultores. Se supone que el aumento en la producción no afecta los precios mundiales, por lo que el cambio en el superávit de los consumidores es cero. Los beneficios totales acumulados para el período 1998-2005 se estimaron en \$481,7 millones, distribuidos entre agricultores (43,19%), proveedores de semillas (41,14%) y el gobierno nacional (15,67%) (Trigo y Cap, 2006).

#### Resumen de los beneficios

En los últimos once años, las variedades de cultivos transgénicos han producido grandes beneficios económicos para los agricultores en algunas zonas de ciertos países de ALC. Si bien en este informe no se detallarán, varios de los estudios señalan que la soja TH y el algodón Bt han generado beneficios ambientales sumamente positivos. El uso de insecticidas en el algodón Bt es mucho menor que en las variedades convencionales, y el glifosato ha sustituido herbicidas más tóxicos y persistentes en la soja RR (Qaim y Traxler, 2005, Traxler, et al., 2003, Trigo y Cap, 2006). Además, en muchos casos, la soja y el algodón RR redujeron la labranza. Todavía no se ha documentado ningún caso donde se utilicen cultivos transgénicos que haya tenido consecuencias ambientales negativas; aunque el monitoreo debe continuar. Otra conclusión importante que se desprende de los estudios es que, si bien los cultivos transgénicos han sido distribuidos por el sector privado, en lugar del público, los beneficios se han repartido ampliamente entre la industria, los agricultores y los consumidores finales. Esto sugiere que la posición de monopolio suscitada por la protección a la propiedad intelectual no genera automáticamente utilidades excesivas para la industria, ni tampoco excluye que los agricultores que la adopten perciban beneficios. Por último, la evidencia disponible indica que las variedades transgénicas básicamente tienen una escala neutral en cuanto a la velocidad de adopción y los beneficios por hectárea. Estos datos provienen de Argentina (Qaim y De Janvry, 2005), México (Traxler, et al., 2003) China (Pray, et al., 2001), Sudáfrica (Bennett, et al., 2003, Gouse, et al., 2006) y la India (Qaim, et al., 2006), y sugieren que los pequeños agricultores no han tenido más dificultades que los grandes al adoptar las nuevas tecnologías.

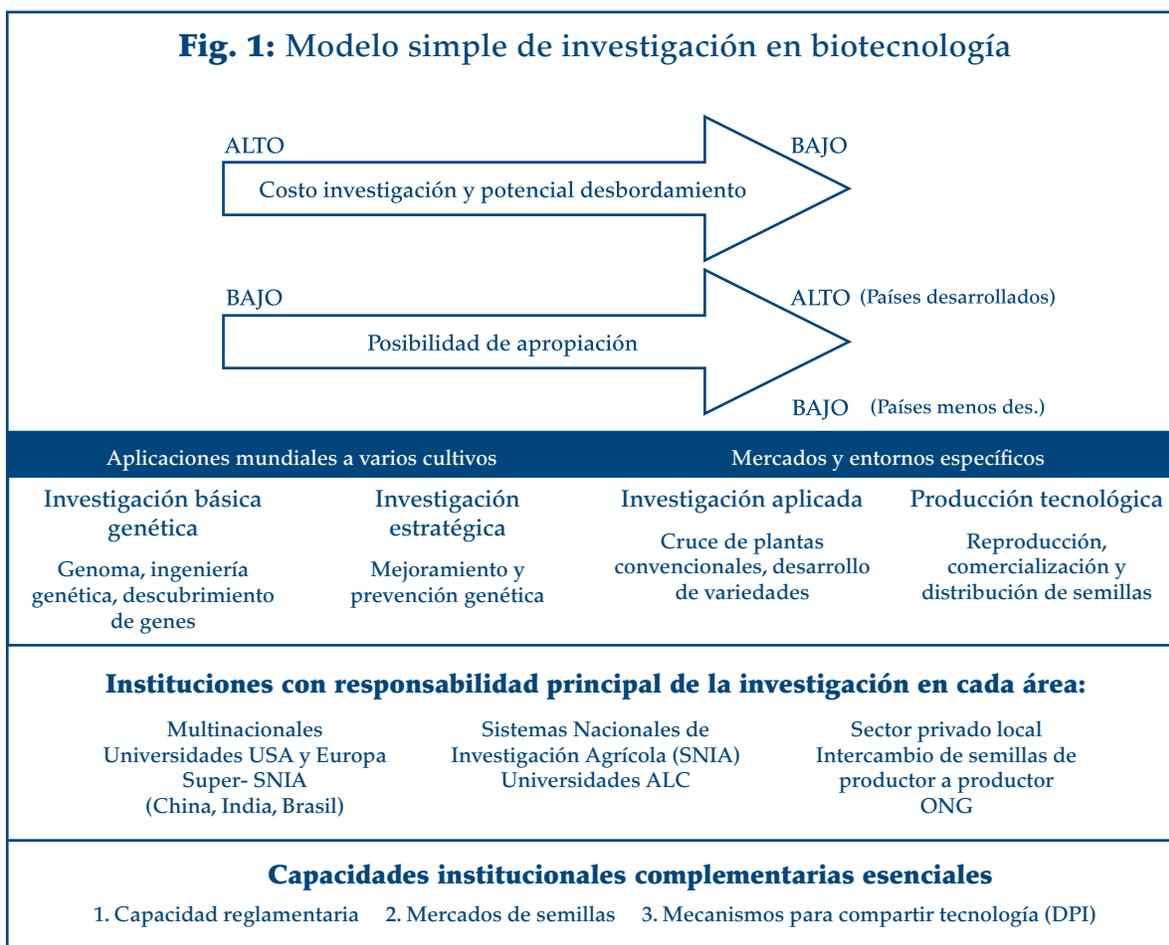
# 3

## El modelo conceptual para analizar la capacidad científica e institucional en la región

Las principales capacidades institucionales pueden identificarse utilizando el modelo de un sistema para generar y realizar investigaciones biotecnológicas representado en la Figura 1. Este modelo simple muestra un proceso de investigación que inicia con una actividad de investigación básica, prosigue con una investigación estratégica y aplicada, y finaliza

con la producción de una tecnología mejorada. El diagrama sugiere una ruta lineal desde la investigación básica hasta la producción de la tecnología, con niveles normalmente reducidos de desbordamiento<sup>6</sup> de la investigación y bajos costos de investigación y sofisticación, a medida que la investigación se dirige a las tecnologías agrícolas.

**Fig. 1:** Modelo simple de investigación en biotecnología



6. El término desbordamiento se utiliza aquí para referirse a los productos de la investigación (conocimientos o tecnologías) a los que pueden acceder quienes no financiaron la investigación o quienes no están previstos como clientes de la institución investigadora que hiciera el descubrimiento.

La investigación básica y, alguna de la estratégica, tiene aplicaciones a escala mundial, mientras que la investigación aplicada suele ser específica a un mercado meta o a una localización agroclimática.

Los resultados de las investigaciones básicas normalmente se publican en revistas internacionales y se presentan en conferencias internacionales, lo cual facilita el desbordamiento del conocimiento. La habilidad para excluir a otros de los beneficios de los resultados de la investigación básica, o la facultad para apropiarse de dichos descubrimientos, por lo general es baja. Históricamente, los científicos en las universidades y en los centros de investigación sin ánimo de lucro en los países en desarrollo han emprendido la mayor parte de la investigación básica en el mundo, pero los científicos de todas partes fácilmente pueden utilizar estos resultados para reforzar sus propias investigaciones. En años recientes, empresas privadas han realizado grandes inversiones en la investigación aplicada básica a medida que buscan ventajas estratégicas en el desarrollo de productos biotecnológicos. Algunos países en desarrollo cuentan con una capacidad modesta en ciencias básicas, pero ninguno dispone de los recursos en la misma escala que los países más desarrollados<sup>7</sup>.

Las dos fases siguientes de investigación que aparecen en la Figura 1, son categorías generales donde los descubrimientos de la investigación básica se traducen en tecnologías que los agricultores podrían utilizar. En el diagrama se plasma el desarrollo tecnológico para recalcar la importancia del desempeño institucional en esa área. El proceso se ilustra como algo lineal, unidireccional, pero es evidente que existen muchos bucles de información que no se muestran.

Cuando se barajan opciones de política en materia de investigación, una observación

esencial es que los países pueden beneficiarse de los avances tecnológicos sin poseer la capacidad autóctona para llevar a cabo todas las funciones de investigación en el país. De hecho, los desbordamientos de la investigación entre los países son comunes (Alston, 2002, Byerlee y Traxler, 2001, Traxler y Byerlee, 2001). Los países con una mayor capacidad investigativa pueden acceder más fácilmente a los desbordamientos de la investigación y la tecnología, pero esto no sugiere que la inversión en la investigación aplicada básica, incluida la investigación en biotecnología, sea siempre conveniente desde el punto de vista financiero. Los presupuestos para investigación suelen ser limitados y, en muchos casos, el libre aprovechamiento de los desbordamientos de la investigación generará una recuperación mayor de las inversiones nacionales en investigación.

La experiencia de Argentina y Paraguay en el acceso a los OMG desarrollados en los Estados Unidos es un buen ejemplo de esta situación (Qaim y Traxler, 2005, Trigo y Cap, 2006). Los descubrimientos científicos del sector público no formaron parte de la fase de desarrollo tecnológico de los OMG utilizados actualmente; de hecho, los aportes científicos del sector fueron muy arriba o no se dieron del todo. El talento fitogenético y la capacidad local para regular los OMG jugaron un rol crucial en el desarrollo de los OMG que han generado tantos beneficios. Paraguay está todavía más limitado en todas las áreas, en consecuencia, quedó a la zaga de Argentina en el acceso a la biotecnología. No obstante, ha recibido una gran cantidad de beneficios derivados; por ejemplo, en 2006, tenía la séptima área más grande del mundo cultivada con OMG, a pesar de no contar con capacidad de investigación en biotecnología.

La siguiente sección de este informe presenta indicadores empíricos de la capacidad científica e institucional de ALC en las áreas mencionadas en la Figura 1.

---

7. En una sección posterior se abordarán las mediciones empíricas de los productos de la investigación básica y aplicada nacional.

## 3.1 Requerimientos y capacidad científica para aplicar la ciencia biotecnológica

### 3.1.1 Tendencias globales en la investigación agrícola

En los países en desarrollo, los gastos del sector público en investigación agrícola han venido aumentando continuamente en los últimos decenios (Cuadro 2). Entre 1981 y 2000, la tasa media de crecimiento de los gastos en esos países fue casi el triple que la de los países

desarrollados (Pardey, et al., 2006). En 1981, el sector público de los países en desarrollo solo invertía el 81% de lo que gastaban los países desarrollados en investigación agrícola; pero para el año 2000, estaban gastando un 26% más que las naciones desarrolladas. No obstante, existen dos importantes salvedades a tan buenas noticias. En primer lugar, el incremento en los gastos de investigación no ha sido uniforme entre todos los países o regiones. Las inversiones han crecido

**Cuadro 2:**  
Gastos y tasas de crecimiento en la investigación agrícola por región

Gastos (millones de dólares internacionales 2000)		
	1981	2000
América Latina y el Caribe	1.897	2.454
África Subsahariana	1.196	1.461
China	1.049	3.150
Asia y Pacífico	3.047	7.523
Medio Oriente y África del Norte	764	1.382
Países en desarrollo	6.904	12.819
Países desarrollados	8.293	10.191
Total	15.197	23.010
Tasas de crecimiento anual (porcentaje anual)		
	1981-2000	
América Latina y el Caribe	2,0%	
China	4,9%	
Asia y Pacífico	4,2%	
Medio Oriente y África del Norte	3,4%	
Países en desarrollo	3,1%	
Países desarrollados	1,1%	
Total	2,1%	

Nota: Los datos son cálculos provisionales y no incluyen a Europa del Este ni a los países de la antigua Unión Soviética.  
Fuente: Pardey et al. 2006

rápido en algunos de los países grandes, mientras que las erogaciones en muchos países más pequeños no se han mantenido a la par de la inflación. Entre 1981 y 2000, en India, China y Brasil los gastos crecieron a una tasa promedio anual del 8%, en comparación con una tasa del 2% en los demás países en desarrollo. ALC fue la región con países menos adelantados con la tasa de crecimiento más baja en gastos de investigación agrícola.

La segunda salvedad es la falta de interés casi total del sector privado en la investigación agrícola en los países en desarrollo. En 2000, el sector privado de estos países invirtió únicamente un 6% en investigación agrícola, en comparación con un 54% en las naciones

avanzadas (Cuadro 3). Como consecuencia, los gastos totales (privados y públicos) en investigación agrícola son un 62% mayores en los países desarrollados (Pardey, et al., 2006), lo que constituye una brecha de más de \$11.000 millones/año que podría crear una diferencia duradera en el progreso tecnológico. Los desbordamientos de algunos tipos de investigación privada pueden ser grandes e incluir innovaciones, como plaguicidas o maquinaria y, si bien estos insumos son creados gracias a las inversiones de los países avanzados, los productos se utilizan tanto en estos países como en los menos desarrollados. La investigación local es necesaria para muchos otros tipos de innovación, especialmente, en el campo del fitomejoramiento.

**Cuadro 3:**  
Inversión global pública y privada estimada en investigación y desarrollo agrícola, circa 2000

Región/País	Gastos			Porcentaje del gasto	
	(millones de dólares internacionales en 2000)			%	%
	Público	Privado	Total	Público	Privado
Asia- Pacífico	7.523	663	8.186	92%	8%
América Latina y el Caribe	2.454	124	2.578	95%	5%
África Subsahariana	1.461	26	1.486	98%	2%
Medio Oriente y África del Norte	1.382	50	1.432	97%	4%
Total de países en desarrollo	12.819	862	13.682	94%	6%
Total de países desarrollados	10.191	12.086	22.086	46%	54%

Fuente: Pardey et al. 2006

La falta de investigaciones por parte del sector privado constituye un importante obstáculo para aumentar el acceso de los agricultores de los países en desarrollo a variedades mejoradas de cultivos y a la biotecnología. Los transgenes son un buen ejemplo de las posibilidades que tienen las inversiones realizadas en un país adelantado para impactar un país en desarrollo. Los eventos transgénicos responsables de casi toda el área cultivada con OMG en los países avanzados fueron desarrollados en Estados Unidos o en Europa. Por otro lado, las investigaciones en fitomejoramiento para

crear variedades que se puedan combinar con los eventos transgénicos casi siempre se han realizado en el mismo país. En los Estados Unidos y en otras naciones avanzadas, el sector privado ha sido la principal fuente de variedades mejoradas para muchos cultivos. Además, a excepción de China, el sector privado ha sido la fuente de tecnología OMG en todos los lugares donde se ha difundido. Al sector privado se le atribuye el 70% de la inversión total en biotecnología agrícola, y casi toda la inversión ha ocurrido en los países desarrollados (Cuadro 4).

**Cuadro 4:**  
Gasto global estimado en investigación y desarrollo de la biotecnología de cultivos, 2001

	Milliones \$
Privado (70%)	3.100
Público (30%)	1.120
<b>Total países desarrollados (96%)</b>	<b>4.220</b>
China	115
India	25
Brasil	15
Otros	25
Total países en desarrollo (4%)	180
Total mundial	4.400

Fuente: James, 2002

### 3.1.2 Tendencias en la inversión en investigación agrícola en ALC

La información sobre los gastos en investigación agrícola para ALC proviene de la base de datos de Indicadores de Ciencia y Tecnología Agrícola (ASTI) del IFPRI. Los datos precisos datan de mediados y finales de 1990. En los últimos veinte años, los gastos han aumentado más lentamente en ALC que en el

conjunto de países menos adelantados, pero la región de ALC por lo general ha apoyado más la investigación agrícola que otras regiones de países en desarrollo. ALC tiene a su haber el coeficiente de intensidad de la investigación más alto de cualquier otra región de países en desarrollo, ya sea que se midan los gastos en investigación como una proporción del PIB agrícola, los gastos per cápita o las erogaciones por población agrícola económicamente activa (Cuadro 5). No obstante, las mediciones de la intensidad de investigación son menos de

**Cuadro 5:**  
Coeficientes seleccionados de intensidad de la investigación pública, 1976-1995

	Gastos como porcentaje del PIB agrícola			Gastos per cápita			Gastos por población agrícola económicamente activa		
	1976	1985*	1995*	1976	1985*	1995*	1976	1985*	1995*
	Porcentaje			(Dólares internacionales de 1993)					
América Latina	0,55	0,72	0,98	3,4	4,0	4,6	26,0	36,0	45,9
África Subsahariana África	0,91	0,95	0,85	3,5	3,0	2,4	11,3	10,6	9,4
China	0,41	0,42	0,43	0,7	1,3	1,7	1,8	3,1	4,1
Otros Asia	0,31	0,44	0,63	1,1	1,7	2,6	3,8	6,1	10,2
Países en desarrollo	0,44	0,53	0,62	1,5	2,0	2,5	4,6	6,5	8,5
Países desarrollados	1,53	2,13	2,64	9,6	11,0	12,0	238,5	371,0	594,1
Todos los países	0,83	0,95	1,04	3,3	3,8	4,2	12,9	15,3	17,7

\* Promedios trianuales de 1985 y 1995.  
Fuente: Pardey y Beintema (2001)

**Cuadro 6:**  
Fuente de financiamiento para la investigación agrícola pública

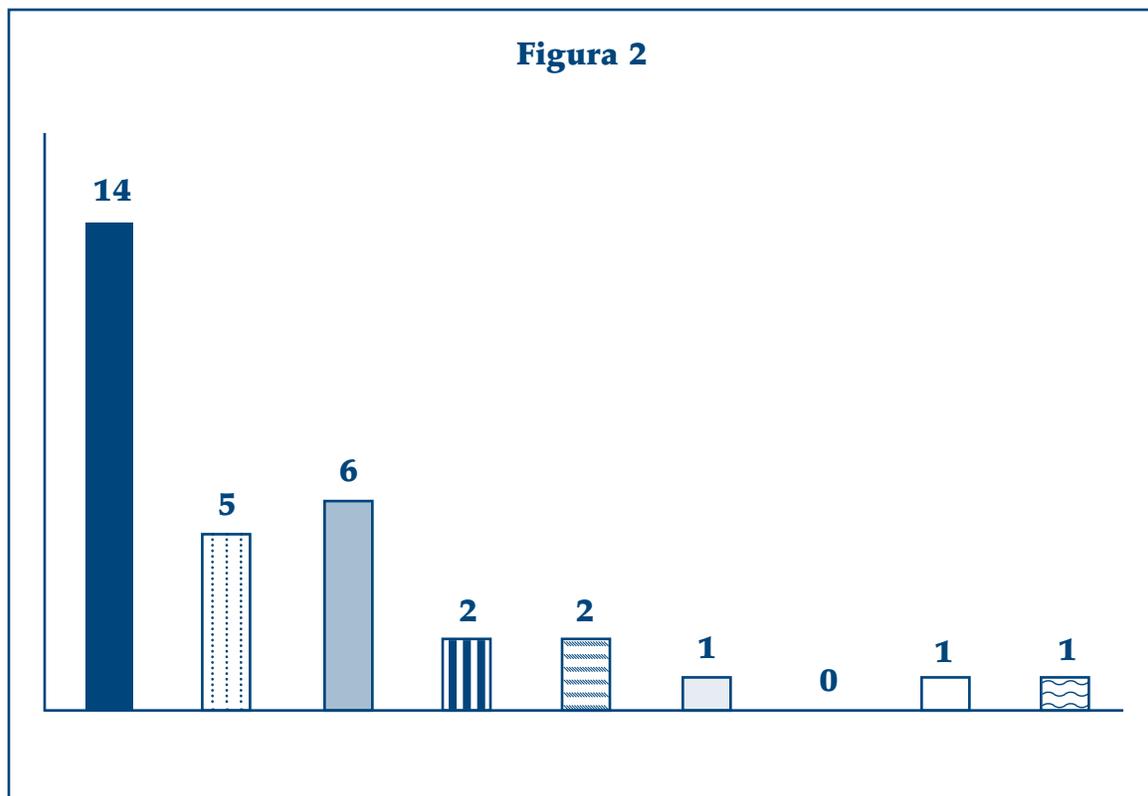
País	Año	Subsidio gubernamental	Ventas de productos y servicios	Impuestos asignados	Donantes	Privados	Otros
		(Participación en el porcentaje)					
Argentina	1991	21	1	67	0	0	12
Brasil	1991	95	4	0	0	0	1
Chile	1994	41	26	0	8	5	21
Colombia	1991	80	14	0	2	4	0
Ecuador	1991	58	21	0	12	0	9
Guatemala	1991	71	3	0	1	0	25
México	1991	88	5	2	4	0	1
Panamá	1986	62	2	0	5	0	31
Venezuela	1987	82	17	0	0	0	1
Promedio de la muestra		66	10	8	4	1	11

Fuente: Cremers y Roseboom

una tercera parte del promedio de los países desarrollados. El apoyo directo mediante fondos gubernamentales (subvenciones para fines generales) era la forma corriente de financiamiento de la investigación pública a principios de los 90, promediando un 66% del financiamiento total en los países donde existen datos (Cuadro 6). Argentina y Chile son las únicas naciones donde menos del 50% de los fondos provienen de una subvención gubernamental directa<sup>8</sup>.

En la región imperan grandes diferencias entre los países en cuanto al tamaño y la capacidad científica. Brasil representa cerca del 50% de los gastos totales en ALC. Si

agregamos a Brasil los presupuestos de Argentina y México, la inversión total en investigación agrícola en los tres países alcanza más del 85% del total para ALC. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de investigación y desarrollo agrícola de ALC son pequeños (Figura 2) –veinticinco de los 32 países de ALC cuentan con menos de 200 investigadores. El tamaño total de estos sistemas es menor que el de una universidad grande especializada en agricultura en los Estados Unidos. Los doce países de Centroamérica y el Caribe invierten tan solo \$39 millones (un monto cercano al presupuesto de una universidad agrícola mediana en los Estados Unidos).



8. En el caso del INTA en Argentina, un tributo especial a varios productos básicos constituyó la fuente principal de ingresos, mientras que en el caso del INIA en Chile, los contratos de investigación fueron una fuente importante de financiamiento.

En 1996, las instituciones del sector público emplearon a más de 13.500 investigadores equivalente a tiempo completo (IFPRI). De este total, Brasil dio empleo a casi 5.000 investigadores (el 36% del total para ALC), y Argentina y México juntos emplearon a otros 5.000, por lo cual los tres países representan el 73% del total para ALC. Las diferencias en el nivel de formación de los investigadores y en el gasto por investigador, también son considerables (Beintema y Pardey, 2001, Cremers y Roseboom, 1997). Mientras que el 82% de los investigadores brasileños posee una licenciatura, únicamente el 20% de los investigadores guatemaltecos y el 27% de los hondureños, la tienen. En Brasil y México más de la mitad de sus investigadores tienen un título universitario; en Brasil y Chile un 20% o

más tienen un doctorado. El nivel académico de los investigadores latinoamericanos aumentó continuamente entre principios de 1970 y 1996, última fecha para la que se tiene información disponible (Cuadro 7). La cantidad de investigadores con un doctorado se ha sextuplicado, y la cantidad con una maestría se ha duplicado, mientras que la proporción con bachillerato disminuyó del 77% al 33%. Estas cifras para la región han sido afectadas considerablemente por los avances que Brasil y México han logrado en la capacitación de sus investigadores. Por ende, si excluimos estos dos países, el porcentaje de investigadores latinoamericanos con título universitario disminuye a un 55%, y solo un 18% posee un doctorado.

**Cuadro 7:**  
Títulos académicos de los investigadores agrícolas públicos, 1996

	PhD	MSc	BSc
	(Porcentaje)		
Por país:			
Brasil	31	51	18
Chile	21	28	52
Colombia	11	38	52
Costa Rica	10	26	64
Guatemala	5	15	80
Honduras	14	13	73
México	19	47	34
Panamá	8	29	63
Paraguay	3	34	64
Uruguay	7	29	65
Promedio de 10 países	23	45	33

Fuente: Beintema y Pardey (2001)

A pesar de los esfuerzos en curso por reformar y reestructurar la investigación agrícola en ALC, la estructura más común continúa siendo el modelo INIA en los países latinoamericanos más grandes y el modelo de departamentos ministeriales en los países más pequeños.

La mayoría de los institutos nacionales de investigaciones agrícolas (INIA) que constituyen el pilar de los sistemas nacionales de investigación agrícola (SNIA) en ALC son instituciones públicas autónomas creadas en los años 50, 60, o principios de los 70. La intervención de proveedores alternativos de investigación agrícola, como las ONG, las universidades y el sector privado, es reciente en casi todos los países. En muchas naciones ahora podemos encontrar algunos otros proveedores, pero la calidad de sus servicios varía considerablemente y, por lo general, existe falta de coherencia y cohesión entre los esfuerzos de los distintos proveedores de servicios de investigación. La proporción media de la capacidad pública nacional de las principales instituciones de investigación agrícola (ya sea un INIA o un departamento ministerial encargado de la investigación) es de un 46%. El porcentaje de investigación universitaria es significativo, a saber, un 28,1%, pero tiende a ser menor en los países más pequeños. En las naciones desarrolladas, a mediados de los años 90, alrededor del 43 por ciento de la investigación pública la realizaban las universidades; en África solo el 10 por ciento (Beintema y Pardey, 2001). Los países latinoamericanos han seguido los pasos de los países desarrollados, y ahora las universidades juegan un rol más activo en la innovación agrícola. La proporción de la investigación emprendida por los organismos sin fines de lucro es exigua –solo un 4,6 %– pero es mucho mayor en algunos países más pequeños.

### 3.1.3 *Indicadores bibliométricos de la capacidad en ciencias básicas y aplicadas*

En ninguna parte es tan evidente la diversidad regional como en los indicadores de la investigación científica. Dada la diversidad de los países latinoamericanos, el rol de la biotecnología moderna necesariamente también tendrá que variar mucho entre los países de la región

Los avances en biotecnología, al igual que otras áreas de la ciencia, exigen un equilibrio entre los esfuerzos de investigación básica y la aplicada. La investigación en ciencias básicas no tiene que concentrarse en las aplicaciones agrícolas para ser relevante para la agricultura, y es realizada por instituciones dentro y fuera del sistema público de investigación agrícola. En ALC no se dispone de una cuantificación de las inversiones en investigación en ciencias básicas, sin embargo, es posible derivar mediciones informativas de los productos de la investigación básica utilizando herramientas bibliométricas en línea. En los últimos diez años, los métodos bibliométricos han progresado rápidamente, sobre todo con el advenimiento de las bases de datos en línea como el Social Science Citation Index, el Science Citation Index y Scopus. Éstas incluyen información de artículos y citas de manuscritos publicados en libros, revistas, actas de conferencias y otros medios científicos y populares. Mediante el empleo de las herramientas en línea, es posible generar listas de publicaciones de científicos específicos, de facultades de alguna universidad o de otras agrupaciones.

La base de datos Scopus puede utilizarse para hacer un recuento de la cantidad de artículos publicados en revistas por los científicos

de cada país de ALC. Scopus contiene artículos publicados en más de 15.000 revistas comentadas por colegas, incluyendo 3.400 revistas en el campo de las ciencias biológicas. La base de datos abarca publicaciones de todas las regiones geográficas, incluyendo títulos en idiomas distintos al inglés, cuando los artículos tienen resúmenes en inglés. Alrededor del 36% de los artículos se publican en Norteamérica y un 3% en Sudamérica.

A fin de medir la producción en ciencias básicas, se buscaron todos los artículos publicados en las áreas de “Bioquímica, genética y biología molecular” (BGBM), de 1997 a 2006, por científicos afiliados a instituciones en cada país latinoamericano. También se utilizó Scopus para obtener cifras de la cantidad de artículos en el área de “Ciencias agrícolas y biológicas” (CAB). Los resultados se muestran en el Cuadro 8.

**Cuadro 8:**  
Cantidad de artículos publicados por científicos de instituciones en países de ALC, 1997-2006.

		Bioquímica, genética y biología molecular	% total ALC	Ciencias agrícolas y biológicas	% total ALC
1	Brasil	20.939	45%	3.570	45%
2	Argentina	8.908	19%	1.327	17%
3	México	7.126	15%	1.256	16%
4	Chile	3.143	7%	449	6%
5	Venezuela	1.393	3%	398	5%
6	Cuba	1.359	3%	145	2%
7	Colombia	995	2%	210	3%
8	Uruguay	798	2%	135	2%
9	Costa Rica	328	1%	92	1%
10	Perú	319	1%	84	1%
11	Panamá	206	0%	102	1%
12	Jamaica	178	0%	40	1%
13	Ecuador	144	0%	32	0%
14	Trinidad y Tobago	129	0%	26	0%
15	Bolivia	105	0%	26	0%
16	Guatemala	50	0%	15	0%
17	Paraguay	39	0%	4	0%
18	El Salvador	36	0%	8	0%
19	Barbados	35	0%	6	0%
20	Nicaragua	28	0%	4	0%

		Bioquímica, genética y biología molecular	% total ALC	Ciencias agrícolas y biológicas	% total ALC
21	Rep. Dom.	22	0%	1	0%
22	Honduras	21	0%	4	0%
23	Granada	21	0%	0	0%
24	Bahamas	7	0%	2	0%
25	Guyana	6	0%	0	0%
26	Haití	5	0%	0	0%
27	Belice	5	0%	1	0%
28	St. Kitts y Nevis	3	0%	0	0%
29	Dominica	2	0%	0	0%
30	Suriname	0	0%	0	0%
31	San Vicente y las Granadinas	0	0%	0	0%
32	Santa Lucía	0	0%	0	0%
33	Antigua y Barbuda	0	0%	0	0%
<b>Total</b>		<b>46.350</b>	<b>100%</b>	<b>7.937</b>	<b>100%</b>
	Canadá	66.815		6.336	
	Estados Unidos	554.180		42.001	
	España	45.452		5.072	
	China	53.397		5.812	
	India	32.325		4.604	

Fuente: Base de datos SCOPUS

Los científicos de ALC publicaron un total de 46.350 artículos sobre bioquímica, genética y biología molecular y 7.937 sobre ciencias agrícolas y biológicas. Los científicos empleados por instituciones brasileñas generaron un 45% de todas las publicaciones de ALC en las áreas de BGBM y CAB. Argentina y México están en segundo lugar, cada uno con una cantidad similar de publicaciones, seguidos por Chile, Venezuela, Cuba, Colombia, Uruguay, Costa Rica y Perú. Más de la mitad de los países de la región tenía 50 artículos o menos de BGBM, y 15 o menos de CAB. En el Cuadro

8 también se incluyen los totales para otros países miembros del IICA, Canadá, Estados Unidos y España.

El examen de la producción científica sugiere que Brasil puede llegar a ser una importante fuente internacional tanto en las ciencias básicas como en las agrícolas, aunque debe reconocerse que en comparación con Canadá, actualmente solo produce cerca del 30% de la investigación en ciencias básicas y el 45% de la producción en ciencias agrícolas; y, en comparación con los Estados Unidos, genera menos del 9% de las investigaciones

en ciencias agrícolas. Canadá y Estados Unidos son los países donde se han desarrollado más OMG. Argentina y México también tienen a su haber una producción significativa en ambos campos, aunque no llegan al nivel de Brasil. Chile, Venezuela, Cuba, Colombia y Uruguay han mostrado una capacidad limitada. En los demás países de la región, la capacidad científica es muy reducida, ya que dos terceras partes de los países producen menos de 10 artículos en ciencias básicas y menos de 3 en ciencias agrícolas por año. Esto pone en tela de duda si actualmente hay o si en el futuro habrá suficientes científicos capacitados incluso para conformar instituciones reguladoras creíbles en bioseguridad en cada país. El establecimiento de comités de bioseguridad regionales, en lugar de nacionales, parecería la opción más lógica, aunque los sentimientos políticos podrían obstaculizar este cambio.

Estos indicadores de producción y formación científica permiten dividir en cuatro grupos la capacidad agrícola nacional en investigación agrícola en ALC. El primer grupo incluye los 25 sistemas de investigación agrícola más pequeños. Estos sistemas nacionales tienen un tamaño similar al de una universidad con terrenos agrícolas en los Estados Unidos, pero están en desventaja respecto a estas universidades en términos de financiamiento y formación de sus científicos, la mayoría de los cuales tiene una licenciatura o maestría. El segundo grupo conformado por países medianos, ha mejorado su capacidad investigativa, pero tiene grandes áreas en las que sus conocimientos técnicos son limitados. En este grupo se encuentran Perú, Costa Rica, Uruguay, Colombia y Chile. El tercer grupo está integrado por México y Argentina, que, en comparación con el segundo grupo de países, cuentan con una mayor capacidad en investigación básica, una mayor cantidad de científicos con un doctorado, varias universidades con una buena dotación de personal capacitado y científicos que con

regularidad participan en congresos científicos internacionales. Por último, Brasil está solo en un grupo, como una fuente potencial de desbordamiento de beneficios al resto de las naciones de la región.

Los sistemas muy pequeños carecen del capital humano no solo para emprender investigaciones básicas, sino que también deben tomar prestados casi todos los tipos de investigación, incluyendo las tecnologías terminadas. Estos países no disponen de capacidad investigativa en todas las disciplinas necesarias para proveer personal adecuado para las investigaciones, ni siquiera en productos agrícolas básicos importantes. Un desafío considerable para estos países es elevar el nivel de formación de sus investigadores agrícolas y retener los científicos con estudios avanzados en el sector de investigación. Es evidente que la gran mayoría de las tecnologías agrícolas útiles serán desarrolladas en otros países y adaptadas a las condiciones locales. Por lo tanto, el enfoque estratégico de estas naciones deberá abocarse a tener acceso a los desbordamientos tecnológicos de todas las fuentes posibles. Sin embargo, la reducida cantidad de científicos con una maestría o un doctorado deja a muchos países por debajo del umbral de talento científico necesario incluso para seleccionar de manera competente y adaptar las tecnologías desarrolladas en otros sitios.

Los países del segundo grupo se encuentran en una mejor posición para aprovechar los desbordamientos dado que cuentan con gran cantidad de investigadores con estudios avanzados que pueden seleccionar tecnologías extranjeras adecuadas cuando tienen acceso a ellas. Estos países seguirán dependiendo de la tecnología importada en muchas áreas, pero son capaces de llevar a cabo investigaciones de adaptación. Éstos también podrían realizar investigaciones estratégicas y algunas básicas sobre productos básicos locales importantes. El

tercer grupo (Argentina y México) tiene el potencial de organizar programas de investigación creíbles en cualquier área importante, incluyendo la investigación básica, pero debe priorizar minuciosamente sus actividades debido a la gran diversidad de la agricultura y a las restricciones en el nivel total de recursos disponibles. Muchos de sus científicos tienen vínculos con la comunidad científica internacional, y la cantidad de investigadores es adecuada para cubrir

todos los productos agrícolas básicos y las disciplinas importantes. Aun así, los esfuerzos por aprovechar los desbordamientos constituyen un componente clave del cambio técnico en el futuro. Brasil dispone de la capacidad científica y financiera para realizar investigaciones en una escala mucho mayor que otros países latinoamericanos. El tamaño del sector agrícola brasileño sugiere que tiene buenas posibilidades de atraer grandes cantidades de inversión privada.



# 4

## Capacidad reglamentaria

### 4.1. Situación actual de los protocolos de bioseguridad en cada país

La formulación de las leyes sobre bioseguridad constituye un área donde los países de ALC han avanzado bastante. Veinte países de la región han firmado y ratificado el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (Cuadro 9) (Tewolde, 2006). Otros nueve lo han firmado, pero no lo

han ratificado, dejando solo a Guyana y Suriname como países que no han tomado acciones respecto al Protocolo. Sin embargo, aunque casi todos los países han firmado el Protocolo, la mayoría todavía se encuentra en el proceso de aprobar leyes específicas sobre bioseguridad (Cuadro 10).

### 4.2. Análisis de los ensayos sobre el terreno y las aprobaciones comerciales

Si bien la mayor parte de los países han logrado avances en la adopción de leyes sobre bioseguridad, algunos carecen de experiencia en el paso crucial de efectuar ensayos de bioseguridad sobre el terreno. La acción legislativa tendiente a reconocer potestades normativas es tan solo el primer paso hacia la implementación de un sistema funcional de bioseguridad. En esta sección utilizamos datos de ensayos realizados sobre el terreno con OMG y de aprobaciones comerciales como indicadores de que se cuenta con experiencia en la puesta en marcha de los protocolos sobre bioseguridad.

La reglamentación en materia de bioseguridad comporta dos etapas de aprobación fundamentales. La institución investigadora

que produce un nuevo OMG primero debe obtener un permiso de una agencia nacional de bioseguridad para realizar ensayos sobre el terreno. Una vez concluidos los ensayos –que tardan varios años– la institución puede solicitar a la agencia reglamentaria que elimine la regulación sobre un artículo. Si la solicitud es aprobada, por lo general se permite comercializar el OMG.

Los cinco países en el Cuadro 11 han llevado a cabo la mayoría de los ensayos sobre el terreno en ALC<sup>9</sup>. En este grupo, Argentina da cuenta del 60% de todas las pruebas. Desde el año 2000, en ALC no ha habido aumentos significativos en la cantidad de países que realiza ensayos sobre el terreno ni en la cantidad total de ensayos. Las

9. Chile, Cuba, Colombia, Uruguay, Paraguay y Honduras también han efectuado pruebas de campo, pero no se dispone de información sobre las pruebas.

multinacionales han dominado la ejecución de los ensayos sobre el terreno, al realizar el 82% de todos los experimentos entre 2000-2007 en los países donde existe un desglose. Únicamente en México y Argentina el sector público cuenta con amplia experiencia en ensayos de bioseguridad sobre el terreno, y las universidades solo han realizado 13 pruebas en toda ALC durante ese período.

Siete países latinoamericanos han aprobado uno o más eventos para alimentos, piensos, ambiente o siembra (Cuadro 13). Todos los eventos aprobados fueron desarrollados por el sector privado multinacional, por lo que las aprobaciones indican que un país posee la capacidad científica para conformar mecanismos reglamentarios en

bioseguridad, así como el clima político para visualizar el proceso, en lugar de solo contar con capacidad nacional para realizar investigaciones en biotecnología. El apoyo político y público a la biotecnología ha sido volátil en todos los países salvo Argentina. En Brasil, por ejemplo, el comité reglamentario nacional aprobó la siembra de soja RR en 1998, pero se impuso una moratoria a la venta de semillas OMG hasta 2005. El proceso de aprobación en Brasil sigue estando muy politizado y es incierto. Con la posible excepción de Argentina, todos los demás países han enfrentado grandes escollos para hacer pasar los eventos por el proceso de bioseguridad. Como consecuencia, la cantidad de eventos aprobados en ALC ha crecido poco (Cuadro 13).

**Cuadro 9:**  
Estado de las acciones en torno al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología

Partes del protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología		
Antigua y Barbuda	Dominica	Paraguay
Bahamas	Ecuador	Perú
Bolivia	Guatemala	Santa Lucía
Brasil	México	Granada
Colombia	Nicaragua	Trinidad y Tobago
Cuba	Panamá	Belice
San Vicente y las Granadinas	St. Kitts y Nevis	
Países que han firmado el Protocolo pero no lo han ratificado		
Argentina	Costa Rica	Jamaica
Venezuela	Haití	Uruguay
Chile	Honduras	
Países que no han firmado el Protocolo		
Guyana	Suriname	

Fuente: (Tewolde, 2006)

**Cuadro 10:**  
Estado de la legislación sobre bioseguridad, por país

Legislación específica sobre bioseguridad	Legislación relacionada	Sin información/ Sin acceso a legislación
Argentina	Belice*	Antigua y Barbuda
Brasil	Bolivia*	Bahamas
México	Chile	Barbados
	Costa Rica*	Dominica
	Ecuador	Guyana
	El Salvador*	Haití
	Guatemala	Santa Lucía
	Granada	St. Kitts y Nevis
	Honduras	San Vicente y las Granadinas
	Jamaica*	Suriname
	Nicaragua*	Trinidad y Tobago
	Panamá	
	Paraguay	
	Perú**	
	Rep. Dominicana	
	Uruguay	
	Venezuela	

Fuente: (Tewolde, 2006) \*En proceso de crear y/o modificar leyes

\*\*Ley en espera de publicación oficial

**Cuadro 11:**  
Cantidad de pruebas de campo en Bioseguridad para  
5 países de América Latina.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
Argentina	78	63	70	99	80	73	124	587
Brasil	48	159	36	8	21	9	68	349
Colombia	1	0	0	2	2	10	0	15
Costa Rica	3	2	3	5	5	6	4	28
México			34	12		43	56	145
Total	130	224	109	114	108	98	196	976
Argentina participación en el total	60%	28%	64%	87%	74%	74%	63%	60%

**Cuadro 12:**  
Origen de las pruebas de campo por sector (2000-2006)\*.

	<b>Multinacionales Privadas</b>	<b>Nacionales Privadas</b>	<b>Universidades</b>	<b>SNIA</b>	<b>Total</b>
Cantidad de ensayos en países donde se dispone de información de fuentes					
Argentina	477	73	10	27	587
Brasil*	88	0	0	7	95
México	95	0	0	17	112
Colombia	14	0	0	4	18
Costa Rica	17	8	3	0	28
<b>Total</b>	<b>691</b>	<b>81</b>	<b>13</b>	<b>55</b>	<b>840</b>
Porcentaje del total de país en países donde se dispone de información de fuentes					
Argentina	81%	12%	2%	5%	100%
Brasil*	93%	0%	0%	7%	100%
México	85%	0%	0%	15%	100%
Colombia	78%	0%	0%	22%	100%
Costa Rica	61%	29%	11%	0%	100%
<b>Total</b>	<b>82%</b>	<b>10%</b>	<b>2%</b>	<b>7%</b>	<b>100%</b>
Otros ensayos (países donde no se dispone de información de fuentes)					
Guatemala					3
Honduras					4
Paraguay					?
Uruguay					?

\* Los datos para Brasil solo corresponden al año 2006.

**Cuadro 13:**  
Aprobaciones de bioseguridad por tipo de aprobación, 1996-2006

País	Cantidad de eventos ambientales aprobados (año de primera aprobación)	Siembra Cantidad de eventos aprobados	Alimentos para consumo humano Cantidad de eventos aprobados (año de primera aprobación)	Piensos Cantidad de eventos aprobados
Argentina	10 (1996)	10	10 (1998)	10
Brasil	2 (1998)	2	2 (1998)	3
Colombia	4 (2000)	3	5 (2002)	5
Honduras	1 (2002)	1	1 (2002)	1
México	4 (1996)	4	36 (1996)	2
Paraguay	1 (2004)	1	1 (2004)	1
Uruguay	5 (1997)	5	3 (1997)	3
Año				
1996	3	3	8	2
1997	2	2	1	1
1998	5	5	6	5
1999	1	1	2	0
2000	3	3	1	0
2001	1	1	5	2
2002	2	1	5	1
2003	2	2	7	2
2004	4	4	12	5
2005	2	2	5	4
2006	2	2	5	0
Total	27	26	57	22

Fuente: (James, 2006)

### 4.3. Derechos de propiedad intelectual en ALC

El tema de la protección de los derechos de propiedad en la agricultura ha sido objeto de gran atención en la literatura reciente (Anónimo, 2006, Byerlee y Fischer, 2001, Moschini y Lapan, 1997). Este énfasis es resultado de la creciente importancia del sector privado como facilitador de la investigación, así como el interés en el efecto de los cambios sobre las leyes y prácticas en derechos de propiedad intelectual (DPI) derivados de nuevos convenios internacionales, tales como la Convención sobre Diversidad Biológica, el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, y los requerimientos emanados del Acuerdo sobre los ADPIC. En términos relativos, la literatura existente ha prestado poca atención al tema de la aplicación, a pesar de que la falta de capacidad para proteger la propiedad intelectual, incluso en los casos en que sí existe legislación, ha limitado de manera importante la inversión privada en el mejoramiento de cultivos y en OMG para los países en desarrollo. La protección de variedades vegetales (PVV) y otras leyes, constituyen solo un primer paso en la protección efectiva de la propiedad intelectual, tal y como lo señala una publicación reciente del Banco Mundial:

“Es de esperar que la PVV solo afecte levemente la orientación de los mercados nacionales de semillas comerciales, dado que la mayoría de los sistemas PPV en los países en desarrollo no ejerce control alguno sobre el almacenamiento de semillas por parte de los agricultores y tienen una capacidad sumamente limitada para hacer cumplir las leyes (debido a las deficiencias de los sistemas jurídicos, a la falta de personal

para velar por su cumplimiento, y a que las mismas compañías carecen de la experiencia necesaria). La protección de cultivos transgénicos ha probado ser particularmente difícil en los países en desarrollo. Es probable que un régimen de protección de la propiedad intelectual como tal no ofrezca suficientes incentivos para promover el surgimiento de un sector de fitomejoramiento y de semillas consolidado; es menester prestar atención, además, a otras instituciones y al establecimiento de un entorno habilitador”. (Anónimo, 2006) (pp. xv-xvi)

El Cuadro 14 resume algunos aspectos de la legislación en materia de derechos de propiedad intelectual en los principales países de ALC. Todos los países en la lista, salvo Perú y Costa Rica, han adoptado los artículos contenidos en el Acta UPOV 1978 que rigen el uso de variedades vegetales. Trinidad y Tobago, Panamá y Nicaragua también han adoptado el UPOV 1978. La legislación vigente en otros aspectos importantes de la protección de la propiedad intelectual es irregular y, en gran medida, no ha sido puesta en práctica.

Al parecer, la mayoría de los países están al tanto de los aspectos de propiedad intelectual que atañen a la biotecnología; sin embargo, todos se enfrentan a la complejidad de implementar sistemas que satisfagan tanto las necesidades nacionales como las obligaciones internacionales. Si se ha de atraer inversión privada, la habilidad con la que los países ejerzan sus derechos de propiedad intelectual será tan importante como la misma legislación. Aun no se ha publicado ninguna evaluación general sobre la medida en que las leyes han apoyado la aplicación de los DPI.

### 4.3.1. Piratería y cumplimiento con los derechos de propiedad intelectual

La dificultad de proteger la propiedad intelectual de los OMG ha preocupado seriamente al sector privado en casi todos los países en desarrollo. Hasta el momento, la experiencia de este sector en la generación de ingresos por la venta de OMG en los países en desarrollo, no ha sido alentadora. El Cuadro 14 enumera los países en desarrollo donde se han comercializado cultivos modificados genéticamente hasta 2006 y el tipo de cultivo. Un cálculo a grosso modo indica que cerca del 90% del área actualmente cultivada con OMG en los países en desarrollo se ha visto afectada de manera significativa por la piratería de semillas. La pérdida de réditos ha sido más acentuada en el cono sur de Sudamérica, donde se han percibido escasas ganancias como resultado de la siembra de un total acumulado de casi 120 millones de hectáreas de soja RR (Cuadro 16). Debido, en gran parte, a diferencias en los aspectos técnicos involucrados en el procesamiento de la semilla recolectada para resiembra, se ha recaudado una mayor cantidad de derechos tecnológicos en las zonas donde se cultiva maíz y algodón, que en aquellas sembradas con soja. La recaudación más constante de derechos se registra en la venta de semilla híbrida de maíz, donde parece ser que la piratería ha sido un problema relativamente menor. El algodón Bt en México y Sudáfrica también ha generado cuantiosas ganancias, aunque éstas han sido inferiores en China y la India, a pesar de que en la India se utilizan híbridos.

La forma más común de piratería en semillas ocurre a través del almacenamiento y la reventa de la semilla recolectada por parte de los agricultores. El tamaño del mercado

legal de semillas se ve reducido no solo por la semilla que guardan los agricultores para uso propio, sino también por su reventa a otros agricultores. A menudo, no se trata de simples agricultores que venden semilla a sus vecinos, sino empresarios que comercializan semilla para llevar en zonas extensas, quizá incluso allende las fronteras nacionales. Este tipo de piratería se ha generalizado en el Cono Sur y podría estar presente, en alguna medida, en todos los países. Las ventas directas entre agricultores son difíciles de detectar y resulta costoso procesar estos casos dentro del sistema judicial. Para ello, sería necesario contar con tribunales y jurados que fallen en contra de un agricultor local, favoreciendo así a alguna corporación multinacional. Asimismo, en el caso canadiense contra Percy Schmeiser, Monsanto descubrió que, incluso cuando se gana un caso de piratería en la corte, se puede perder ante la opinión pública.

Monsanto ha logrado hacer valer sus derechos de propiedad en los Estados Unidos, principalmente a través del uso de contratos para prohibir el almacenamiento de semillas. Lo anterior permite entablar juicios por incumplimiento de contrato, no por violación de los derechos de propiedad intelectual. De 1997 a 2005, Monsanto procesó noventa demandas similares en 25 estados contra 147 agricultores y 39 compañías agrícolas (Elias, 2005). La compañía instaló una "línea de información" mediante la cual se puede reportar de forma anónima a los agricultores que usen sus semillas de manera ilegal y, en muchos casos, llegar a un arreglo antes de entablar una demanda. Esta multinacional ha acudido a los tribunales en cinco ocasiones y nunca ha perdido una batalla legal contra alguien acusado de piratería. Hasta el momento la protección de los DPI ha resultado ser mucho más difícil e incierta en los países en desarrollo, dando como resultado una merma en la inversión privada en investigación.

**Cuadro 14:**  
Protección de los DPI en áreas relacionadas con la biotecnología agrícola  
en ALC

País	Descubrimiento	Proceso biológico	Plantas <sup>1</sup>	Variedades plantas <sup>2</sup>	Animales (razas)	Genes
Argentina	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Chile	No	Sí	?	Sí	Sí <sup>3</sup>	?
Brasil	No	Sí	No	Sí	No	No
Uruguay	No	No	No	Sí	No	No
Paraguay	No	No	No	Sí	No	?
Bolivia*	No	No	No	Sí	No	?
Perú*	No	No	No	No	No	?
Ecuador*	No	No <sup>4</sup>	No	Sí	No	Sí
Colombia*	No	No	No <sup>5</sup>	Sí	No	?
Venezuela*	No	No	No	Sí	No	Sí
México	No	No	Sí	Sí	No	?
Costa Rica	No	No	No	No	No	?

Fuente: Trigo, et al., 2002

\* La legislación se encuentra en el ámbito de la Decisión 344 del Convenio de Cartagena

1. Modificación genética

2. Acta UPOV 78

3. Las razas de animales están excluidas explícitamente de la concesión de patentes (Ley 19.039, Art. 37b), pero no los animales como tales.

4. Sí para obtener variedades vegetales, no para los animales

5. No definido. El documento de WIPO no reporta ninguna exclusión para la concesión de patentes en el caso de plantas, sin embargo, no parece posible obtener una patente para el uso de una planta en sí.

**Cuadro 15:**  
Piratería en cultivos OMG en países en desarrollo, 2006

País	Área con OMG 2006 (m ha)	Cultivo	Grado de piratería
Argentina	15,9	Soja	Casi total
Argentina	1,8	Maíz	Bajo
Argentina	0,37	Algodón	Bajo
Brasil	11,5	Soja	Total
Brasil	0,3	Algodón	Total
India	3,8	Algodón	Alto (50-66%) <sup>3</sup>
China	1,4	Algodón	Alto (87%)
Paraguay	2,0	Soja	Total <sup>2</sup>
Sudáfrica	1,4		
Sudáfrica	nd	Maíz	Bajo
Sudáfrica	nd	Algodón	Bajo

Sudáfrica	nd	Algodón	Bajo
Uruguay	0,4	Soja	Desconocido
México	0,1	Algodón	Bajo
Filipinas	0,2	Maíz	Desconocido
Colombia	<0,1	Algodón	Desconocido
Honduras	<0,1	Maíz	Desconocido
Área total de MG	37		
Área afectada por la piratería	33		
% de área afectada por la piratería	89%		

Fuente del área total: Clive James, 2006.  
1. Ramaswamy y Pray

**Cuadro 16:**  
Área con soja RR (m ha) y recaudación estimada de derechos tecnológicos (\$ m), 1996 a 2006

País	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Todos los años
Argentina	0,1	0,4	1,8	4,9	6,9	8,8	10,4	11,8	13,1	14,4	15,9	88
Brasil	--	--	--	--	--	--	--	3,0	5,0	9,4	11,5	29
Paraguay									1,2	1,8	2,0	5
Área GM	0,1	0,4	1,8	4,9	6,9	8,8	10,4	14,8	19,3	25,6	29,4	122
Valor tecn <sup>1</sup>	\$1,5	\$5,4	\$26	\$71	\$100	\$128	\$152	\$216	\$281	\$374	\$429	\$1.784
Recaudado <sup>2</sup>	\$0,3	\$1,2	\$6	\$16	\$9	\$11	\$13	\$15	\$16	\$18	\$20	\$125
Lucro cesante	\$1,1	\$4,2	\$21	\$56	\$92	\$117	\$139	\$201	\$265	\$356	\$409	\$1.659

1. Valorado según la tasa de derechos tecnológicos de EE.UU. de \$16/ha

2. Las cifras de Argentina se basan en Irigo y Capp; para Brasil y Paraguay se suponen que es 0  
Fuente de los cálculos de área: James

En virtud de las dificultades para recolectar rentas en el punto de venta de la semilla de soja, Monsanto ha propuesto, en Paraguay, Argentina y Brasil, un sistema de regalías según el cual los derechos se recaudarán en el punto de venta del grano cosechado. Esta empresa ha logrado iniciar negociaciones en este sentido gracias a que posee las patentes sobre la tecnología Roundup Ready en muchos países, incluyendo Australia, la Unión Europea, Brasil, Belarús, Canadá, Suiza, Japón, Kazajistán, Países Bajos, Rusia, Suecia, Ucrania, Uzbekistán, Estados Unidos, Dinamarca, Israel, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Debido a esto, queda prohibida la exportación de soja que contenga Monsanto IP (el gen RR) a cualquiera de estos mercados. El sistema de regalías ha funcionado en alguna medida en Brasil y Paraguay desde la temporada de cultivo 2005/2006.

En Argentina, Monsanto no ha logrado cristalizar un acuerdo de regalías con los agricultores y comercializadores de semilla. En 2005 y 2006, la empresa emprendió acciones legales con el propósito de detener unos cargamentos de soja argentina en España, Gran Bretaña, Dinamarca y los Países Bajos (Haskel, 2006). A su vez, el gobierno y los productores de ese país contrademandaron a Monsanto pero sin ninguna resolución, ya sea a los aspectos legales o al pago de regalías.

En enero de 2004, Monsanto anunció que abandonaría sus operaciones de semilla en Argentina. Dicho país se rige por el Acta UPOV 1978, que permite a los agricultores guardar semilla, pero no venderla o comercializarla.

En Brasil, en el marco de este sistema de regalías, a los agricultores que no pueden entregar una factura por la compra de semilla de soja de un comerciante autorizado se les exige pagar una "cuota de indemnización" al elevador en el momento de vender su cosecha, a cambio de lo cual estos últimos reciben una comisión. La cuota se distribuye entre Monsanto y sus socios en el negocio de semillas, y se asigna un porcentaje adicional a investigaciones del sector público o a una fundación que financie becas para investigación.

En Paraguay, la cuota para la temporada de cultivo 2006/2007 es de US\$3.09 por tonelada, pero se han programado cambios en la misma para llevarla a US\$6.00 por tonelada. Los agricultores estadounidenses pagan una cuota de tecnología cercana a los US\$5.50 por tonelada por el uso de la soja RR. En este país, Monsanto recibe el 53% de las regalías; las empresas de semilla reciben el 17%; los manipuladores de granos, el 8%; el 10% se destina a financiar investigaciones en el sector público, y el 12% a gastos administrativos.

## Resumen del análisis de la capacidad científica e institucional

Los países de la región representan una diversidad de capacidades en lo que respecta a la realización de investigaciones en apoyo al desarrollo de la biotecnología, su experiencia en la reglamentación de las investigaciones sobre biotecnología, el nivel de difusión de las aplicaciones de biotecnología y su potencial para atraer inversión privada. Todo parece indicar que esta diversidad científica y tecnológica no disminuirá a corto plazo, dada la considerable diversidad subyacente en términos de demografía, circunstancias económicas y geografía.

En el Cuadro 17, se intenta clasificar a los países de la región en grupos según su normativa vigente. El Cuadro muestra siete indicadores de la capacidad actual de cada país de aprovechar la biotecnología con fines agrícolas, la mayoría de los cuales han sido abordados en secciones anteriores. En las primeras dos columnas, se asigna una calificación de 0 a 3 a la capacidad de investigación de cada país en ciencias básicas y en ciencias agrícolas aplicadas, donde una calificación de 3 indica la mayor capacidad. Según lo expuesto anteriormente, Brasil pertenece a una clase por sí solo en virtud de su capacidad científica en los campos antes mencionados. Los siete países que aparecen a continuación en el cuadro también poseen una considerable capacidad en ciencias básicas, y esos siete más Costa Rica, Perú y

Panamá recibieron una calificación de “2” en lo que respecta a su competencia en ciencias agrícolas. Los países restantes poseen una capacidad sumamente limitada en ambos campos de la ciencia. Los países de ALC de menor tamaño recibieron una calificación de cero, lo que sugiere que casi toda la tecnología deberá provenir de otros países. El resto del cuadro resume la legislación y experiencia en materia de bioseguridad, e indica si existe legislación para proteger las innovaciones biotecnológicas.

El panorama resultante revela que todos los países deberán enfrentar desafíos importantes para que la biotecnología desarrolle su potencial y contribuya a mejorar la productividad agropecuaria en América Latina y el Caribe. En los últimos diez años, se ha observado un considerable avance, por ejemplo, en la promulgación de leyes y la realización de ensayos sobre el terreno. Sin embargo, cabe señalar que este progreso ha sido deliberado, lo que sugiere que pasarán muchos años antes de que el desarrollo de innovaciones biotecnológicas se convierta en cosa de rutina. Por lo general, la capacidad institucional avanza a paso lento y esto es muy evidente si comparamos el exiguo fortalecimiento de la capacidad institucional en el área de biotecnología con el impresionante ritmo al que han avanzado los descubrimientos científicos.

**Cuadro 17:**  
Resumen de la situación actual del acceso a innovaciones biotecnológicas

País	Ciencias básicas	Ciencias agrícolas	Área OMG	Aprobación OMG	Ensayos OMG	Legislación bioseguridad	DPI proc. biol.
Brasil	3	3	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Argentina	2	2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
México	2	2	Sí	Sí	Sí	Sí	
Chile	1	2	Sí <sup>1</sup>	Sí <sup>1</sup>	Sí	Sí	Sí
Venezuela	1	1	No	No	No	Sí	No
Cuba	1	1	No	No	Sí	Sí	No
Colombia	1	1	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Uruguay	1	1	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Costa Rica	1	1	No	No	Sí	Sí	No
Perú	1	1	No	No	No	Sí	No
Panamá	0	0	No	No	No	Sí	No
Jamaica	0	0	No	No	No	Sí	No
Ecuador	0	0	No	No	No	Sí	No
Trin / Tobago	0	0	No	No	No	No	No
Bolivia	0	0	No	No	No	Sí	No
Guatemala	0	0	No	No	No	Sí	No
Paraguay	0	0	Sí	Sí	Sí	Sí	No
El Salvador	0	0	No	No	No	Sí	No
Barbados	0	0	No	No	No	Nd	No
Nicaragua	0	0	No	No	No	Sí	No
Rep. Dom.	0	0	No	No	No	Sí	No
Honduras	0	0	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Granada	0	0	No	No	No	Sí	No
Bahamas	0	0	No	No	No	No	No
Guyana	0	0	No	No	No	No	No
Haití	0	0	No	No	No	No	No
Belice	0	0	No	No	No	Sí	No
St. Kitts/ Nevis	0	0	No	No	No	No	No
Dominica	0	0	No	No	No	No	No
Suriname	0	0	No	No	No	No	No
Sn. Vicente/ Granadinas	0	0	No	No	No	No	No
Sta. Lucía	0	0	No	No	No	No	No
Antigua/ Barbuda	0	0	No	No	No	No	No

## Repercusiones para las políticas en ciencia y tecnología

Trigo (2007) aduce que el entorno de la ciencia y la tecnología en las Américas está experimentando una transformación fundamental (Cuadro 18). Entre los aspectos clave identificados por Trigo está la creciente importancia del suministro de bienes privados por parte del sector privado. Esto constituye un cambio importante en la ciencia y tecnología agrícolas, de tradicional

dominio público. Al mismo tiempo, cada vez se asigna más importancia a las disposiciones relacionadas con la protección de los DPI, y a la necesidad de coordinar mejor la investigación y la comercialización. Trigo señala, además, que la innovación se deriva cada vez más de la investigación en ciencias básicas. Este nuevo entorno exigirá abundante innovación institucional –nuevas políticas, funciones e interacciones entre las instituciones de ciencia y tecnología existentes, así como la creación de algunas instituciones totalmente nuevas.

### Cuadro 18:

#### Entorno transformado de la ciencia y la tecnología (CyT) en las Américas

CyT tradicional
<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistema focalizado en bienes públicos suministrados por instituciones públicas</li><li>• Tecnologías generadas por investing aplicada</li><li>• Relativamente poca necesidad de inversión</li><li>• Poca atención a la protección de la propiedad intelectual</li><li>• Poca interacción entre el sector público y el privado</li><li>• Baja intensidad de la reglamentación</li><li>• Poca articulación entre generación y comercialización de la tecnología</li></ul>
CyT moderna
<ul style="list-style-type: none"><li>• Impulso innovador dado por el sector privado –Sector público juega un papel de apoyo</li><li>• Tecnologías habilitadoras derivadas de descubrimientos de las ciencias básicas</li><li>• Vínculos entre la industria y el sector público son esenciales</li><li>• Gran necesidad de nuevas inversiones; “Ciencia en grande”</li><li>• Fuerte protección de la propiedad intelectual</li></ul>

Fuente: Adaptado de Trigo, 2007

### Creciente participación del sector privado

Uno de los cambios más profundos en el entorno de la ciencia y la tecnología es el papel cambiante del sector privado. En mayor o menor grado, en todos los sistemas científicos y tecnológicos en ALC predominan las instituciones públicas. El sector privado da cuenta de apenas el 5% de la inversión en investigación agrícola en la región y, en la mayoría de los países, este porcentaje es mucho menor. Por otro lado, en los países industrializados actualmente las empresas privadas aportan más de la mitad de la inversión total en investigación agrícola. Las repercusiones de una mayor inversión privada son profundas, por lo que los gobiernos se están viendo obligados a reconsiderar una serie de políticas. Los países de la región enfrentan la posibilidad de quedar aún más rezagados que los países industrializados, a menos que puedan encontrar la manera de alentar la inversión privada. Lo anterior incluye acciones de política como garantizar la disponibilidad de crédito y aliviar la carga reglamentaria para las empresas que están empezando, así como otras acciones específicas a cada país.

### El rol evolutivo de las instituciones del sector público

La presencia de un sector privado ampliado también permite a las instituciones públicas reorientar los recursos de investigación hacia áreas de investigación básica y estratégica. La inversión privada se concentrará en el desarrollo de tecnologías aplicadas –un campo que, en la actualidad, es el foco de atención de las instituciones del sector público en ALC. Por el momento, pocos países en la región poseen capacidad adecuadas en investigación aplicada básica, pero si el sector privado comenzara a invertir en investigación agrícola, las instituciones públicas podrían repositionarse por sí solas. Lo anterior sugiere una nueva dinámica de investigación muy positiva para los países

con la suficiente agilidad y audacia para acoger las nuevas oportunidades que se presenten para incorporar al sector privado. Los países que puedan encontrar la manera de coordinar la investigación estratégica del sector público con la investigación aplicada privada, tendrán una gran ventaja tecnológica.

### Derechos de propiedad intelectual

Un área de política fundamental es la de los derechos de propiedad intelectual. El entorno cambiante de los DPI afecta tanto al sector privado como al público. El sector privado únicamente invertirá en áreas en las que se esperen niveles razonables de protección de los DPI, por lo que los países capaces de velar por el cumplimiento de los DPI tendrán una ventaja al atraer la inversión privada. Se debe tener presente que la voluntad y la capacidad para hacer cumplir los DPI son tan importantes como la existencia de legislación en materia de propiedad intelectual. Como se acotó anteriormente, la experiencia que se ha ganado hasta el momento en la protección de los DPI para productos transgénicos, no ha sido alentadora. El cumplimiento de estos derechos presenta dificultades, pero reviste gran importancia para que los países de la región tengan acceso a las tecnologías transgénicas en el futuro.

La deficiente infraestructura pública institucional en lo que respecta a los DPI es un tema que rara vez se aborda. Es imperioso contar con mejores regímenes para que la propiedad intelectual sea compartida entre diversas instituciones del sector público y entre el sector público y el privado. Resulta impresionante observar las diferencias que existen entre las empresas del sector privado y las instituciones del sector público en lo que respecta a su enfoque respecto al acceso y la distribución de la tecnología. El sector privado participa de manera muy activa en las contrataciones para el uso de componentes tecnológicos

de otras empresas privadas, así como en la concesión de licencias a terceros para el uso de tecnología propia. Prácticamente ningún producto agrícola reciente del sector privado ha llegado al mercado sin que le hayan precedido numerosas negociaciones en torno al acceso a los componentes tecnológicos. Las instituciones públicas están muy a la zaga en cuanto a su capacidad para acceder a la tecnología y sigue siendo inusual que éstas compartan la propiedad intelectual –el hecho de que Brasil, Argentina o México posea tecnología avanzada no ha beneficiado significativamente a los países más pequeños de la región, e incluso los de mayor tamaño no acostumbran compartir la tecnología. El diseño de mecanismos institucionales que permitan al sector público compartir la propiedad intelectual, ha sido lento. Asimismo, la falta de experiencia de las instituciones en la negociación de acuerdos ha obstaculizado el flujo de la propiedad intelectual entre los sectores público y privado. Tan importante como los aspectos técnicos de los contratos de propiedad intelectual es un cambio de actitud por parte de los formuladores de política en el sector público. Ya no tiene sentido esperar que ningún país o institución ostente “autonomía tecnológica”. En el futuro, el progreso de las investigaciones estará estrechamente vinculado a la capacidad de una institución de acceder a la tecnología desarrollada en otras partes. Lo anterior exigirá una nueva clase de gestores de la investigación, conscientes de la libertad existente para abordar distintos temas y que estén dispuestos a compartir los componentes tecnológicos. También resulta imperioso que los gestores de la investigación tengan cálculos realistas sobre el valor de sus propias tecnologías y las tecnologías de sus socios en las negociaciones.

#### *Infraestructura regulatoria*

Para diseminar aún más la biotecnología, también se deberá fortalecer la capacidad reguladora en materia de bioseguridad y

para otro tipo de evaluaciones en inocuidad de los alimentos. Los países pequeños del hemisferio sufren una seria desventaja con respecto a su capacidad para hacer acopio del talento científico necesario para conformar un comité nacional de bioseguridad, y casi todos los países tienen mucho por hacer para que los consumidores confíen en los sistemas regulatorios, una vez que estos se hayan implantado. En el futuro, la disposición de suscribir acuerdos regulatorios transnacionales será una característica clave de un sistema adecuado de formulación de políticas. Los acuerdos transnacionales tienen dos ventajas importantes. En primer lugar, al reunir todas las funciones reguladoras se aliviará la carga que tienen los científicos talentosos y comprometidos al interior de cada uno de los países participantes. En segundo lugar, un conjunto de regulaciones en común y un sistema reglamentario unificado reduce el costo de entrada para el sector privado, con lo que el sector estaría más anuente a introducir nuevas tecnologías en los países pequeños.

#### **Resumen y perspectiva**

El avance general en el desarrollo de los OMG no ha ocurrido a la velocidad que muchos esperaban cuando se introdujeron los OMG por primera vez, en 1996. Aún así, los OMG han generado miles de millones de dólares en beneficios para la región. Y, a pesar de que los cultivos han sido introducidos a través del sector privado en lugar del sector público, los beneficios se han distribuido ampliamente entre la industria, los agricultores y los consumidores. Lo anterior sugiere que la posición de monopolio derivada de la protección de los DPI no produce necesariamente ganancias excesivas en la industria. La evidencia proveniente de Argentina y México sugiere que los pequeños agricultores no han tenido más dificultades que los grandes al adoptar las nuevas tecnologías. Los efectos

ambientales de los cultivos transgénicos también han sido sumamente positivos hasta la fecha. En casi todos los casos, en el algodón Bt se utiliza mucho menos insecticida que en las variedades convencionales, y el glifosato ha sustituido herbicidas más tóxicos y persistentes en el cultivo de la soja RR, la canola, el algodón y el maíz. Asimismo, en los cultivos de soja y algodón RR se observa un aumento en la labranza reducida. Hasta la fecha, no se ha documentado consecuencias ambientales negativas en ninguno de los entornos donde se ha introducido cultivos transgénicos.

En la actualidad, todos los OMG son el resultado de residuales tecnológicos del mercado de semillas comerciales estadounidense, y solo dos rasgos y tres cultivos importantes han sido comercializados. Por el momento, no se ha mercadeado ninguna aplicación comercial de OMG desarrollada específicamente para abordar los problemas que aquejan a la agricultura en América Latina y el Caribe. El suministro de OMG también se ha concentrado en manos de unos pocos proveedores, y se basa en eventos genéticos pertenecientes a corporaciones multinacionales, aunque esto no ha impedido que los beneficios se distribuyan ampliamente entre los agricultores que han adoptado dicha tecnología, la industria y los consumidores. El principal obstáculo para que más agricultores reciban los beneficios ha sido la falta de inversión en investigaciones adaptas a sus necesidades.

En los años venideros, habrá que despejar importantes interrogantes de política para que los beneficios de la biotecnología lleguen a los pequeños agricultores y productores de cultivos de menor importancia.

Hasta ahora, la diseminación de los OMG ha distado mucho de ser predecible. De hecho, hace diez años, pocos previeron que en 2007 solo habría dos rasgos de OMG comercialmente exitosos. Actualmente, se investiga la manera de mejorar productos de consumo humano como el maíz, el trigo, el arroz, tubérculos y diversas hortalizas. La biotecnología alberga un gran potencial para abordar muchos de los problemas de producción más apremiantes que afectan a los agricultores en la región pero, si bien la ciencia de la biotecnología avanza a ritmo acelerado, la capacidad institucional para aplicar la biotecnología enfrenta desafíos de gran envergadura. Para los formuladores de políticas, resulta especialmente preocupante constatar las marcadas diferencias entre los países latinoamericanos en lo que respecta a su posicionamiento para utilizar el potencial de la biotecnología y la ciencia agrícola moderna. La brecha tecnológica parece estarse ampliando como resultado de una diversidad de factores económicos, sociales y geográficos. Para acortar esta brecha, será necesario emprender acciones audaces y oportunas con miras a desarrollar nuevas políticas en apoyo de la ciencia moderna.

# 6

## Referencias

- ALSTON, J. M. "Spillovers". Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 46, no. 3(2002): 315-346.
- ANÓNIMO. "Intellectual Property Rights: Designing Regimes to Support Plant Breeding in Developing Countries". AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT DEPARTMENT 35517-GLB. Banco Mundial, Washington, DC, 2006.
- ASOCIACIÓN SEMILLEROS ARGENTINOS, A. La Biotecnología en Argentina. <http://www.asa.org.ar/bio.asp>.
- BEINTEMA, N. M., Y P. G. PARDEY. "Recent Developments in the Conduct of Latin American Agricultural Research". Documento presentado en la conferencia ICAST conference on Agricultural Science and Technology, Pekín, 7-9 de noviembre de 2001.
- BENNETT, R., ET AL. "Bt Cotton, Pesticides, Labour and Health - a Case Study of Smallholder Farmers in the Makhathini Flats, Republic of South Africa". Outlook on Agriculture, 32, no. 2(2003): 123-128.
- BENNETT, R. M., ET AL. "Economic Impact of Genetically Modified Cotton in India". AgBioForum, 7, no. 3(2004): 96-100.
- BROOKES, G. Y P. BARFOOT. "Gm Crops: The Global Economic and Environmental Impact - the First Nine Years 1996-2004". AgBioForum, 8, no. 2&3(2005): 187-96.
- BYERLEE, D. Y K. FISCHER. "Accessing Modern Science: Policy and Institutional Options in Developing Countries". IP Strategy Today, 1(2001): 1-27.
- BYERLEE, D. Y G. TRAXLER. "The Role of Technology Spillovers and Economies of Size in the Efficient Design of Agricultural Research Systems", pp. 161-86. En ed. J. M. Alston, P. G. Pardey y M. J. Taylor, Agricultural Science Policy: Changing Global Agendas. Johns Hopkins University Press, (2001).
- CHUDNOVSKY, D. "The Diffusion of Biotech Crops in the Argentine Agriculture Sector". Socio-economic issues of agricultural biotechnology in developing countries: making GM crops work for human development Bellagio, Italia. 30 de mayo - 4 de junio de 2005.
- CREMERS, M. W. J. Y J. ROSEBOOM. "Agricultural Research in Government Agencies in Latin America: A Preliminary Assessment of Investment Trends". Documento para discusión del ISNAR 97-7. ISNAR, La Haya, 1997.
- ELIAS, P. "Enforcing Single-Season Seeds, Monsanto Sues Farmers". USA Today/ Associated Press, 1/13/2005.
- FALCK-ZEPEDA, J. B., G. TRAXLER Y R. G. NELSON. "Rent Creation and Distribution from Biotechnology Innovations: The Case of Bt Cotton and Herbicide-Tolerant Soybeans in 1997". Agribusiness, 16, no. 1(2000): 21-32.
- GOUSE, M., C. PRAY Y D. SCHIMMELPFENNIG. "The Distribution of Benefits from Bt Cotton Adoption in South Africa". AgBioForum, 7, no. 4(2004): 187-194.
- GOUSE, M., ET AL. "Three Seasons of Subsistence Insect-Resistant Maize in South Africa: Have Smallholders Benefited?" AgBioForum, 9, no. 1(2006): 15-22.

HASKEL, D. "Argentina to Take Legal Action against U.S. Biotech Giant Monsanto in Spain". CropChoice news, 1º de junio de 2006, Accesado el 15 de abril de 2006 en <http://www.cropchoice.com/leadstrygmo060106.html>

ISMAEL, Y., R. BENNETT Y S. MORSE. "Farm-Level Economic Impact of Biotechnology: Smallholder Bt Cotton Farmers in South Africa". *Outlook on Agriculture*, 31, no. 2(2002): 107-111.

JAMES, C. "Executive Summary of Global Status of Commercialized Biotech/Gm Crops: 2006". ISAAA Briefs 35. ISAAA, Ithaca, NY., 2006. <http://www.isaaa.org/>

JAMES, C. "Preview: Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2002". ISAAA Briefs 27. ISAAA, Ithaca, NY., 2002. <http://www.isaaa.org/>

KIRSTEN, J. Y. M. GROUSE. "The Adoption and Impact of Agricultural Biotechnology in South Africa". En ed. N. Kalaitzandonakes, *Economic and Environmental Impacts of First Generation Biotechnologies*. New York, Kluwer Academic Press/Plenum Publications, (2003).

MORSE, S., R. M. BENNETT Y Y. ISMAEL. "Genetically Modified Insect Resistance in Cotton: Some Farm Level Economic Impacts in India". *Crop Protection*, 24, no. 5(2005): 433-440.

MOSCHINI, G. Y. H. LAPAN. "Intellectual Property Rights and the Welfare Effects of Agricultural R&D". *American Journal of Agricultural Economics*, 79, no. 4(1997): 1229-1242.

OMS. "The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification". Documento de la OMS VBC/88.953. Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 1988.

PAARLBERG, R. L. *The Politics of Precaution: Genetically Modified Crops in Developing Countries*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2003.

PARDEY, P. G., ET AL. "Agricultural Research: A Growing Global Divide?" *Food Policy Report 17*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), Washington, D.C., 2006.

PRAY, C. E., ET AL. "Impact of Bt Cotton in China". *World Development*, 29, no. 5(2001): 1-34.

PRICE, G. K., ET AL. "Size and Distribution of Market Benefits from Adopting Biotech Crops". *Technical Bulletin 1906*. ERS/USDA, Washington D.C., 2003.

QAIM, M. "Bt Cotton in India: Field Trial Results and Economic Projections". *World Development*, 31, no. 12(2003): 2115-2127.

QAIM, M. Y. A. DE JANVRY. "Bt Cotton and Pesticide Use in Argentina: Economic and Environmental Effects". *Environment and Development Economics*, 10(2005): 179-200.

QAIM, M. Y. A. DE JANVRY. "Genetically Modified Crops, Corporate Pricing Strategies, and Farmers' Adoption: The Case of Bt Cotton in Argentina". *American Journal of Agricultural Economics*, 85, no. 4(2003): 814-828.

QAIM, M. E. I. MATUSCHKE. "Impacts of Genetically Modified Crops in Developing Countries: A Survey". *Quarterly Journal of International Agriculture*, 44, no. 3(2005): 207-227.

QAIM, M., ET AL. "Adoption of Bt Cotton and Impact Variability: Insights from India". *Review of Agricultural Economics*, 28, no. 1(2006): 48-58.

QAIM, M. Y G. TRAXLER. "Roundup Ready Soybeans in Argentina: Farm Level and Aggregate Welfare Effects". *Agricultural Economics*, 32, no. 1(2005): 73-86.

QAIM, M. Y D. ZILBERMAN. "Yield Effects of Genetically Modified Crops in Developing Countries". *Science*, 299, no. 5608(2003): 900-902.

RANEY, T. "Economic Impact of Transgenic Crops in Developing Countries". *Current Opinion in Biotechnology*, 17, no. 2(2006): 174-178.

SOBOLEVSKY, A., G. MOSCHINI Y H. LAPAN. "Genetically Modified Crops and Product Differentiation: Trade and Welfare Effects in the Soybean Complex". *American Journal of Agricultural Economics*, 87, no. 3(2005): 621-644.

TEWOLDE, A. "Biotecnología y bioseguridad: Instrumentos para alcanzar la competitividad agropecuaria". *ComunIICA*, 3, no. julio - diciembre (2006): 14-20.

THIRTLE, C., ET AL. "Can Gm-Technologies Help the Poor? The Impact of Bt Cotton in Makhathini Flats, Kwazulu-Natal". *World Development*, 31, no. 4(2003): 717-732.

TRAXLER, G. "The Gmo Experience in North & South America". *International Journal of Technology and Globalization* 2, no. 1/2(2005): 46-61.

TRAXLER, G. Y D. BYERLEE. "Linking Technical Change to Research Effort: An Examination of Aggregation and Spillovers Effects". *Agricultural Economics*, 24, no. 3(2001): 235-246.

TRAXLER, G., ET AL. "Transgenic Cotton in Mexico: Economic and Environmental Impacts". En ed. N. Kalaitzandonakes, *Economic and Environmental Impacts of First Generation Biotechnologies*. Nueva York, Kluwer Academic, (2003).

TRIGO, E. Y E. J. CAP. "Ten Years of Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture December 2006". Consejo Argentino para la Información y Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio), Buenos Aires, 2006.

TRIGO, E. "Comentarios". Presentado en el foro técnico "Riesgos, oportunidades y beneficios de la biotecnología para los países de las Américas", Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica, 11 de diciembre de 2007.

TRIGO, E., ET AL. *Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture: An Open Ended Story*. Buenos Aires: Libros del Zorzal, 2002.

TRIGO, E. J. Y E. J. Cap. "The Impact of the Introduction of Transgenic Crops in Argentinean Agriculture". *AgBioForum*, 6, no. 3(2003): 87-94.

TRIGO, E. J., ET AL. "Agricultural Biotechnology and Rural Development in Latin America and the Caribbean". Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Washington, D.C., 2002.

