



**INTERNATIONAL FOOD  
POLICY RESEARCH INSTITUTE**  
*sustainable solutions for ending hunger and poverty*  
Supported by the CGIAR

**IFPRI Documento de Discusión 00860SP**

Mayo 2009

## **La Biotecnología Agropecuaria en América Latina**

Una Visión Cuantitativa

**José Falck-Zepeda**

**César Falconi**

**Maria José Sampaio-Amstalden**

**José Luis Solleiro Rebolledo**

**Eduardo Trigo**

**Javier Verástegui**

División de Medio Ambiente y Tecnología de la Producción

## **INSTITUTO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE POLÍTICAS ALIMENTARIAS**

El Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) fue establecido en 1975. IFPRI es uno de los 15 centros internacionales de investigación agrícola que reciben su financiamiento principal de los gobiernos, fundaciones privadas y organizaciones internacionales y regionales, la mayoría de las cuales son miembros del Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agrícola.

### **CONTRIBUYENTES Y SOCIOS FINANCIEROS**

El trabajo del IFPRI en investigación, fortalecimiento de capacidades y comunicación se hace posible mediante el apoyo de sus contribuidores y socios financieros. El IFPRI reconoce y agradece las generosas aportaciones en fondos irrestrictos por parte de Australia, Alemania, el Banco Mundial, Canadá, China, los Estados Unidos, las Filipinas, Finlandia, Francia, la India, Irlanda, Italia, Japón, Noruega, los Países Bajos, el Reino Unido, Suecia y Suiza.

### **AUTORES**

**José Falck-Zepeda, Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias**  
[j.falck-zepeda@cgiar.org](mailto:j.falck-zepeda@cgiar.org)

**César Falconi, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación**  
Centro de Inversiones para América Latina

**Maria José Sampaio-Amstalden, Empresa Brasileña de Investigación Agrícola**

**José Luis Solleiro Rebolledo, Universidad Nacional Autónoma de México**  
Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico

**Eduardo Trigo, Grupo CEO S.A., Argentina**

**Javier Verástegui, Consultor Internacional en Biotecnología**

### **Notas:**

<sup>1</sup> A partir de enero del 2007, la serie de Documentos de Discusión de cada una de las divisiones del IFPRI fue consolidada en una serie única de Documentos de Discusión para todo el IFPRI. La nueva serie inició con el número 00689, que contabiliza todos los 688 documentos de discusión publicados hasta ese momento. Las series anteriores de cada una de las divisiones se encuentran disponibles en la página web del IFPRI, [www.ifpri.org/pubs/otherpubs.htm#dp](http://www.ifpri.org/pubs/otherpubs.htm#dp).

<sup>2</sup> Los Documentos de Discusión del IFPRI presentan datos y resultados de investigación preliminares y han sido revisados por al menos dos colegas expertos en el tema—internos y/o externos. Se circulan para estimular la discusión y el debate.

## Contenido

Reconocimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	x
Siglas y Abreviaturas	xi
1. Introducción	1
2. Países que Aplican la Biotecnología Agropecuaria	4
3. Las Herramientas y Técnicas Empleadas	6
4. Los Cultivos y las Características en que se Trabaja	15
5. Recursos Humanos y Financieros	20
6. Alianzas Estratégicas	27
7. Manejo de la Propiedad Intelectual	28
8. La Situación en Cuanto a la Gestión de la Bioseguridad	34
9. Comparación con Otros Estudios en América Latina	38
10. A Manera de Conclusión	39
Apéndice A: Proyecto “Capacidad de la Biotecnología Agropecuaria en América Latina” Estudio Comisionado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	41
Referencias	48

## Lista de Tablas

1. Número de organizaciones que trabajan en la biotecnología en América Latina y que fueron encuestadas	4
2. Número de técnicas por sector y por país	6
3. Distribución de técnicas por país y por tipo general de técnicas incorporadas (en valores absolutos)	9
4. Distribución de técnicas por país y por técnicas incorporadas (en %)	10
5. Distribución porcentual por país y por tipo de biotecnología en América Latina	13
6. Distribución por tipo, sector y región/país de las técnicas biotecnológicas en América Latina	14
7. Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados	16
8. Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados (%)	16
9. Distribución de las variedades por grupos de especies por región/país en proyectos biotecnológicos en América Latina (%)	18
10. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria (miles de unidades de moneda local)	20
11. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina (miles de US\$)	21
12. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina por región y/o país (miles de US\$)	22
13. Número de investigadores en las organizaciones encuestadas, que trabajan en la biotecnología agropecuaria en América Latina, por país y por grado académico	23
14. Relación entre el personal de apoyo y el personal de investigación, y los indicadores de la intensidad de los recursos humanos	25
15. Alianzas estratégicas con instituciones de investigación avanzadas	28
16. Participación en los convenios internacionales de comercio, biodiversidad, bioseguridad y propiedad intelectual	29
17. Estatus de la propiedad intelectual relacionada con la biotecnología en América Latina	30
18. Número de instrumentos de protección de la propiedad intelectual usados en cada país	32
19. Citas bibliográficas incluidas en <i>CAB Biological Abstract</i>	33
20. Bioseguridad y comercialización: ensayos en campo, autorizaciones comerciales, cultivos y fenotipos por país	35
21. Aprobaciones por el organismo regulatorio de bioseguridad para cultivo comercial por país, cultivo y fenotipo: número de eventos	36

## **Lista de Figuras**

1. Distribución porcentual por técnicas para el sector público en América Latina	11
2. Distribución porcentual por técnicas para el sector privado en América Latina	12
3. Distribución porcentual por biotecnología moderna y tradicional y por sector en América Latina	14
4. Distribución porcentual por categoría de productos a los que se aplica la biotecnología en América Latina	15

## **Lista de Recuadros**

1. Definiciones de la biotecnología	1
2. La posición del World Development Report: Agriculture for Development 2008 respecto a los siguientes temas críticos	2
3. Noticias de la biotecnología en Brasil	24
4. UPOV 1978 versus UPOV 1991	32

## RECONOCIMIENTOS

Los autores desean agradecer las contribuciones a este documento de discusión de Federico Villareal, Walter Huisa Arias, Isabel Saad, Mabel Hernández, Jorge Castillo, Lenin Gallardo, Carlos Rogelio Trabanino, María Mercedes Roca, Willy Roca, Nicolás Mateo, Patricia Zambrano, Eduardo Magalhaes, Aimee Niane, John Komen, Silvia Salazar y otros que de una forma u otra contribuyeron con información, datos, experiencias, y reflexiones sobre la información y conocimiento aquí presentados. Estos esfuerzos incluyen compilación, manipulación, análisis, edición y contribuciones al contenido intelectual del presente documento. Al mismo tiempo, los autores le agradecen a las más de 208 instituciones en 19 países de América Latina y el Caribe que contribuyeron con información acerca de sus respectivas instituciones. Los autores le agradecen a la Cooperación Técnica del Fondo Suizo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) por el financiamiento del presente estudio. Sin embargo, los autores son los únicos responsables de las opiniones y el análisis, así como, de los errores y omisiones en el documento.

## RESUMEN

La biotecnología agropecuaria ha demostrado tener amplio potencial para ayudar a mejorar la eficiencia de la agricultura, el crecimiento económico y las políticas dirigidas a combatir a la pobreza, tanto en América Latina como en el resto del mundo. La amplia y creciente difusión de biotecnologías que aplican métodos de transformación genética en América Latina y en el mundo, es una muestra visible de su potencial. Sin embargo, esta tecnología representa un cambio en el paradigma del proceso de innovación y transferencia del conocimiento lo cual puede tener consecuencias importantes para la región. En la bioeconomía, campo donde se juntan la innovación biológica y el conocimiento, la biotecnología tendrá un papel preponderante, pero también planteará nuevos retos y desafíos a las organizaciones y sistemas de investigación y desarrollo, al igual que a las de transferencia de tecnologías y conocimientos.

En este informe, se presentan los datos y el análisis de una encuesta realizada en 18 países latinoamericanos. Los resultados cuantitativos de estas encuestas, que fueron suplementados con toda la información secundaria disponible y el análisis de los expertos regionales y nacionales en la materia que componen el equipo de trabajo, hacen de este documento una valiosa herramienta para evaluar la capacidad de innovación biotecnológica en América Latina. Un segundo documento incluirá una discusión más detallada de las políticas y alternativas de acción, y las pondrá a la disposición de los países de la región.

Los resultados de este estudio muestran que a pesar de que las biotecnologías han tenido una amplia difusión en América Latina (en el 2008, se sembraron cultivos genéticamente mejorados en más de 40 millones de hectáreas en la región), la mayoría de las aplicaciones biotecnológicas en los sistemas de innovación público y privado son de tipo convencional. Estos resultados no implican necesariamente que las tecnologías convencionales tengan el potencial de contribuir al valor agregado de las cadenas agroalimentarias ni que los productores tengan la capacidad de usar estas tecnologías. Lo que estos resultados sí muestran es una diferencia muy marcada en la capacidad de innovación de los distintos países y regiones del continente.

Los países con un historial notable de hacer inversiones en recursos humanos y financieros, en la innovación y en el cambio tecnológico, como Brasil, México y Argentina, tienen una gran capacidad en términos del número de tecnologías que dominan, tanto modernas como convencionales. Los países con una capacidad de innovación intermedia, como Colombia, Chile, Costa Rica, Perú y Uruguay, tienen un potencial muy respetable para utilizar tecnologías tanto convencionales como modernas. En cambio, el resto de los países centroamericanos, junto con Bolivia, Ecuador, Paraguay y la República Dominicana, tienen una capacidad de innovación biotecnológica convencional muy pobre y, en el caso de la innovación biotecnológica moderna, casi nula. Cabe señalar que en muchos casos, la capacidad existente en estos últimos países consiste en individuos y equipos de trabajos muy pequeños o aislados, lo cual refleja la falta de programas gubernamentales de apoyo a la agricultura.

Las instituciones en América Latina que trabajan en la innovación biotecnológica cubren una amplia gama de cultivos y limitantes de la productividad. Por un lado, esto refleja la gran diversidad de recursos genéticos que existe en la región y el notable esfuerzo que invierten los sistemas de investigación en atender aquellos cultivos y atributos productivos que son de importancia estratégica para la región. Por otro lado, la expansión a un portafolio de innovación más amplio sin un incremento significativo en los recursos humanos y financieros, en muchos países ha diluido notablemente la capacidad del sistema de innovación biotecnológica. Cabe resaltar que los países han destinado muy pocos recursos a los cultivos genéticamente mejorados, especialmente los difundidos comercialmente en la región, quizá debido a que han decidido concentrar sus esfuerzos en aquellos productos de carácter público que no entran en competencia directa con el sector privado.

El volumen de recursos humanos y financieros destinados a una actividad de innovación es un indicador indirecto del interés de la región en la misma, que también nos da una idea de la capacidad de innovación del país o región. Según este indicador, existen países con un sistema de investigación e innovación bastante avanzado, como Brasil, México y Argentina, que destinan cantidades relativamente

significativas de recursos humanos y financieros a la investigación en general y a la biotecnología en particular. Hay dos países que sobresalen por tener niveles e intensidades de inversión bastantes elevados, considerando su economía y el tamaño del mercado potencial: Uruguay y Costa Rica. Esto se debe a políticas específicas de sus gobiernos, que consideran la ciencia y tecnología, y la agricultura, como componentes esenciales del desarrollo. Dicha situación contrasta con los bajos niveles de inversión en biotecnología agropecuaria y en los procesos de innovación en general, en el resto de América Central, Bolivia, Paraguay y la República Dominicana. Estos niveles bajos de inversión podrían ser consecuencia del contexto político, institucional y social en estos países, ya que algunos de ellos se han opuesto al uso e introducción de organismos genéticamente mejorados y de la tecnología en general.

Aunque la superficie sembrada con cultivos genéticamente mejorados ha ido incrementando a un paso acelerado, esta expansión se ha dado en cuatro cultivos (soja, maíz, algodón y canola) que tienen dos atributos (resistencia a herbicidas y a insectos) en ocho países (Brasil, Argentina, México, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Honduras y Colombia). Todos los cultivos diseminados comercialmente fueron desarrollados por empresas multinacionales privadas. Hasta el momento, ningún sistema nacional de innovación en América Latina, ya sea público o privado, ha transferido comercialmente una tecnología desarrollada por el sistema mismo; más bien, se limitan a adaptar y transferir características agronómicas deseables a variedades y especies nacionales utilizando medios convencionales.

Esto no significa que no haya tecnologías suficientemente desarrolladas para ser lanzadas al mercado, lo cual ha sido documentado en la literatura. Es más bien un llamado de atención para examinar las causas que pudiesen explicar este fenómeno, incluyendo la capacidad de evaluar la bioseguridad y la inocuidad de los alimentos, la complejidad de los procesos regulatorios y el elevado costo de la evaluación de bioseguridad —y, particularmente, de la inocuidad— en cada país. Aunamos a estos agentes causales, la poca capacidad para negociar y solucionar problemas relacionados con la propiedad intelectual o con los instrumentos de protección intelectual; establecer alianzas estratégicas; transferir tecnologías; y mantener el valor agregado en la cadena agroalimentaria (*product stewardship*).

Para evaluar la bioseguridad y la inocuidad de los alimentos, es necesario contar con una masa crítica mínima de capacidad científica, potenciada por inversiones en recursos humanos, tecnológicos y financieros. Esta masa crítica no existe en muchos de los países analizados y, aun en aquellos que sí la tienen, las presiones sociales y políticas han entorpecido la diseminación de tecnologías aprobadas por los organismos regulatorios. La poca capacidad, aunada a la incertidumbre respecto al proceso regulatorio, afecta negativamente las instituciones nacionales de investigación tanto públicas como privadas, que en muchos casos disponen de escasos recursos. Esta debilidad necesita ser atendida por las políticas a nivel nacional o regional.

Las limitaciones del proceso de bioseguridad pueden llegar a anular las ganancias logradas con el manejo de la propiedad intelectual y el establecimiento de alianzas estratégicas. En cuanto a la propiedad intelectual, Brasil, Argentina y México cuentan con instrumentos y capacidad de negociación a un nivel razonable. Sin embargo, la mayoría de los instrumentos de protección en estos tres países fueron elaborados por no-residentes.

La biotecnología tiene un potencial real de contribuir a solucionar problemas específicos de la agricultura latinoamericana que no han sido resueltos por métodos convencionales. Al mismo tiempo, tiene la capacidad de enfocarse en problemas específicos, cuya solución contribuirá al crecimiento económico y, por ende, a combatir la pobreza. Pese a los marcados contrastes en la capacidad de innovación biotecnológica y científica en general, existe actualmente mucha capacidad innovadora que necesitará ser canalizada, a medida que la agricultura retome el papel protagónico en el proceso de desarrollo. La agricultura para el desarrollo sólo será posible si se fomenta la innovación y la transferencia de tecnologías útiles a los productores, pero esto no es suficiente; es necesario, además, resolver los factores que limitan la capacidad para evaluar la bioseguridad y la inocuidad, la propiedad intelectual, y la integración de las mismas en las cadenas de valor agroalimentarias en un marco de transparencia que respete los principios de equidad y sostenibilidad. El formular e implementar políticas razonables, que al público le inspiren confianza, y que logren la inserción de biotecnologías adecuadas y sostenibles, será el mayor reto que enfrentarán los países latinoamericanos. Esta aseveración es más



importante aun en el caso particular de tecnologías controvertidas como los cultivos genéticamente mejorados.

**Palabras claves: biotecnología, Latinoamérica, capacidad, investigación y desarrollo, organismos genéticamente modificados, cultivos, bioseguridad**

## ABSTRACT

In this paper, we consider both modern and traditional biotechnologies, yet emphasize issues surrounding genetically modified crops. The cultivated area with GM crops has increased at an accelerated pace in Latin America and the Caribbean to 32 million hectares, yet this expansion has happened only in three crops (soybeans, corn, cotton), two traits (herbicide and insect resistance, or combinations of both) and eight countries (Brazil, Argentina, México, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Honduras and Colombia). Private multinational companies have developed all of the products launched commercially in Latin America. Developers in national innovation systems in Latin America have not transferred any GM product to producers in the region. This does not mean the innovation sector in LAC countries has not produced sufficiently mature technologies. To the contrary, technologies exist in the regulatory pipeline in some countries that can be commercialized pending approval for commercialization.

The main questions we will explore in this paper are then what is the current capacity to produce biotechnology innovations in the region? Moreover, what are the determinants governing biotechnology innovation in Latin America? In this paper, we report data collected in a survey and its analysis done in 18 countries and 208 organizations examining agricultural biotechnology innovation and R&D capacity in Latin America and the Caribbean. Results from our study show that most of the biotechnology innovations produced by the public and private sector in LAC countries are conventional applications of biotechnology. Countries with a recorded history of investments in human and financial resources as well as innovation and technical change, namely, Brazil, Mexico and Argentina, have an enhanced capacity in terms of the number of techniques used and mastered. Countries with an intermediate capacity such as Colombia, Chile, Costa Rica, Peru and Uruguay, have a very respectable capacity to utilize conventional and modern techniques. In turn, the rest of the countries in Central America, Bolivia, Paraguay and the Dominican Republic; have a very poor innovation capacity for conventional biotechnology innovations and almost null capacity for modern biotechnology. LAC institutions working on agricultural biotechnology innovation in Latin America cover a wide range of techniques, crops and productivity limitations. On one hand, this result is a reflection of the wide diversity of genetic resources in the region and the notable efforts made by the research systems and organizations in addressing strategic regional and national crops and traits. On the other hand, observed expansion of the innovation portfolio diversity without a significant increase in the level of human and financial resources destined to these purposes, has meant that in many countries a notable dilution of biotechnology innovation capacity has occurred.

**Keywords: biotechnology, Latin America, capacity, research and development, genetically modified organisms, crops, biosafety**

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

ALC	América Latina y el Caribe
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CBD	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CTNBio	Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad de Brasil
IFPRI	Instituto Internacional de Políticas de los Alimentos
I+D	Investigación y Desarrollo
OMC	Organización Mundial del Comercio
OGM	Organismo genéticamente modificado
PCB	Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad
UPOV	Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales



# 1. INTRODUCCIÓN

La biotecnología agropecuaria es un componente de la innovación en el campo de la biología y del conocimiento, y es parte integral de lo que está comenzando a conocerse como la nueva “bio-economía”, es decir, una economía basada en el conocimiento y la biología. Como tal, la bio-economía tiene gran potencial para mejorar la competitividad de la agricultura regional y reducir la incidencia de pobreza en zonas rurales y urbanas. Este potencial puede manifestarse de manera directa en su impacto sobre la producción de alimentos básicos, como es el caso de los cultivos transgénicos, o por medio de nuevas formas de aprovechar el potencial de los recursos naturales de la región y expandir la gama de usos potenciales de los procesos y productos de la cadena agroalimentaria, como es el caso de los biocombustibles.

## Recuadro 1. Definiciones de la biotecnología

El informe del BID (Trigo et al. 2002) define la biotecnología como:

“aquellas aplicaciones para la agricultura que están basadas en los conocimientos que se van adquiriendo sobre el código genético de la vida. El amplio espectro de descubrimientos e innovaciones tecnológicas se pueden clasificar en tres grupos: (1) herramientas moleculares para el mejoramiento genético, incluyendo técnicas específicas tales como la selección asistida por marcadores moleculares, (2) los descubrimientos del ADN recombinante que conducen a la creación de organismos modificados genéticamente (OMG), por ejemplo, plantas y cultivos transgénicos, y (3) las técnicas de diagnóstico.”

La FAO describe la biotecnología de la siguiente manera:

Hay una amplia gama de "biotecnologías" con distintas técnicas y aplicaciones. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) define la biotecnología como: "toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos".

Interpretada en este sentido amplio, la definición de biotecnología abarca muchos de los instrumentos y técnicas que se usan normalmente en la agricultura y la producción de alimentos. Interpretada en un sentido más estricto, que considera las nuevas técnicas de ADN, la biología molecular y las aplicaciones tecnológicas reproductivas, la definición abarca una gama de tecnologías diferentes, como la manipulación y transferencia de genes, tipificación del ADN y clonación de plantas y animales.

Otra definición funcional es la de Roy-Macauley (2002) que define la biotecnología como “la manipulación de organismos vivos para producir bienes y servicios útiles a los seres humanos.”

Fuentes: Declaración de la FAO sobre Agricultura (<http://www.fao.org/biotech/stat.asp?lang=es>), Trigo et al. (2002) y Roy-Macauley (2002).

Tal y como se describe en el *World Development Report: Agriculture for Development 2008* (Recuadro 2), la biotecnología y una de sus aplicaciones, los organismos genéticamente mejorados (OGM), tendrán un papel fundamental en apoyar las actividades orientadas a cumplir las Metas de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas, no sólo porque crean innovaciones productivas en la nueva bio-economía, sino también porque ayudan a mejorar la eficiencia de producción y la productividad de las fuentes de materia prima para elaborar los biocombustibles y a reducir el impacto del cambio climático en América Latina.

## Recuadro 2. La posición del World Development Report: Agriculture for Development 2008 respecto a los siguientes temas críticos

- La ronda de Doha debe progresar
  - Hay que enfatizar la eliminación de los subsidios del algodón que afecta a los pobres
  - Establecer políticas complementarias para atender la oferta/respuesta de los pequeños productores
- La protección y los subsidios pueden ser usados, pero con precaución
  - La protección de los precios de los productos básicos es generalmente injusta, ya que la mayoría de los pobres son compradores netos
  - Los subsidios “inteligentes de mercado” pueden funcionar
- Los OGM tienen un potencial no realizado para ayudar a los pobres
  - Se necesitan inversiones en I+D (o incentivos privados) y marcos regulatorios eficientes
- Los biocombustibles son importantes, pero requieren prudencia
  - Es necesario mejorar la eficiencia y reconocer los intercambios entre precios de los alimentos y el medio ambiente
- El cambio climático requiere atención urgente
  - Extender el financiamiento del carbono para proveer inventivos a la agricultura
  - Existe una necesidad urgente de financiar la adaptación a los países pobres
- Los altos precios de los alimentos
  - Se requiere asistencia social, particularmente para los compradores netos pobres, y apoyo a los pequeños productores a fin de que puedan aprovechar las oportunidades de mercado

Fuente: Extraído de la presentación del *World Development Report 2008*, Banco Mundial.

Así la biotecnología puede formar parte de un portafolio integral de innovaciones que, en muchos casos, ayudará a mejorar la competitividad de la agricultura en ciertos países latinoamericanos y otros países en vías de desarrollo, permitiéndole competir inclusive con la agricultura subsidiada de algunos países industrializados. En este sentido, la biotecnología podría contribuir también a reducir el impacto potencial sobre los ingresos de los sectores más pobres (usualmente consumidores netos) de América Latina, inducido por los altos precios de los productos agrícolas.

En la práctica, este potencial ya está siendo aprovechado por los países latinoamericanos. De hecho, la región es, en la actualidad, el segundo productor de cultivos considerados genéticamente mejorados (GM; hoy día, la principal aplicación agrícola de la biotecnología moderna) después de los Estados Unidos. Ocho países de la región (Argentina, Brasil, Chile, Paraguay, Uruguay, México, Colombia y Honduras) se encuentran entre los principales productores de este tipo de cultivos a nivel mundial (James 2008).<sup>1</sup> Aun cuando la región ha aprovechado las innovaciones biotecnológicas desarrolladas en otros lugares, al ser de las primeras en adoptarlas e invertir en la investigación y desarrollo, hasta el momento, ni el sector público ni el privado ha llegado a comercializar un producto proveniente de la biotecnología moderna, especialmente los GM. La paradoja de la biotecnología en América Latina es similar a la experiencia en Asia, donde existe un cúmulo de cultivos y otros productos GM que fueron desarrollados por el sector público, pero que no han sido transferidos a los productores.<sup>2</sup>

En contraste, las aplicaciones biotecnológicas en otras áreas, tales como el fitomejoramiento, el uso y manejo de recursos genéticos, el desarrollo de productos vinculados a la sanidad vegetal, la producción y la sanidad animal, la mejora de los procesos de producción de alimentos y otras aplicaciones industriales, han sido catalogadas como de importancia, lo cual refleja el surgimiento de una demanda creciente de este tipo de

<sup>1</sup> James (2008) indica que el uso comercial por los productores en la región, tres tipos de OGM se utilizan: la soja tolerante al herbicida glifosato (Roundup Ready®), el maíz resistente a insectos (Bt), el algodón resistente a insectos (Bt), la colza resistente al herbicida glifosato. En el 2008, se cultivaron aproximadamente 40 millones de hectáreas en la región. James (2008) también indica que en la actualidad, aproximadamente un 90-95% del área cultivada con OGM está sembrada con soja tolerante al herbicida glifosato.

<sup>2</sup> El caso de la India y China es importante, porque los dos países tienen inversiones fuertes en biotecnología agrícola, pero solamente han liberado comercialmente una tecnología desarrollada por el sector público. En ambos casos, el algodón resistente a insectos por medio de la expresión de la proteína proveniente del *Bacillus thuringiensis*.

tecnologías (Trigo et al. 2002).<sup>3</sup> Nótese que el fitomejoramiento convencional no ha sido incluido en este estudio, a pesar de coincidir con las definiciones anotadas en el Recuadro 1.

En este contexto, el presente documento pretende describir la situación existente en la región en cuanto a la investigación y desarrollo (I+D) de biotecnología agropecuaria, con énfasis en los aspectos referidos a las capacidades (recursos humanos, infraestructura), inversiones, áreas de aplicación y marcos regulatorios de la bioseguridad, la propiedad intelectual y la transferencia de tecnología. Los datos recabados en este estudio servirán como línea de base para las evaluaciones (presentes y futuras) de las diferentes inversiones nacionales e internacionales del sector público y privado en la I+D de la biotecnología agropecuaria en América Latina.

Así pues, el objetivo principal de este documento consiste en mostrar, de manera sistemática, la situación de la biotecnología agropecuaria en América Latina, utilizando como base una encuesta de los 19 países donde ésta ha sido implementada. La información primaria fue complementada con información secundaria recolectada por los autores. Para estos efectos, se comenzó por utilizar una definición común y un protocolo de implementación que estableció el nivel mínimo de desarrollo que debían tener las biotecnologías incluidas en la encuesta. Se trató de incluir sólo aquellos productos —más allá del prototipo o concepto— que tenían posibilidades de ser desarrollados en el futuro por el organismo innovador. No se incluyeron invenciones con fines educativos o de experimentación pura. Esta modalidad de implementación diferencia el presente documento de otros estudios llevados a cabo en el presente o el pasado.

Los resultados que aquí se presentan son fruto de un extenso trabajo de campo desarrollado como parte del proyecto del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) denominado “Biotecnología agraria en América Latina” que, además de estos aspectos, recabó también información sobre los aspectos institucionales y de políticas vinculados a la biotecnología agropecuaria. Con base en esta información, se preparará un informe adicional al presente documento en el que se plantearán factores explicativos para analizar las limitaciones, los puntos débiles y fuertes, y las oportunidades de los diferentes países de la región, así como las acciones estratégicas, las políticas y la toma de decisiones de los países latinoamericanos en general.<sup>4</sup>

Aunque existen diferencias marcadas en las capacidades e instalaciones en los diferentes países de la región, casi todos realizan labores de investigación y desarrollo (I+D) en el campo de la biotecnología. Algunos países se limitan a utilizar técnicas bien establecidas, como es el caso de los cultivos de tejidos y los sistemas de multiplicación rápida. Otros, utilizan técnicas sofisticadas como es la manipulación del ADN recombinante y la modificación de la arquitectura de plantas y animales.

Evidentemente, el amplio rango de la capacidad de I+D de biotecnología agropecuaria, refleja la gran diversidad que existe en las capacidades científicas e innovadoras de cada país y región, y se suma a la capacidad de identificar y/o crear tecnologías apropiadas para los países y las regiones. Estas capacidades, a su vez, están directamente relacionadas con el grado de desarrollo económico, social y político, así como con las políticas implementadas por los gobiernos, y los sectores públicos y privados de la región.

Además de esta introducción, este documento contiene nueve secciones. La siguiente sección presenta brevemente las características de la “muestra” de países e instituciones, y resalta las limitaciones que deben considerarse al momento de hacer extrapolaciones acerca de algunas de las variables. En las demás secciones se presentan los tipos de herramientas y técnicas empleadas, los cultivos y características en que se trabaja en los distintos países e instituciones, los recursos humanos y financieros que se aplican a este tipo de actividades, la naturaleza de los arreglos institucionales con que se trabaja y las formas de manejo de la propiedad intelectual y la bioseguridad, para luego concluir con algunos breves comentarios sobre la situación en que se encuentra la región en este tema.

---

<sup>3</sup> Es importante establecer la diferencia entre la biotecnología convencional y la moderna, particularmente desde el punto de vista de las normas de bioseguridad derivadas de la implementación del Convenio de Biodiversidad y el Protocolo de Cartagena. Solamente los organismos vivos modificados genéticamente están sujetos a las normas de bioseguridad. Las técnicas convencionales, como el cultivo de tejidos, los marcadores moleculares y la mutagénesis, están exentas de cumplir con las normas de bioseguridad y, por lo tanto, pueden ser evaluadas como las otras tecnologías convencionales.

<sup>4</sup> Ver un examen detallado de las características del proyecto “Biotecnología agraria en América Latina” (ATN/SU-9735-RS) y la metodología utilizada en el mismo, en el Anexo 1.

## 2. PAÍSES QUE APLICAN LA BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA

En la Tabla 1 aparece la lista de las instituciones públicas y privadas que utilizan técnicas biotecnológicas en América Latina y que fueron encuestadas como parte del proyecto comisionado por el BID “Biotecnología agraria en América Latina”. Esta lista proviene de los datos recopilados mediante una encuesta realizada por expertos, que fue complementada con información secundaria disponible. Sin embargo, no pretende ser una enumeración exhaustiva de las instituciones que trabajan con biotecnología agropecuaria en América Latina.

En otras palabras, dado que no existe una fuente confiable que proporcione el universo de instituciones a partir del cual se podría seleccionar una muestra para la encuesta, se trabajó con la información disponible y la opinión de fuentes calificadas, con la idea de incluir a las instituciones públicas y privadas de mayor peso en cada país. Además, se trató de asegurar que las instituciones incluidas representaran al menos un 75-80% de las inversiones de cada país en el sector. Por este motivo, es importante destacar que, si bien se puede asegurar que los resultados obtenidos son representativos de la situación, no es posible hacer un tratamiento riguroso de los mismos desde el punto de vista estadístico.

**Tabla 1. Número de organizaciones que trabajan en la biotecnología en América Latina y que fueron encuestadas**

País	Organizaciones del sector privado	Organizaciones del sector público	Total
Argentina	5	10	15
Bolivia	0	7	7
Brasil <sup>1</sup>	7	18	25
Chile	3	17	20
Colombia	2	12	14
Costa Rica	16	5	21
El Salvador	1	1	2
Ecuador	2	6	8
Guatemala	8	9	17
Honduras	0	2	2
México <sup>2</sup>	5	12	13
Nicaragua	0	6	6
Panamá	0	7	7
Paraguay	0	3	3
Perú	2	18	20
Rep. Dominicana	4	4	8
Uruguay	5	14	19
Venezuela	0	4	4
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>154</b>	<b>208</b>

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, y/o la experiencia de los autores.

Notas: <sup>1</sup> El total de organizaciones privadas en Brasil comprende aquellas instituciones que estimamos tienen una capacidad efectiva de desarrollar biotecnología agropecuaria en el país.

<sup>2</sup> El total global de instituciones que trabajan en México es de aproximadamente 30 en el sector privado y 109 en el sector público.



Un caso interesante de cómo se trabajó en este sentido, es el de Brasil. En la Tabla 1 aparecen solamente 18 universidades o instituciones de investigación y 7 empresas privadas que integran la muestra (3 compañías privadas nacionales y 4 multinacionales) y desarrollan diferentes actividades biotecnológicas en ese país.<sup>5</sup> Este número es extremadamente bajo para un país como Brasil, donde, por otra parte, existen varias fuentes que reportan un número mucho mayor de empresas —particularmente multinacionales— que desarrollan estas actividades. Sin embargo, la mayoría de las empresas privadas multinacionales se han centrado hasta ahora en efectuar los ensayos de campo confinados necesarios para cumplir con los requisitos de bioseguridad de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad de Brasil (CTNBio) y los ensayos estándares de rendimiento que forman parte rutinaria de la I+D. De hecho, estas compañías no reportan inversiones en investigación biotecnológica, sino que, por ahora, se limitan a importar tecnologías desarrolladas fuera del país y a llevar a cabo solo aquellos trabajos que son absolutamente indispensables para tramitar las aprobaciones requeridas para su uso en el país. Por este motivo, la muestra sólo incluye aquellas empresas que tienen inversiones nacionales en I+D; el mismo criterio se usó en otros casos, como el de Argentina.

---

<sup>5</sup> Debido a que solamente las organizaciones públicas respondieron a nuestra encuesta; las privadas argumentaron confidencialidad y conflictos con sus planes estratégicos. Los estimados de recursos humanos y financieros incluyen solamente los datos del sector público.

### 3. LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

El análisis del tipo de herramientas y técnicas que se utilizan en el campo de la investigación biotecnológica pone en relieve algunas características del sector en la región. La primera a destacar es que la región cuenta con un buen número importante de capacidades y aplicaciones, aunque éstas tienen a concentrarse en un reducido número de países e instituciones. La Tabla 2 presenta el número total de técnicas biotecnológicas reportadas por sector y por país en América Latina. Cada número en esta tabla representa la suma total, para todas las respuestas en las encuestas, de todas las técnicas incluidas en todas las encuestas levantadas en cada país.<sup>6</sup>

**Tabla 2. Número de técnicas por sector y por país**

<b>País</b>	<b>Sector privado</b>	<b>Sector público</b>	<b>Total</b>
Argentina	57	182	239
Bolivia	ND	61	61
Brasil	ND	288	288
Chile	10	170	180
Colombia	8	150	158
Costa Rica	15	53	68
Ecuador	14	27	41
El Salvador	3	11	13
Guatemala	12	12	24
Honduras	4	10	14
México	22	64	86
Nicaragua	ND	7	7
Panamá	ND	19	19
Paraguay	ND	15	15
Perú	12	186	198
República Dominicana	8	16	24
Uruguay	17	100	117
Venezuela	ND	53	53
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>1424</b>	<b>1606</b>

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas realizadas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: El caso de México es muy particular porque el conteo se enfoca más bien en el tipo de técnicas a lo largo de las organizaciones de I+D. México, entonces, domina todas las técnicas a nivel agregado.  
ND=No disponible.

<sup>6</sup> De modo que si una institución indica, por ejemplo, que utiliza dos técnicas en dos cultivos diferentes, esto contaría como cuatro técnicas usadas. En cambio, si una segunda institución menciona que utiliza una sola técnica en dos cultivos, esto contaría como dos técnicas usadas. Si estas dos instituciones son las únicas que trabajan en un país dado, entonces el total para el país sería de seis técnicas utilizadas.

Según se aprecia en la Tabla 2, el total de técnicas utilizadas en la región alcanza 1,551. De este total, el sector público concentra 1,403 y el privado 148, lo cual revela claramente el predominio de las instituciones del sector público en estas actividades. Esto se reflejará también en otros indicadores, como veremos más adelante. Sin embargo, este indicador, como reflejo de las capacidades existentes en la región, debe ser utilizado con sumo cuidado, dado que adolece de una serie de limitaciones. En particular, existe la posibilidad de que quienes responden a una pregunta específica, tengan una interpretación ligeramente diferente del uso y dominio de una técnica dada, y esas diferencias influyen en la determinación de las capacidades relativas. Por ejemplo, es factible que una institución reporte el conocimiento o utilización de una técnica, pero que no la domine lo suficiente como para aducir que efectivamente tiene la capacidad de generar innovaciones avanzadas.<sup>7</sup> Por otra parte, cada organización de investigación escoge las técnicas que aplicará, de acuerdo con su contribución potencial al conocimiento o el valor agregado expresado en el producto final.

Por último, si una organización lleva a cabo transformaciones genéticas, tiene que tener dominio previo de otras técnicas básicas (por ejemplo, el cultivo de tejidos) que son utilizadas en el proceso de investigación. En muchos casos, es muy probable que las diferencias arriba mencionadas sean lo suficientemente marcadas para que, a nivel de organización, el conteo total tienda a sub- o sobreestimar, o ambas cosas, la intensidad de uso de las técnicas, particularmente en aquellas organizaciones que generan organismos genéticamente mejorados. Por esta razón, los autores de este documento tomaron la decisión de examinar el uso de las técnicas con base en datos agregados por sector y país/región y, preferiblemente, en términos relativos, tal como se presenta en los Tablas siguientes. Lo que sí queda claro es que el conteo total de técnicas no explica fehacientemente la capacidad de un país para tomar innovaciones y transformarlas en productos comerciales que pueden ser entregados a los productores. En resumen, lo que este indicador sí hace es darnos una idea del énfasis que actualmente se presta a las diferentes técnicas.

La Tabla 2 muestra que países como Brasil, México, Argentina, Perú, Chile y Colombia utilizan un gran número de técnicas, mientras que la mayoría de los países centroamericanos usan muy pocas. De hecho, los cinco países mencionados concentran el 69% del total de las aplicaciones en la región y, como se verá más adelante, este patrón se observa también en las inversiones y los recursos humanos destinados a la biotecnología.

Otro aspecto importante es el ya mencionado predominio del sector público en el uso de las técnicas biotecnológicas, el cual utiliza un 90% del total. Esta concentración puede deberse a muchos factores, incluyendo la poca inversión del sector privado en la biotecnología agrícola, el carácter incipiente del mercado de tecnologías, la baja protección efectiva de la propiedad intelectual, la opción tomada por las empresas, a estas alturas del desarrollo del sector, de concentrarse en un número reducido de técnicas para apuntalar el modelo comercial y la rentabilidad de sus proyectos y, finalmente, el hecho de que las encuestas y/o la información secundaria en los diferentes países no representan de manera adecuada al sector privado.

Resalta, sin embargo, que en países como Chile, Colombia y Perú —donde se podría esperar cierto nivel de desarrollo de la actividad privada en este campo— la relación entre el número de técnicas implementadas por el sector público y por el privado es mayor que 15 a 1. Esto puede estar fuertemente relacionado con el historial y la capacidad que el sector público de esos países ha tenido en la investigación agrícola en el pasado, y el énfasis que esos países han hecho en tecnologías de un costo relativamente más bajo, que no causan complicaciones regulatorias de evaluación de la bioseguridad y de la inocuidad de los alimentos. Este aspecto sin duda requiere profundización, por lo cual volveremos a él en las siguientes secciones, tratando de explorar en más detalle las posibles razones del mismo.

---

<sup>7</sup> No es poco frecuente, particularmente en los países de menor tamaño, que se indique que existen capacidades respecto de una técnica determinada, porque el laboratorio tiene un profesional que realizó su tesis de maestría o doctorado utilizándola, por lo cual la capacidad de usar la técnica existe y, en ciertos casos, está siendo utilizada en pruebas o experimentos simples. Sin embargo, no están presentes los otros factores (infraestructura, apoyo, etc.) requeridos para aplicar la técnica efectivamente a fin de obtener un producto concreto que se utilizará fuera del laboratorio.

En los Tablas 3 y 4 se presenta el número de técnicas por tipo, sector y país, así como la distribución porcentual por tipo y por país para la región respectiva de las organizaciones encuestadas. En ambos casos existe un uso más intenso de las técnicas convencionales y tradicionales —que representan casi el 70% de las aplicaciones— *vis-à-vis* las modernas, que representan un poco menos del 30% de las aplicaciones, así como también, el predominio del sector público dentro del sector de I+D vinculado a la biotecnología agropecuaria (Figura 1). Vale la pena recalcar que un número elevado de técnicas no necesariamente se traduce en la creación de tecnologías que podrían ser transferidas a los productores, razón por la cual es necesario dirigir la evaluación biotecnológica en América Latina para que enfoque más en función de la cadena de valor.

**Tabla 3. Distribución de técnicas por país y por tipo general de técnicas incorporadas (en valores absolutos)**

País	Técnicas de cultivos de células y de tejidos		Técnicas de marcadores moleculares		Técnicas de diagnóstico		Técnicas de ADN recombinante		Técnicas de transformación genética		Técnicas genómicas funcional y estructural		Otros		No disponible - No proporcionada - Confidencial		TOTAL
	Priv.	Pub	Priv.	Pub.	Priv.	Pub.	Priv.	Pub.	Priv.	Pub.	Priv.	Pub	Priv.	Pub.	Priv.	Pub.	
Argentina	3	26	3	37	20	25	8	30	11	33	7	14	5	17			239
Bolivia		36		14		2		2		1		2		4			61
Brasil		78		60		79		35		36							288
Chile	4	42		19	5	19		31		20		17	1	5		17	180
Colombia	1	62		29		11		14	1	16		16	5	1	1	1	158
Costa Rica	5	8	5	20	5			8		7		3		7			68
Ecuador	8	7	2	5		4	3	1	1			1		6		3	41
El Salvador	3	2		3		1								5			14
Guatemala	8	5	2	6			1		1	1							24
Honduras		2		2		2	2	1	2	1		1		1			14
México	3	7	5	12	2	12	5	12	3	12	2	4	2	3		2	86
Nicaragua		2		1		1				1		1				1	7
Panamá		6		5		4				1				3			19
Paraguay		11		2		2											15
Perú		70	1	47	2	20	2	14		9	4	18	3	8			198
Rep. Dominicana	1	4	1	4	1	3							5	5			24
Uruguay	2	18	5	26	6	25		8		7		7	4	9			117
Venezuela		20		18		7		1		3		4					53
Total América Latina	38	406	24	310	41	217	21	157	19	148	13	88	25	74	1	24	1606

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

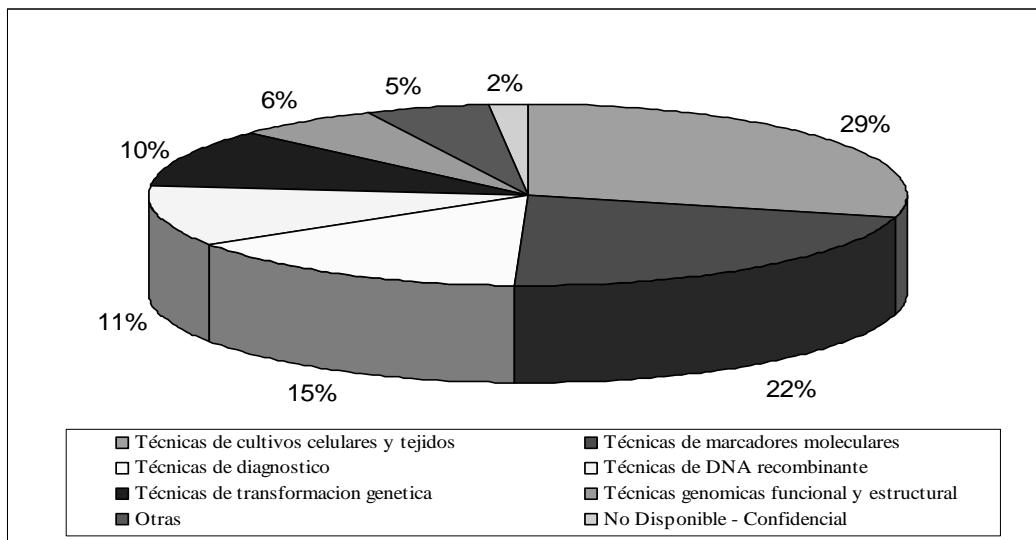
**Tabla 4. Distribución de técnicas por país y por técnicas incorporadas (en %)**

País	Técnicas de cultivo celulares y de tejidos	Técnicas de marcadores moleculares	Técnicas de diagnóstico	Técnicas de ADN recombinante	Técnicas de transformación genética	Técnicas genómicas funcional y estructural	Otras	No disponible; confidencial	TOTAL
Argentina	12	17	19	16	18	9	9	0	100
Bolivia	59	23	3	3	2	3	7	0	100
Brasil	27	21	27	12	13	0	0	0	100
Chile	26	11	13	17	11	9	3	9	100
Colombia	40	18	7	9	11	10	4	1	100
Costa Rica	15	38	0	15	13	6	13	0	100
Ecuador	37	17	10	10	2	2	15	7	100
El Salvador	20	30	0	0	0	0	50	0	100
Guatemala	59	36	0	0	5	0	0	0	100
Honduras	67	0	0	0	0	0	33	0	100
México	11	18	18	18	14	9	8	3	100
Nicaragua	0	20	20	0	20	20	0	20	100
Panamá	32	26	21	0	5	0	16	0	100
Paraguay	73	13	13	0	0	0	0	0	100
Perú	35	24	11	8	5	11	6	0	100
Rep. Dominicana	21	21	17	0	0	0	42	0	100
Uruguay	17	26	26	7	6	6	11	0	100
Venezuela	38	34	13	2	6	8	0	0	100
América Latina	28	21	16	11	10	6	6	2	100

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

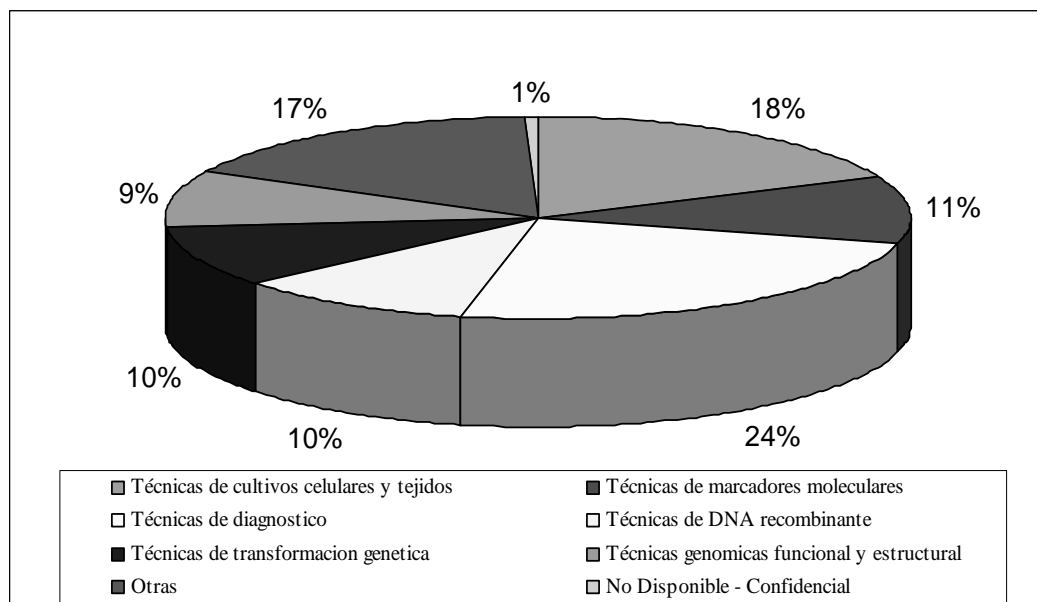
Dentro del sector público, la distribución porcentual por técnicas refleja un panorama similar al agregado, en el que las técnicas tradicionales representan el 71% y las modernas sólo un 27% del total (Figura 1). Una posible explicación de estas diferencias entre el sector público y el privado, podría ser el énfasis que el sector público hace en la utilización de las técnicas de cultivo de tejidos y marcadores moleculares para apoyar el fitomejoramiento, y la conservación y caracterización de los recursos genéticos. Otras razones posibles incluyen el menor costo relativo de las técnicas tradicionales, la falta de experiencia de las organizaciones de I+D en el cumplimiento de las normas de bioseguridad e inocuidad de los alimentos, y el costo elevado de las mismas, aunados a su escasa experiencia regulatoria, la poca capacidad para lidiar con los problemas de la propiedad intelectual y la falta generalizada de recursos financieros y humanos. Por su parte, el sector privado (Figura 2) pone mayor énfasis en las técnicas de diagnóstico, lo cual quizá se deba en parte a que existen mercados con mayor grado de desarrollo para este tipo de aplicaciones y, por lo tanto, en éstas hay mayores posibilidades de recuperar las inversiones que se realicen en el desarrollo de nuevos productos.

**Figura 1. Distribución porcentual por técnicas para el sector público en América Latina**



Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

**Figura 2. Distribución porcentual por técnicas para el sector privado en América Latina**



Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

En cuanto a las biotecnologías utilizadas, la Tabla 5 presenta la distribución porcentual por país y por tipo de biotecnología para los países incluidos en la muestra con que trabajó el proyecto. Las técnicas tradicionales incluyen el cultivo de tejidos, los marcadores moleculares y el diagnóstico, entre otras. En cambio, las técnicas modernas incluyen las técnicas de ADN recombinante, la transformación genética y las técnicas de la genómica funcional y estructural.<sup>8</sup> En promedio para todos los países, 71% de las técnicas utilizadas son tradicionales, aunque, por supuesto, este porcentaje varía de país a país. En la mayoría de los países (Honduras, El Salvador, República Dominicana, Bolivia, Guatemala y Panamá), más de un 90% de las técnicas utilizadas son tradicionales, mientras que en Argentina, Chile y México se aplica una mayor proporción de tecnologías modernas. Un caso interesante en este sentido es el de Brasil: a pesar de ser el país que utiliza el mayor número de técnicas y que ha hecho la mayor inversión en investigación y desarrollo, el 75% de las técnicas utilizadas son de tipo tradicional. Esta aparente incongruencia podría deberse a que las aplicaciones tradicionales se llevan a cabo donde hay posibilidades de mercado más concretas y también a los problemas que han surgido en relación con el sistema regulatorio de bioseguridad en ese país y, en particular, las dificultades que han tenido para consolidarlo. Existen indicios, sin embargo, de que esta situación está cambiando a medida que avanza el número de aprobaciones de cultivos GM, se desarrolla la industria de la producción de biocombustibles en el país y se incrementa su vinculación con la biotecnología.

<sup>8</sup> Cabe señalar que en el caso de las técnicas tradicionales, no hay obligación de cumplir con los requerimientos de bioseguridad. En cuanto a las modernas, las técnicas de la transformación genética y las de la genómica funcional están sujetas a dichas regulaciones sólo si el producto es un organismo vivo modificado.



**Tabla 5. Distribución porcentual por país y por tipo de biotecnología en América Latina**

<b>País</b>	<b>Biotecnología tradicional</b>	<b>Biotecnología moderna</b>
Argentina	57	43
Bolivia	92	8
Brasil	75	25
Chile	53	38
Colombia	69	30
Costa Rica	74	26
Ecuador	78	15
El Salvador	100	0
Guatemala	88	13
Honduras	50	50
México	53	44
Nicaragua	57	29
Panamá	95	5
Paraguay	100	0
Perú	76	24
Rep. Dominicana	100	0
Uruguay	81	19
Venezuela	85	15
Total para América Latina	71	28

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: Este cuadro no incluye técnicas clasificadas como no disponibles, confidenciales o no contestadas. La biotecnología tradicional incluye técnicas de cultivos celulares y de tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. La biotecnología moderna incluye las técnicas de ADN recombinante, la transformación genética y la genómica funcional y estructural.

Finalmente, la Tabla 6 y la Figura 3 presentan la distribución por tipo, sector y región/país de las técnicas biotecnológicas utilizadas en los países encuestados. Resalta en esta información el peso relativo de Brasil en cuanto al número de técnicas utilizadas y del sector público *vis-à-vis* el privado. Cabe aclarar que la información presentada en la Tabla 6 (y otros de esta sección) acerca de la interpretación de la importancia relativa de las diferentes técnicas biotecnológicas utilizadas en México, es diferente a la de los demás países en este documento, ya los datos representan las técnicas “dominadas” por las instituciones encuestadas, en lugar de ser un conteo total de las técnicas “utilizadas”. De cualquier manera, los datos presentados refuerzan el ya mencionado predominio del sector público y las técnicas tradicionales.

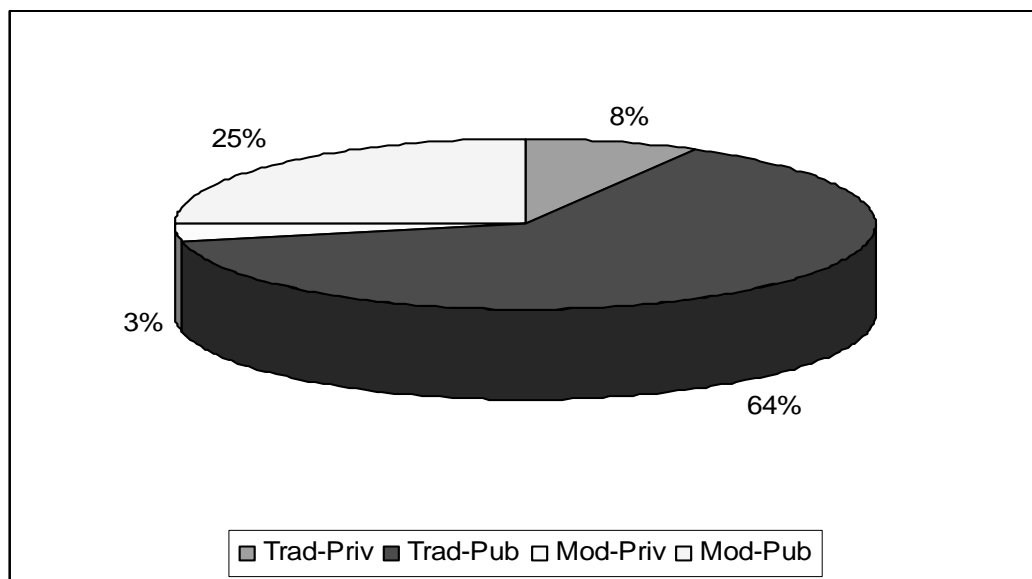
**Tabla 6. Distribución por tipo, sector y región/país de las técnicas biotecnológicas en América Latina**

Región / País	Biotecnología tradicional		Biotecnología moderna		% del total global que representa cada fila
	Sector privado	Sector público	Sector privado	Sector público	
México	12	34	10	28	5%
América Central y Rep. Dom.	36	102	6	25	11%
Cono Sur	58	283	26	167	34%
Brasil	0	217	0	71	18%
Región Andina	22	371	11	102	32%
Total	128	1007	53	393	100%

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: La biotecnología tradicional incluye las técnicas de cultivos celulares y de tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. La biotecnología moderna incluye las técnicas de ADN recombinante, la transformación genética y la genómica funcional y estructural.

**Figura 3. Distribución porcentual por biotecnología moderna y tradicional y por sector en América Latina**



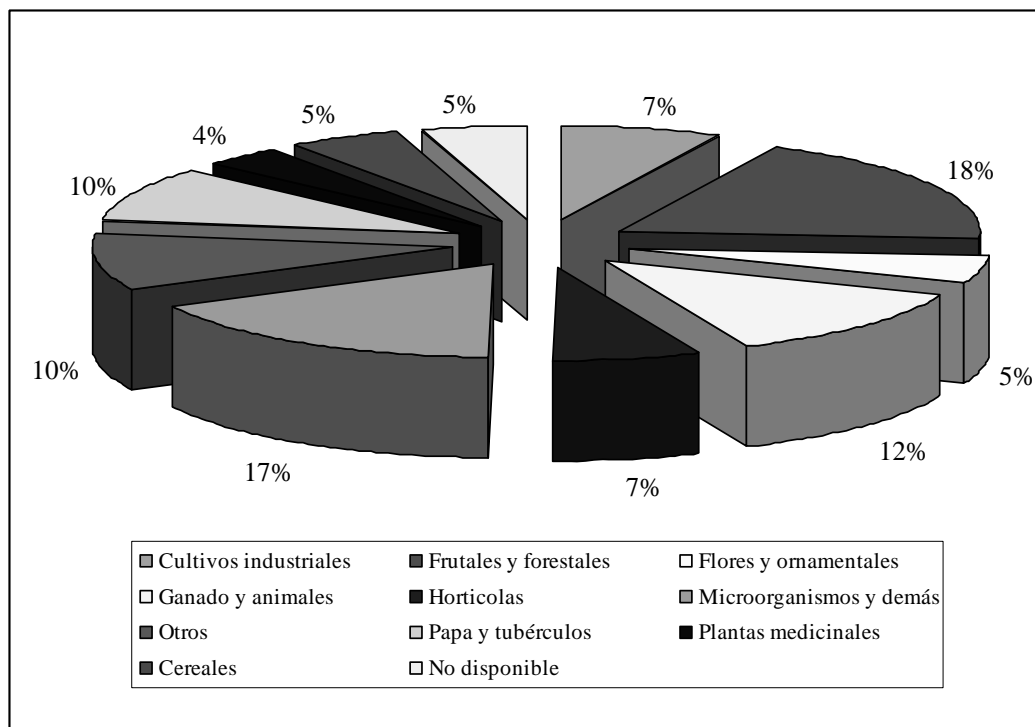
Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: La biotecnología tradicional incluye técnicas de cultivos celulares y de tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. La biotecnología moderna incluye las técnicas de ADN recombinante, la transformación genética y la genómica funcional y estructural.

#### 4. LOS CULTIVOS Y LAS CARACTERÍSTICAS EN QUE SE TRABAJA

La Figura 4 presenta la distribución porcentual por categoría de los productos a los que se aplica la biotecnología en América Latina. El mayor énfasis es en los productos vinculados a las plantas, que representan aproximadamente un 56% del total de aplicaciones. Las aplicaciones vinculadas a animales, microorganismos y otros representan un 12%, 17% y 10%, respectivamente, mientras que un 5% de las aplicaciones se utilizan en campos no identificados porque no fueron identificados en las encuestas.

**Figura 4. Distribución porcentual por categoría de productos a los que se aplica la biotecnología en América Latina**



Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Es importante señalar que algunos de los productos que fueron clasificados como microorganismos, podrían ser modelos aplicables a plantas, insectos y/o animales; por esta razón, es posible que la importancia de los microorganismos se haya sobreestimado. Vale la pena anotar que los microorganismos están siendo investigados para ser usados como productos agro-biológicos. En la Tabla 7 aparecen los datos de las categorías de productos por país. Al igual que en la distribución por técnicas, cada elemento de este cuadro representa el total de productos a los que se aplica la biotecnología en cada país. Es decir, que si una institución menciona un producto (por ejemplo, el maíz) en dos proyectos diferentes, el producto es contado dos veces. Las cifras en este cuadro no indican los productos o categorías individualmente; por lo tanto, es mejor revisar la intensidad relativa de uso, respecto al total de cada país, tal como se presenta en la Tabla 8.

**Tabla 7. Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados**

País	CI	FF	FL	GA	HO	MI	OA	OT	PA	PM	TR	NA/NP	Total
Argentina	22	36		24	3	31	5	31	2	3	15	11	183
Bolivia	5	6	15	1	3	4	3	4	17	1		2	61
Brasil	7	38	3	27	28	72	14	39	7	3	21	30	289
Chile		84	11	19	10	13	9	13	4	5		13	181
Colombia	21	23	9	15	8	27	5	7	13	16	6	8	158
Costa Rica	3	9	2	1	11	6			2	4	4	0	42
Ecuador	3	14		6	1	5		7	1	1	1	1	40
El Salvador	3	7	2	5	4	9		2	5	1	2		40
Guatemala	6	3	4					2				0	15
Honduras		2	2					2				0	6
México	18	22	12	6	12	24	5	12	3	6	6	2	128
Paraguay	4	6	2						1	2		0	15
Perú	4	15	3	2	16	38	20	20	72	4	2	2	198
Rep. Dom.	4	17	4	0	1	1	0	2	11	1	1	0	42
Uruguay	11	12	6	17	2	37	5	7	6	1	7	6	117
Venezuela	4	3	5	4	9	2		5	7	8	13	0	60
Total	115	297	80	127	108	269	66	153	151	56	78	75	1575

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: TR= cereales (maíz, cebada, trigo); PA=raíces y tubérculos (papa, oca, isaño, quinua, cañahua, paico, pauchi); HO=hortalizas, legumbres y vegetales (ajo, haba, arveja); FL= flores y plantas ornamentales; FF=árboles frutales y especies forestales; CI = cultivos industriales, fibras, azúcares, forrajes y aceites; PM = plantas medicinales y especies; GA = ganado vacuno, porcino, caprino, equino, ovino y aves de corral; OA = otros animales, camélidos, animales y especies acuáticas; MI = micro y otros organismos (levaduras, hongos); OT = otros (procesos, crustáceos, insectos, enzimas, metabolitos, malezas); NP/NA = información no disponible.

**Tabla 8. Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados (%)**

País	CI	FF	FL	GA	HO	MI	OA	OT	PA	PM	TR	NA/NP	Total
Argentina	12	20	0	13	2	17	3	17	1	2	8	6	100
Bolivia	8	10	25	2	5	7	5	7	28	2	0	3	100
Brasil	2	13	1	9	10	25	5	13	2	1	7	10	100
Chile	0	46	6	10	6	7	5	7	2	3	0	7	100
Colombia	13	15	6	9	5	17	3	4	8	10	4	5	100
Costa Rica	7	21	5	2	26	14	0	0	5	10	10	0	100
Ecuador	8	35	0	15	3	13	0	18	3	3	3	3	100
El Salvador	8	18	5	13	10	23	0	5	13	3	5	0	100
Guatemala	40	20	27	0	0	0	0	13	0	0	0	0	100

**Tabla 8. Continuado**

País	CI	FF	FL	GA	HO	MI	OA	OT	PA	PM	TR	NA/NP	Total
Honduras	0	33	33	0	0	0	0	33	0	0	0	0	100
México	14	17	9	5	9	19	4	9	2	5	5	2	100
Paraguay	27	40	13	0	0	0	0	0	7	13	0	0	100
Perú	2	8	2	1	8	19	10	10	36	2	1	1	100
Rep. Dom.	10	40	10	0	2	2	0	5	26	2	2	0	100
Uruguay	9	10	5	15	2	32	4	6	5	1	6	5	100
Venezuela	7	5	8	7	15	3	0	8	12	13	22	0	100

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: TR= cereales (maíz, cebada, trigo); PA=raíces y tubérculos (papa, oca, isaño, quinua, cañahua, paico, pauchi); HO=hortalizas, legumbres y vegetales (ajo, haba, arveja); FL= flores y plantas ornamentales; FF=árboles frutales y especies forestales; CI = cultivos industriales, fibras, azúcares, forrajes y aceites; PM = plantas medicinales y especies; GA = ganado vacuno, porcino, caprino, equino, ovino y aves de corral; OA = otros animales, camélidos, animales y especies acuáticas; MI = micro y otros organismos (levaduras, hongos); OT = otros (procesos, crustáceos, insectos, enzimas, metabolitos, malezas); NP/NA = información no disponible.

El panorama que emerge de estos datos presenta algunos contrastes interesantes; por ejemplo, si bien era de esperarse que un país como Chile preste una gran atención a la categoría de frutales y forestales, dada la importancia de estas industrias en ese país, es sorprendente, hasta cierto punto, que a pesar de la gran cantidad de soja cultivada en Argentina y de los grandes beneficios económicos que este país ha obtenido de la utilización de las tecnologías GM (por ejemplo, la tolerancia a herbicidas) en este cultivo (ver Trigo y Cap 2006), solamente el 12% de las aplicaciones corresponde al mismo. Esto podría ser consecuencia del modelo de transferencia de tecnología que ha prevalecido en el país, donde el grueso de las innovaciones en OGMs proviene de los países industrializados, a través de las empresas multinacionales, y el proceso de innovación en el país ha estado focalizado en utilizar métodos convencionales para incorporar genes nuevos en la base de germoplasma local, y luego transferirlos a los sectores productivos.<sup>9</sup>

Alternativamente, podemos pensar que se le ha prestado mayor atención científica y productiva a cultivos y productos que aún no han sido explotados comercialmente. En el resto de los países encuestados, la congruencia entre la importancia de los cultivos y el número de aplicaciones es alta, lo cual se refleja con bastante claridad en la Tabla 9, donde se presenta esta información agregada por regiones y/o países. En este sentido, la Región Andina dedica la mayor atención a las raíces y tubérculos (25%), seguido de los microorganismos (15%) y los frutales y especies forestales (12%). En el Cono Sur, la mayor intensidad es en el uso de técnicas vinculadas a los frutales y especies forestales (28%), seguidos de los microorganismos (16%) y los diferentes tipos de ganado (vacuno, ovino, caprino, porcino y avícola) (12%). América Central y el Caribe, por su parte, concentra su atención en los frutales y las especies forestales, los microorganismos, y las flores y plantas ornamentales.

<sup>9</sup> Ver una discusión en profundidad de lo ocurrido en Argentina en el caso de la soja y otros cultivos GM en Trigo et al. (2002), y Trigo y Cap (2006).

**Tabla 9. Distribución de las variedades por grupos de especies por región/país en proyectos biotecnológicos en América Latina (%)**

Región	CI	FF	FL	GA	HO	MI	OA	OT	PA	PM	TR	NA/NP	Total
México	14	17	9	5	9	19	4	9	2	5	5	2	100
América Central y Rep. Dominicana	11	26	10	4	11	11	0	6	12	4	5	0	100
Cono Sur	7	28	4	12	3	16	4	10	3	2	4	6	100
Brasil	2	13	1	9	10	25	5	13	2	1	7	10	100
Región Andina	7	12	6	5	7	15	5	8	21	6	4	3	100

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: TR= cereales (maíz, cebada, trigo); PA=raíces y tubérculos (papa, oca, isaño, quinua, cañahua, paico, pauchi); HO=hortalizas, legumbres y vegetales (ajo, haba, arveja); FL= flores y plantas ornamentales; FF=árboles frutales y especies forestales; CI = cultivos industriales, fibras, azúcares forrajes y aceites; PM = plantas medicinales y especies; GA = ganado vacuno, porcino, caprino, equino, ovino y aves de corral; OA = otros animales (camélidos, animales menores y especies acuáticas); MI = micro y otros organismos (hongos, levaduras); OT = otros (procesos, crustáceos, insectos, enzimas, metabolitos, malezas); NP/NA = información no disponible.

En el caso de Brasil y México, ambos países dedican la mayor atención a los microorganismos, los frutales y especies forestales y, en el caso de México, también aparecen con cierto peso los cultivos industriales. El énfasis que ambos países le dan a los microorganismos podría estar influenciado por aplicaciones industriales como los productos utilizados en el control de plagas, los fijadores de nitrógeno y la fermentación, pero en el caso particular de Brasil, podría ser una estrategia utilizada por las organizaciones encuestadas, particularmente las universidades, para mantener actividades de educación (de grado y post-grado) y formación de capital humano que no tienen implicaciones de bioseguridad y que, por lo tanto, son de un costo más bajo. También es posible que esta sea una respuesta a la necesidad de apoyar la innovación destinada a apuntalar la industria de los biocombustibles.

Los resultados obtenidos en materia de cultivos y características están dentro del rango de lo esperado, a excepción del poco peso de las aplicaciones referidas a los granos y oleaginosas, y las características más sobresalientes de las biotecnologías de “primera generación” —es decir, las vinculadas a mejorar las condiciones de producción y a reducir los costos, tales como la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos. La falta de presencia de estas aplicaciones es de particular relevancia si se considera el peso que tiene la región como “aprovechadora” de estas tecnologías a nivel productivo y que, sin duda, es la región del mundo en desarrollo que más se está beneficiando de esta etapa del ciclo tecnológico.<sup>10</sup>

Es posible que esta situación refleje un conjunto de factores que convergen para que esto sea así. En primer lugar, está el hecho, ya mencionado, del peso que tienen las empresas multinacionales en el desarrollo de estas tecnologías y el modelo de innovación que se está utilizando (importación de la tecnología y retro cruza con variedades adaptadas localmente); este modelo, además de estar fundamentado en cuestiones económicas (economías de escala en la I+D), resulta eficaz por la gran flexibilidad que tienen las tecnologías en cuestión —en realidad se trata de un pequeño número de tecnologías (genes) que está siendo utilizado en diversos cultivos y nichos agroecológicos (países). Resulta interesante notar que este mismo fenómeno se está dando en otras regiones del mundo.

Un segundo aspecto tiene que ver con la interfase entre el proceso de I+D y los sistemas regulatorios —y, en particular, con el costo de cumplir con los requisitos de bioseguridad— y el hecho de que el grueso de la actividad en la región se dé dentro de instituciones públicas. Éstas, por cuestiones

<sup>10</sup> Argentina, Brasil y Paraguay son el segundo, tercer y cuarto mayor productor de soja tolerante a herbicidas en el mundo; Argentina es el segundo productor mundial de maíz GM y el algodón Bt es cultivado con bastante éxito en Argentina, Brasil, Colombia y México (James 2006).

administrativas y de disponibilidad de recursos, están en desventaja frente a las empresas privadas en general y las multinacionales en particular, en cuanto a gestionar los procesos regulatorios, y esto quizá las impulse a dirigir sus esfuerzos hacia otras especies y aplicaciones, particularmente aquellas que no tienen ningún requisito de bioseguridad. Los productos genéticos existentes en el mercado latinoamericano son los mismos que en otras partes del mundo. Con excepción de la papaya resistente al virus de la mancha anular, en América Latina todos estos productos tienen que ver con las características agronómicas de cultivos industriales o extensivos como el maíz, la soja, el algodón y la canola. El costo relativamente elevado de cumplir con los requerimientos de bioseguridad hace que, hasta el momento, solamente se hayan lanzado variedades comerciales de este tipo de cultivo, debido a que con estos productos se obtienen economías de escala suficientes para garantizar su lanzamiento comercial.

## 5. RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS

Las Tablas 10 y 11 presentan un estimado de los recursos totales destinados a la biotecnología agropecuaria por los sectores privado y público en América Latina. En la Tabla 10, las inversiones en biotecnología están expresadas en moneda local, mientras que en la Tabla 11, estas inversiones han sido convertidas a dólares estadounidenses. Tal como se indica en el apéndice metodológico, la encuesta realizada apuntó a capturar por lo menos el 75-80% de las inversiones en biotecnología agropecuaria en cada país latinoamericano; por lo tanto, los cuadros reflejan una aproximación de los montos de inversión que ha sido constatada mediante verificaciones cruzadas con otras estimaciones existentes y consultas de informantes locales bien calificados.

**Tabla 10. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria (miles de unidades de moneda local)**

<b>País</b>	<b>Sector privado</b>	<b>Sector público</b>	<b>Total</b>
Argentina	10,700	14,880	25,580
Bolivia		3,345	3,345
Brasil			150,000
Chile	144,356	1,644,500	1,788,856
Colombia	3,112,412	22,774,270	25,886,682
Costa Rica			1,583,100
Ecuador	38,250,000	21,161,125	59,411,125
El Salvador		1,271	1,271
Guatemala		10,120	10,120
Honduras		492	492
México	-	270,540	270,540
Nicaragua		373	373
Panamá			1,300
Paraguay		145,835	145,835
Perú	98	14,573	14,671
Rep. Dominicana		13,437	13,437
Uruguay	19,198	10,782	29,980
Venezuela		10,652,500	10,652,500

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

La Tabla 11 muestra que la inversión pública y privada en biotecnología agropecuaria en América Latina, suman aproximadamente 132 millones de dólares; Brasil y México son los dos principales núcleos de inversión, con aproximadamente un 52% y un 16% del total, respectivamente. De hecho, solo tres países, Brasil, México y Colombia, representan el 76% del total de las inversiones en biotecnología en América Latina.



**Tabla 11. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina (miles de US\$)**

<b>País</b>	<b>Sector privado</b>	<b>Sector público</b>	<b>Total</b>	<b>% del total</b>	<b>Inversiones por millón de habitantes (miles de dólares por millón de personas)</b>	<b>Inversiones por billón de PNB (miles de dólares por billón de PNB)</b>
Argentina	3,463	4,816	8,278	6.2	218	31
Bolivia	-	404	404	0.3	45	46
Brasil	13,761	55,046	68,807	51.7	384	111
Chile	268	3,049	3,316	2.5	207	41
Colombia	4,009	426	4,435	3.3	101	50
Costa Rica	-	-	3,000	2.3	750	177
Ecuador	1,530	846	2,376	1.8	183	137
El Salvador	-	140	140	0.1	20	10
Guatemala	-	1,284	1,284	1.0	107	64
Honduras	-	25	25	0.0	4	4
México	-	24,775	24,775	18.6	245	42
Nicaragua	-	21	21	0.0	4	5
Panamá	-	-	1,300	1.0	433	107
Paraguay	-	25	25	0.0	4	3
Perú	178	762	939	0.7	35	17
Rep. Dominicana	-	539	539	0.4	60	26
Uruguay	770	432	1,203	0.9	401	62
Venezuela	-	12,106	12,106	9.1	484	106
<b>Total LAC</b>	<b>23,978</b>	<b>104,696</b>	<b>132,974</b>	<b>100</b>		
Promedio LAC					205	58

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: Los totales de las columnas sector público y privado no suman al total de la columna "Total" porque para algunos países no sabemos la distribución entre sector público y privado, solamente el total de recursos.

Aparte de los montos absolutos de inversión y a efecto de facilitar un análisis comparativo, incluso con otras regiones del mundo, se estimaron también dos indicadores de intensidad (incluidos en la Tabla 11): (1) el monto de inversión por millón de habitantes en cada país, expresado en miles de dólares por millón de personas; y (2) el monto de inversión en biotecnología agropecuaria por billón de producto nacional bruto en cada país. Desde este punto de vista, dos países, Costa Rica y Uruguay, resaltan por el alto nivel de intensidad de las inversiones en biotecnología agropecuaria. Este resultado es congruente con las altas inversiones en ciencia y tecnología, y educación que históricamente han hecho estos países. En cuanto a los otros países que reportan un alto número de técnicas, como Argentina, Brasil y México, también muestran una intensidad elevada de inversiones en biotecnología agropecuaria. En el otro extremo, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Paraguay, Ecuador y Bolivia tienen los más reducidos

indicadores de intensidad y los más bajos montos de inversión en biotecnología agropecuaria entre los países encuestados.

Desde el punto de vista subregional, tal como se presenta en la Tabla 12, vemos que la Región Andina, en conjunto, invierte menos que México, pero significativamente más que el Cono Sur. En cambio, las inversiones en biotecnología agropecuaria en América Central y República Dominicana son mínimas. Es interesante notar que las inversiones de Chile y Argentina representan el 90% de las inversiones del Cono Sur; en cambio, las de Perú y Colombia representan un 27% de las inversiones en biotecnología de la Región Andina, y las de Costa Rica representan un 48% del total de América Central y República Dominicana. Colombia representa un 70% de la inversión privada en la Región Andina. Brasil, en cambio, representa un 52% del total de las inversiones en biotecnología agropecuaria en América Latina.

**Tabla 12. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina por región y/o país (miles de US\$)**

<b>Región / País</b>	<b>Sector privado</b>	<b>Sector público</b>	<b>Total</b>
México	-	24,775	24,775
América Central y Rep. Dominicana	-	6,309	6,309
Cono Sur	4,500	8,322	12,822
Brasil	13,761	55,046	68,807
Región Andina	5,716	14,545	20,261
<b>Total</b>	<b>23,978</b>	<b>108,996</b>	<b>132,974</b>

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: Las columnas de los sectores público y privado no suman el total de las inversiones porque para algunos países no se sabe la distribución entre los sectores público y privado o porque la promesa de confidencialidad incluida en las encuestas impide revelar los datos de los países por separado.

En la Tabla 13 se presenta los recursos humanos que trabajan en la biotecnología agropecuaria en América Latina, incluyendo investigadores clasificados en tres niveles académicos (licenciatura, maestría y doctorado) y personal de apoyo. El cuadro nos muestra que existen 2,339 investigadores trabajando en biotecnología, de los cuales 2,040 son del sector público y 298 del sector privado. Al desagregar el número de investigadores por nivel académico, se observa que en América Latina hay aproximadamente 956 investigadores con doctorado, 732 con maestría y 650 con licenciatura.

**Tabla 13. Número de investigadores en las organizaciones encuestadas, que trabajan en la biotecnología agropecuaria en América Latina, por país y por grado académico**

País	Licenciatura (B.Sc.)			Maestría (M.Sc.)			Doctorado (Ph.D.)			Investigadores (total)			Personal de apoyo		
	Privado	Público	Total	Privado	Público	Total	Privado	Público	Total	Privado	Público	Total	Privado	Público	Total
Argentina	6	13	18	2	19	21	3	16	19	11	47	58	56	97	153
Bolivia	7	29	36	6	17	23	3	7	10	16	53	69			30
Brasil		24	24		53	53		282	282	0	358	358		139	139
Chile	3	57	59	2	73	75		69	69	5	199	203	5.5	46	51
Colombia	86	53	139	22	27	49	30	16	46	138	96	234	33	42	75
Costa Rica		24	24		38	38		33	33	0	97	97			0
Ecuador	12	11	23	4	10	14	2	5	8	18	26	45	8	16	24
El Salvador		1	1			0			0	0	1	1		14	14
Guatemala	15	14	29	5	6	11	4	1	5	24	21	45	18	45	63
Honduras			0		1	1		1	1	0	2	2			0
México	3	104	107	4	283	287	5	383	388	12	770	782	4	308	312
Nicaragua			0		17	17		1	1	0	18	18		3	3
Panamá			0		20	20			0	0	20	20			0
Paraguay		2	2		2	2			0	0	5	5		6	6
Perú	5	89	93	2	52	54	1	32	33	7	172	179	5	57	62

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Los casos de México y Brasil son muy importantes y vale la pena examinarlos a mayor profundidad. México es una excepción dentro de los países estudiados, ya que cuenta con estimados del universo de recursos humanos. Los datos estadísticos del Sistema Nacional de Investigadores revelan que, en el 2005, había 1,440 investigadores en el área VI (agricultura y biotecnología). Sin embargo, los datos presentados por este sistema no son expresados en equivalentes de tiempo completo y, con base en las respuestas de las encuestas y otros informes secundarios, arribamos a los resultados presentados en la Tabla 13.

### Recuadro 3. Noticias de la biotecnología en Brasil

- La compañía Allelyx Applied Genomics fundada en el 2002 con un capital inicial de \$11 millones de dólares. El financiamiento es 100% brasileño, y proviene especialmente de la compañía Votorantim Novos Negocios. Actualmente cuenta con aproximadamente 110 profesionales, de los cuales 22 cuentan con un doctorado y 17 con una maestría. Los cultivos de énfasis incluyen la caña de azúcar, los cítricos y el eucalipto. La empresa genera variedades de caña con elevada cantidad de sucrosa, resistencia a sequía y a agentes bióticos. En eucalipto, desarrolla variedades con menor contenido de lignina y mayor producción de pulpa. En cítricos, ha creado variedades resistentes al virus de la muerte súbita de los cítricos, a la clorosis variegada de los cítricos, a insectos y a cambios climáticos severos.
- El Banco Nacional de Desenvolvimento Economico e Social indica que ha otorgado a dos empresas, Allelyx y CanaVialis, un financiamiento de 39.2 millones de reales del Brasil (22.7 millones de US\$) para investigación genética dirigida a aumentar la productividad de la caña de azúcar, el eucalipto y los cítricos.
- “Las Compañías Allelyx and CanaVialis, ambas controladas por Votorantim New Business y Monsanto, firmaron un acuerdo amplio de entendimiento para el intercambio de tecnologías entre ambas compañías. “Esta sociedad tecnológica le permitirá a Allelyx y Cana Vialis el proveer al sector del azúcar-alcohol con tecnologías desarrolladas por Monsanto. Además, le permitirá a Monsanto usar tecnologías desarrolladas por nuestras compañías” asevero Fernando Reinach, CEO de Votorantim New Business.

Fuente: Adaptación de los autores de texto disponible en el sitio de la red de Allelyx <http://www.allelyx.com.br/>; artículo “Votorantim investe em pesquisa e desenvolvimento biotecnológico” Seedquest News 2007 en <http://www.seedquest.com/News/releases/2007/july/19795.htm>; Noticias de Votorantim 2007 en [http://www.votorantim.com.br/ENU/Sala de imprensa/release e noticias/070529 allelyx canavialis monsanto.htm](http://www.votorantim.com.br/ENU/Sala%20de%20imprensa/release%20e%20noticias/070529_allelyx_cana_vialis_monsanto.htm)

El caso de Brasil es aun más complejo debido a su masiva capacidad de investigación y desarrollo, y por la capacidad acumulada en otras aplicaciones fuera de la biotecnología agropecuaria, incluyendo las del sector de la salud, la bio-informática y la genómica, entre otras. En vista del enorme esfuerzo que se requeriría para obtener una muestra representativa del universo en Brasil, se tomó la determinación de utilizar la vasta experiencia del consultor a cargo del estudio del país, para seleccionar las instituciones y empresas que nos darían una idea realista de la capacidad efectiva del país para innovar en biotecnología. Las 18 instituciones del sector público que fueron seleccionadas en Brasil representan universidades y centros de investigación estatales y semi-estatales.

En la Tabla 14 se presenta la proporción entre el personal de apoyo y los investigadores, así como también, los indicadores de la intensidad de las inversiones en recursos humanos y los recursos por investigador. Aunque no existe una proporción ideal entre el personal de apoyo y el de investigación, este índice tiende a ser muy contextualizado en el país o institución. La falta de personal de apoyo —en número y/o calidad— es, sin duda, un indicador de la “calidad” de la estructura del sistema de investigación y afecta el desempeño del mismo. Según lo que se observa en la Tabla 14, en muy pocos países hay una proporción mayor a 0.5 entre el personal de apoyo y los investigadores.

**Tabla 14. Relación entre el personal de apoyo y el personal de investigación, y los indicadores de la intensidad de los recursos humanos**

País	Proporción entre el personal de apoyo y el personal de investigación			Indicadores de intensidad		Recursos por investigador		
	Sector privado	Sector público	Total	Investigadores por millón habitantes	Investigadores por billón de dólares PIB	Total	Sector público	Sector privado
Argentina	5.09	2.07	2.64	1.52	0.21	143,472	103,116	314,798
Bolivia	0.00	0.00	0.44	7.67	7.84	5,861	7,631	-
Brasil		0.39	0.36	2.17	0.62	177,247	153,674	458,716
Chile	1.17	0.23	0.25	12.71	2.51	16,311	15,350	56,942
Colombia	0.24	0.43	0.32	5.32	2.66	18,935	4,443	28,985
Costa Rica				23.75	5.61	31,578	31,578	-
Ecuador	0.44	0.61	0.54	3.43	2.57	53,284	32,062	84,066
El Salvador		14.00	14.00	0.14	0.07	139,978	139,978	-
Guatemala	0.75	2.20	1.42	3.71	2.20	28,860	62,647	-
Honduras	n.d.	n.d.	n.d.	0.29	0.32	12,494	12,494	-
México	0.39	0.40	0.40	7.84	1.34	31,281	32,175	-
Nicaragua	n.d.	0.17	0.18	3.60	4.36	1,147	1,147	-
Panamá	n.d.	0.00	0.00	6.67	1.64	65,000	-	-
Paraguay	n.d.	1.26	1.26	0.77	0.58	5,435	5,435	-
Perú	0.69	0.33	0.35	6.64	3.19	5,236	4,423	24,679
Rep. Dominicana		0.00	0.00	4.56	1.96	13,146	13,146	-
Uruguay	0.41	0.20	0.25	37.17	5.75	10,785	5,118	28,521
Venezuela		0.88	0.88	1.30	0.28	372,495	372,495	-
Promedio para América Latina y el Caribe				7.2	2.4	62,905	58,604	99,671

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: El personal de investigación incluye Licenciatura (B.Sc.) + Maestría (M.Sc.) + Doctorado (Ph.D.). Los datos de población para cada país provienen de *World Bank Development Indicators* (2007) y son promedios de los años 2000-2004. Los datos del Producto Interno Bruto para cada país provienen del *World Bank Development Indicators* (2007) y son promedios de los años 2000-2004, convertidos a dólares internacionales del año 2000.

El énfasis que los diferentes países ponen en los recursos humanos se puede apreciar en los indicadores de intensidad (Tabla 14). Resaltan de nuevo las elevadas inversiones representadas por el número relativo de investigadores en Costa Rica y Uruguay. Por su parte, los países con capacidad elevada, como Argentina, Brasil y México, tienden a tener índices de intensidad más elevados que los

demás países. Vale la pena recalcar que en el caso de México y Brasil, es muy probable que estemos subestimando la intensidad de los recursos humanos, ya que el número de investigadores en que se basa el indicador de intensidad, también subestima la magnitud de investigadores en ambos países.

Las últimas tres columnas del Tabla 14 muestran los recursos existentes por cada investigador en biotecnología agropecuaria. Al igual que los índices de proporción y/o intensidad de los recursos financieros y humanos, no existe un número ideal para los recursos disponibles por investigador. Sin embargo, según la experiencia personal de los autores de este documento, es difícil sostener un programa de investigación agropecuaria cuando los recursos por investigador disminuyen a menos de US\$ 100,000. Para el caso de la biotecnología moderna, esta cifra quizá sea muy baja, pero dado que el portafolio de los diferentes países incluye tecnologías predominantemente tradicionales o convencionales, puede ser una aproximación razonable al número ideal. Si tomamos este nivel de US\$ 100,000 por investigador, países como Argentina y Brasil mantienen un nivel aceptable; en cambio, países que hemos resaltado antes por sus inversiones en recursos humanos y financieros, como Uruguay y Costa Rica, se ubican en una posición mucho más desventajosa basado en el indicador de intensidad. Es claro que la inversión por investigador en la mayoría de los países latinoamericanos es muy pobre y que éste es un aspecto de las políticas que los diferentes países de la región sin duda deben mejorar.

## 6. ALIANZAS ESTRATÉGICAS

Una de las características distintivas de la biotecnología es su carácter horizontal y dependiente de la interacción de varias disciplinas científicas básicas (biología, genética, química y bioquímica, fisiología, etc.) y de su aplicación en diversas áreas dentro de los campos de la salud, el medio ambiente, la industria manufacturera y la agricultura, entre otras. En consecuencia, es muy difícil que una institución tenga todas las capacidades que se requieren para llevar adelante proyectos en biotecnología y, por esta razón, las iniciativas biotecnológicas suelen tener un fuerte componente de arreglos multi-institucionales, ya sea en términos estratégicos —es decir, arreglos que perduran— o acotados a proyectos u objetivos específicos.

En este sentido, la encuesta desarrollada exploró el tipo de vinculaciones que privilegian las instituciones de la región y lo que las motiva, por ejemplo, obtener acceso a insumos, técnicas y metodologías de investigación, solventar problemas de propiedad intelectual, acceder al financiamiento o a la experiencia de investigación y, cada vez más, a las capacidades administrativas requeridas para poder cumplir con los requisitos de bioseguridad.

La Tabla 15 ilustra la distribución por sector y país de las alianzas con otras instituciones de investigación nacional o internacional con las que se vinculan las instituciones de los países incluidos en el estudio. En este cuadro se puede observar que casi todos los países utilizan este tipo de mecanismos institucionales y, en algunos casos, con bastante intensidad; en contraste, llama la atención el poco uso de este tipo de mecanismos que se reporta en Brasil considerando el tamaño del país y lo que se sabe acerca de su nivel de actividad, aunque no es muy diferente de los demás países en la Tabla 15.

El bajo número de alianzas que reportan las instituciones brasileñas quizá se deba a: (1) el grado de madurez y la gran capacidad del sistema de investigación; (2) el hecho de que las alianzas en este campo suelen incluir cláusulas de confidencialidad que pueden ser demasiado restrictivas o poco convenientes; (3) que el instrumento de la encuesta no capturó las diferentes modalidades de alianzas innovadoras en el país; o (4) una combinación de todas las explicaciones mencionadas. Cualquiera sea la explicación, es importante identificar las razones por las cuales las instituciones entraron en este tipo de convenio y, más aun, identificar los factores por los cuales, en la práctica, tuvieron éxito o fracasaron.<sup>11</sup>

Llaman la atención los casos de Colombia y Costa Rica (Tabla 15). Por un lado, Colombia muestra un número relativamente elevado de alianzas estratégicas (254), mientras que Costa Rica, a pesar de tener una alta intensidad de inversiones, sólo reporta 11 alianzas estratégicas.

---

<sup>11</sup> Este tipo de investigación más detallada sobrepasa el alcance original del presente estudio, pero es una prioridad para las futuras actividades de investigación.

**Tabla 15. Alianzas estratégicas con instituciones de investigación avanzadas**

País	Centros internacionales		Empresas multinacionales		Empresas nacionales		Cooperativas		Otros		Universidades extranjeras		Universidades nacionales		Total		TOTAL
	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	Privado	Público	
Argentina	3	22	2	8	4	14	4	3	4	8	3	11	8	29	28	95	123
Bolivia		7				2		8		6		16		9	0	48	48
Brasil		12		3		11		11		20		9		23	0	89	89
Chile	2	18	2	10	1	11	1	9		3		23	5	12	11	86	97
Colombia	1	29	3	10	6	8	6	13	3	4	1	22	7	32	27	118	145
Costa Rica	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Ecuador	4	6	5	2	5	3	5	3	1		3	8	5	2	28	24	52
El Salvador		2						2		6		1		1	0	12	12
Guatemala		3						9				1			0	13	13
Honduras	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
México	3	9	1	1	1	8	1	10	2	11	1	10	2	15	11	64	75
Nicaragua		2				2				5		4			0	13	13
Panamá		1						2		4		2			0	9	9
Paraguay		4								1		1		1	0	7	7
Perú		13			3	10		8	2	15	1	29	3	25	9	100	109
Rep. Dominicana		3				2		2		12		4			0	23	23
Uruguay	2	18	4	1	1	19	2	17	5	22	2	23	5	15	21	115	136
Venezuela		7		1		3		3		6				10	0	30	30
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>156</b>	<b>17</b>	<b>36</b>	<b>21</b>	<b>93</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>17</b>	<b>123</b>	<b>11</b>	<b>164</b>	<b>35</b>	<b>174</b>	<b>135</b>	<b>846</b>	<b>981</b>

Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Nota: n.a.= no aplicable.



## 7. MANEJO DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL

El surgimiento de la biotecnología como componente importante del desarrollo tecnológico, está desplazando notablemente el “espacio tecnológico” desde el sector público hacia el privado. Mientras los bienes públicos tienden a dominar el ámbito de las tecnologías convencionales —o cuando menos, desempeñan un papel preponderante— en el ámbito de las nuevas aplicaciones biotecnológicas, la norma es que las tecnologías sean “propiedad” de alguien, lo cual exige revisar tanto los sistemas de protección de la propiedad intelectual de las tecnologías agropecuarias, como los de la gestión de los procesos de I+D.

Las cuestiones relacionadas con la propiedad intelectual van más allá de la protección de variedades y los derechos del obtentor (fitomejorador), y entran de lleno en el tema de las leyes de patentes y su cobertura de procesos y materiales biológicos, e incluyen los mecanismos y herramientas que se requieren para hacer cumplir la ley. Estos últimos son, en algunos casos, el principal obstáculo para la existencia de un mecanismo eficaz que facilite el acceso a las nuevas tecnologías disponibles en el ámbito internacional.

Desde el punto de vista instrumental, y luego de los acuerdos de la Organización Mundial del Comercio (OMC) que plantean la posibilidad de proporcionar protección por medio de mecanismos *sui generis*, al analizar las condiciones imperantes en materia de la protección de la propiedad intelectual, hay que considerar dos tipos de cuerpos normativos: el emergente de las leyes de semillas y los derechos de obtentor —las distintas actas de la convención de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV)— y las leyes de patentes. Las Tablas 16 y 17 presentan la situación de los distintos países respecto a estos instrumentos y las principales variables desde el punto de vista de las innovaciones biotecnológicas.

**Tabla 16. Participación en los convenios internacionales de comercio, biodiversidad, bioseguridad y propiedad intelectual**

País	País miembro de la Organización Mundial del Comercio - (S=Sí, N=No)	País miembro del la Convención de Diversidad Biológica (F=Firmó, R=Ratificó)	País miembro del Protocolo de Cartagena (S= Sí, N=No)	País miembro de la UPOV (S= Sí, N=No)	Acta de la UPOV (año del tratado de la UPOV)	Miembro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) S= Sí, N=No	País miembro del Tratado de Cooperación de Patentes (PCT)	Intensidad de la intervención regulatoria en los sistemas productores de semillas
Argentina	S	F/R	N	S	1978	S	Firmó- no ratificó	6
Bolivia	S	F/R	S	S	1978	S	N	4
Brasil	S	F/R	S	S	1978	S	A (1978)	5
Chile	S	F/R	N	S	1978	S	N	5
Colombia	S	F/R	S	N	NA	S	A (2001)	6
Costa Rica	S	F/R	S	N	NA	S	A (1999)	4
Ecuador	S	F/R	S	S	1978	S	A (2001)	6
El Salvador	S	F/R	S	N	NA	S	A (2006)	1
Guatemala	S	F/R	S	N	NA	S	A (1998)	6
Honduras	S	F/R	S	N	NA	S	A(2006)	n.a.
México	S	F/R	S	S	1978	S	A (1995)	2
Nicaragua	S	F/R	S	S	1978	S	A (1993)	6

**Tabla 16. Continuada**

País	País miembro de la Organización Mundial del Comercio - (S=Sí, N=No)	País miembro del la Convención de Diversidad Biológica (F=Firmó, R=Ratificó)	País miembro del Protocolo de Cartagena (S= Sí, N=No)	País miembro de la UPOV (S= Sí, N=No)	Acta de la UPOV (año del tratado de la UPOV)	Miembro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO) S= Sí, N=No	País miembro del Tratado de Cooperación de Patentes (PCT)	Intensidad de la intervención regulatoria en los sistemas productores de semillas
Panamá	S	F/R	S	S	1978	S	N	6
Paraguay	S	F/R	S	S	1978	S	N	5
Perú	S	F/R	S	S	NA	S	N	4
República Dominicana	S	F/R	S	N	NA	S	A (2007)	3
Uruguay	S	F/R	N	S	1978	S	N	5
Venezuela	S	F/R	Y	N	NA	S	N	5

Fuentes: Datos extraídos por los autores de este estudio de las páginas web de las organizaciones Organización Mundial del Comercio ([www.wto.org](http://www.wto.org)), Convención de Biodiversidad Biológica (<http://www.cbd.int/biosafety/>), Protocolo de Cartagena (WIPO ([www.wipo.int](http://www.wipo.int)), UPOV ([www.upov.org](http://www.upov.org)) y el sitio del Tratado de Cooperación de Patentes en WIPO (<http://www.wipo.int/pct/es/texts/>). Datos de la intensidad de la intervención regulatoria en los sistemas de semillas extraídos de Trigo y Piñeiro, 2004.

Lo que llama la atención en estos cuadros es la gran diversidad de situaciones, no tanto en materia de semillas, sino de patentes y otros instrumentos de protección intelectual, donde hay tanta diversidad como incertidumbre respecto a lo que se puede (o se debe) hacer con los mismos. Una lección clara especialmente del Tabla 17 es la necesidad de hacer más estudios a profundidad para entender y/o esclarecer lo que indican las leyes y regulaciones nacionales en los países en América Latina. En algunos casos se tendrá que esperar hasta que haya un proceso interno, sea legislativo o judicial, para esclarecer la posibilidad de proteger la propiedad intelectual en la región.

**Tabla 17. Estatus de la propiedad intelectual relacionada con la biotecnología en América Latina**

País	Descubrimiento	Procesos biológicos	Plantas	Varietades de plantas	Animales (razas)	Microorganismos	Genes
Argentina	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Bolivia	No	No	No	Sí	No	Posible Sí	Evidencia que no son patentables
Brasil	No	?	No	Sí	No	Si	?
Chile	No	Sí	Posible Sí	Sí	No	Sí	Evidencia que no son patentables
Colombia	No	No	No	Sí	No	Sí	?
Costa Rica	No	No	No	No	No	Sí	?
Ecuador	No	No	Sí	Sí	No	?	?
El Salvador	?	?	?	?	?	?	?

**Tabla 17. Continuada**

<b>País</b>	<b>Descubrimiento</b>	<b>Procesos biológicos</b>	<b>Plantas</b>	<b>Variedades de plantas</b>	<b>Animales (razas)</b>	<b>Microorganismos</b>	<b>Genes</b>
Guatemala	?	?	?	?	?	?	?
Honduras	?	?	?	?	?	?	?
México	No	No	Sí	Sí	No	Sí	?
Nicaragua	?	?	?	?Sí	?	?	?
Panamá	?	?	?	?	?	?	?
Paraguay	No	No	No	Sí	No	Posible Sí (débil)	?
Perú	No	No	No	Sí	No	Posible Sí	Evidencia que no son patentable
Rep. Dominicana	?	?	?	?	?	?	?
Uruguay	No	No	No	Sí	No	Sí	No
Venezuela	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia basada en informes provenientes de los países, como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007 y Salazar (2009).

Nota: ? = regulaciones nacionales no son claras por lo tanto información insuficiente para establecer el estatus.

La Tabla 18 presenta un resumen de la capacidad de los diferentes países latinoamericanos de utilizar las patentes como instrumentos de protección de la propiedad intelectual. Este cuadro nos muestra básicamente que los países que tienen los sistemas de investigación más grandes en términos de inversión y recursos humanos, y que están más avanzados en las técnicas que utilizan, son los que usan la mayor cantidad de patentes como instrumentos para proteger la propiedad intelectual. Sin embargo, al observar la proporción de patentes otorgadas a residentes, en comparación con los no-residentes, es evidente que aun estos países no utilizan las patentes intensamente, ya que la mayoría de éstas son concedidas a extranjeros. Claro está que esto podría ser resultado de la poca capacidad de cada país de generar innovaciones lo suficientemente valiosas desde el punto de vista comercial, como para ameritar protegerlas con patentes. Por otra parte, si bien existen muchas razones por las cuales un país puede decidir no patentar sus innovaciones, en algunos casos elige otros medios de protección como publicar descripciones de las innovaciones de modo que sean del dominio público o bien, sencillamente es posible que exista una política de estado que no permite el otorgamiento de patentes, particularmente al sector público. El hecho es que no existen pruebas de que este tipo de políticas estén presentes dentro de la región.

En la Tabla 18 se muestra también que los países miembros de la UPOV, todos signatarios del convenio de 1978, utilizan los instrumentos de protección de las variedades de plantas. Cabe señalar que el Convenio UPOV, versión de 1991, es más restrictivo que el Convenio UPOV, versión de 1978, y favorece al obtentor de derechos (ver el Recuadro 4). Este hecho puede ser una de las razones por las cuales no se han difundido más los productos de la biotecnología agrícola en América Latina. Por supuesto, no es del todo claro que la protección de la propiedad intelectual por medio de patentes o instrumentos de protección de variedades, pueda afectar los productos desarrollados por el sector público. El nivel de utilización de los instrumentos de protección de las variedades de plantas es igual o superior al uso de patentes por los residentes en cada país, aunque los últimos son instrumentos más difíciles y caros de obtener.

**Tabla 18. Número de instrumentos de protección de la propiedad intelectual usados en cada país**

País	Número de patentes otorgadas a cada país en Estados Unidos (1977-2006)	Número total de patentes otorgadas a no-residentes (1985-2005)	Número total de patentes otorgadas (1985-2005)	Número total de patentes otorgadas a residentes (1985-2005)	% de patentes otorgadas a no-residentes (1985-2001)	Patentes otorgadas a residentes por millón de personas	Total de instrumentos PVP otorgados (2001-2005)	Número de días para resolver una disputa contractual
Argentina	957	15910	20207	4297	79%	114	653	520
Bolivia	15	145	169	24	86%	3	33	591
Brasil	1959	41862	49158	7296	85%	41	578	616
Chile	225	7270	7894	624	92%	40	264	480
Colombia	191	5899	6503	604	91%	14	268	1346
Costa Rica	199	36	60	24	60%	6	n.a.	615
Ecuador	47	1112	1181	69	94%	5	183	498
El Salvador	21	275	318	43	86%	7	n.a.	626
Guatemala	40	180	977	797	18%	68	n.a.	1459
Honduras	21	577	634	57	91%	8	n.a.	480
México	1745	78283	81503	3220	96%	32	315	415
Nicaragua	4	172	186	14	92%	3	3	486
Panamá	30	455	533	78	85%	25	1	686
Paraguay	7	130	137	7	95%	1	166	478
Perú	79	5121	5393	272	95%	10	n.a.	300
Rep. Dominicana	26	111	125	14	89%	2	n.a.	460
Uruguay	110	1346	1518	172	89%	51	125	655
Venezuela	619	21189	22862	1673	93%	66	n.a.	435

Fuente: Datos extraídos por los autores de este estudio de las páginas web de las organizaciones WIPO ([www.wipo.int](http://www.wipo.int)), UPOV ([www.upov.org](http://www.upov.org)) y el sitio del Tratado de Cooperación de Patentes en WIPO (<http://www.wipo.int/pct/es/texts/>).

#### Recuadro 4. UPOV 1978 versus UPOV 1991

Existen diferencias importantes entre los convenios UPOV de 1978 y de 1991, que tienen que ver con el tipo de cobertura, el período, el campo de acción y las exenciones:

- El Convenio del '78 cubre variedades de plantas de especies y géneros definidos a nivel nacional, mientras que el Convenio del '91 cubre variedades de plantas de todos los géneros y especies.
- El período de protección contemplado en el Convenio del '78 es un mínimo de 15 años, mientras que el del Convenio del '91 es de 20 años.
- El énfasis de protección del Convenio del '78 es la producción para propósitos comerciales, y la oferta para la venta y comercialización de material propagativo de una variedad protegida. El Convenio del '91 añade, entre otras cosas, la exportación, importación y almacenamiento del material protegido para los propósitos antes mencionados.
- El Convenio del '78 permite a los “fitomejoradores” usar variedades protegidas para desarrollar una nueva variedad. Bajo los lineamientos del Convenio del '91, se restringe esta exención y, entre otras limitaciones anotadas en el documento, no se permite la producción de variedades que son esencialmente derivadas de una variedad protegida o que no se distinguen de tal variedad.
- Los productores agrícolas pueden usar libremente los materiales cosechados de una variedad protegida para cualquier propósito bajo los términos del Convenio del '78. En cambio, en el Convenio del '91, los gobiernos nacionales adquieren el derecho de decidir si les permite a los productores —dentro de límites razonables y respetando los intereses legítimos del obtentor de derechos— sembrar la semilla de variedades protegidas que han cosechado en sus propios campos, sin la autorización del obtentor de derechos. Sin embargo, no se les permite intercambiar o vender dicho material.

Fuente: Traducción libre de los autores de este informe del GRAIN BIO-IPR DocServer Diciembre 5-2005 (<http://www.grain.org/bio-ipr/?id=458>).

Finalmente, la Tabla 19 presenta el número de citas registradas en el *CAB Biological Abstract*, filtradas por país de publicación, año y por biotecnología vegetal o animal. Este cuadro en general enfatiza aun más la elevada capacidad científica de países como Argentina, Brasil y México. De acuerdo con esta estadística, países como Chile, Colombia, Perú y Costa Rica tienen una capacidad intermedia, mientras que la mayoría de países en América Central tienen muy poca capacidad científica. Es importante señalar que las publicaciones constituyen una forma de colocar estas innovaciones en el dominio público, lo cual proporciona un modo de proteger la propiedad intelectual, al convertir la innovación en bien público.

**Tabla 19. Citas bibliográficas incluidas en CAB Biological Abstract**

<b>País</b>	<b>1999</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>Total</b>
Argentina	166	429	609	1204
Bolivia	0		15	15
Brasil	1419	6736	7587	15742
Chile	66	359	298	723
Colombia	72	238	432	742
Costa Rica	140	178	68	386
Ecuador	2	1	0	3
El Salvador	0	1	0	1
Guatemala	0	6	4	10
Honduras	27	9	0	36
México	250	646	546	1442
Nicaragua	0	1	1	2
Panamá	0	0	0	0
Paraguay	0	0		0
Perú	75	54	24	153
Rep. Dominicana	0	0	0	0
Uruguay	17	24	41	82
Venezuela	75	455	369	899
Total América Latina	4308	11140	12000	21440
Estados Unidos	6155	43711	41646	91512

Fuente: Extraído de CAB Direct online ([www.cabdirect.org](http://www.cabdirect.org)).

Nota: Incluye la biotecnología vegetal y animal.

## 8. LA SITUACIÓN EN CUANTO A LA GESTIÓN DE LA BIOSEGURIDAD

Las preocupaciones y controversias sobre los posibles riesgos para la salud y el medio ambiente han estado presentes desde las primeras etapas de desarrollo de la biotecnología. Esto no debe sorprendernos, ya que este tipo de debate ha afectado a la mayoría de las innovaciones radicales en épocas anteriores. Como consecuencia de esas preocupaciones y debates, *pari pasu* del proceso mismo de desarrollo de las herramientas y productos biotecnológicos, se ha ido elaborando un complejo marco de normas tendientes a reducir al mínimo los riesgos para el medio ambiente y la salud humana. En respuesta a estas preocupaciones, se han adoptado normas en materia de bioseguridad y mecanismos para evaluar el riesgo, que fueron diseñados para acompañar los productos desde su generación en el laboratorio hasta su producción y lanzamiento comercial, y finalmente, para monitorear el funcionamiento de los nuevos organismos y garantizar así su inocuidad para los seres humanos y los animales que los consumen.

Estos procedimientos, formalizados de manera general en el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena, adscrito a la Convención de Biodiversidad, en lo que concierne a los movimientos transfronterizos, se han establecido como pre-requisitos para la liberación de estas tecnologías al medio ambiente en una proporción significativa de todos los países, sean o no signatarios de la Convención y el Protocolo. Aunque al principio el debate se centró en los posibles efectos nocivos que los OGM podrían tener en el medio ambiente, los sistemas reguladores de la bioseguridad han sido expandidos para abarcar también la inocuidad de los productos para el consumo humano y animal. En algunos casos y en ciertos países, el alcance de la bioseguridad ambiental y la inocuidad de los alimentos han sido expandidos, a su vez, para incluir otras consideraciones de índole público, como los aspectos socioeconómicos, éticos y filosóficos.

En términos generales, la mayoría de los países han adoptado un proceso secuencial de aprobación regulatoria de bioseguridad, donde el proponente debe demostrar un nivel suficiente de seguridad antes de avanzar al siguiente nivel. Normalmente, el proceso regulatorio comienza con una solicitud presentada al comité institucional de bioseguridad para aplicaciones en el laboratorio. A medida que se recopila la información, ya sea generándola o consultando a expertos en otros países, la innovación puede avanzar a otras etapas regulatorias, que incluyen ensayos confinados en el invernadero, ensayos confinados en campo, ensayos ampliados en campo y, finalmente, la aprobación para la comercialización.

En la Tabla 20 se resume la capacidad de regular la bioseguridad, incluyendo las aprobaciones para comercializar este tipo de productos que han sido concedidas en los distintos países de la región. De acuerdo con lo documentado, por lo menos en cinco países se han efectuado, o se efectúan de manera habitual, ensayos en campo para evaluar el perfil de seguridad ambiental y/o el desempeño de estas variedades en cada país. Las variedades incluidas en estos ensayos en campo poseen tolerancia a herbicidas, resistencia a insectos o una combinación de estos dos atributos y todas están relacionadas con tecnologías desarrolladas fuera de la región. Hasta el momento, ocho países —Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Honduras, México, Paraguay y Uruguay— han aprobado cultivos GM para su comercialización y, en 2006, más de 32 millones de hectáreas estaban sembradas con cultivos GM, principalmente soja, maíz y algodón. La tolerancia a los herbicidas y la resistencia a los insectos, o combinaciones de los dos atributos, son las características predominantes de los cultivos GM que se siembran en la región.

**Tabla 20. Bioseguridad y comercialización: Ensayos en campo, autorizaciones comerciales, cultivos y fenotipos por país**

País	Bioseguridad				Comercialización				
	Ensayos en campo pre-aprobación	Años	Cultivos	Fenotipos	Área cultivada con OGM (miles de ha, 2006)	Soja	Maíz	Algodón	Fenotipos
Argentina	883	1991-2005	Girasol, arroz, algodón, alfalfa, trigo, soja, papa, maíz y otros	RH, RI, RV, PA, RI/RH,	18000	1	7	1	TH, RI
Bolivia	?	?	?	?	?	1			TH
Brasil	677	1997-2006	Soja, algodón, maíz, eucalipto, caña de azúcar, frijoles, papaya, papa		11500	1		1	TH, RI
Chile									
Colombia	?	?	?	?	25			1	RI, RI/TH
Costa Rica									
Ecuador									
El Salvador									
Guatemala	3	1998-1999, 2001, 2002-2003	Algodón, maíz	RI, RH	0				
Honduras	4	2003-2004	Maíz	RI, RI/TH	5		2		RI, TH/RI
México	284	1988-2004	Trigo, plátano, chile, jitomate, papaya, melón, claveles, lino, canola, calabacita, tomate, alfalfa	RI, RH, RV, PV	100	1		1	RI, TH
Panamá									
Paraguay	?	?	Soja	RH	2000	1			TH
Perú									
Rep. Dominicana									
Uruguay	?	?	Arroz, maíz, trébol blanco	RH, RI, RH/RI	400	1	2		TH
Venezuela									
Total América Latina									

Fuentes: Número de ensayos: AgBios ([www.agbios.org](http://www.agbios.org)); área cultivada con OGM: James (2006).

Notas: RI= Resistencia a insectos; RH= Resistencia a herbicidas, RV = Resistencia a virus, RH/RI = Resistencia a insectos y herbicidas. México aprobó 31 tecnologías para cultivo comercial entre 1995 y 2005. Solamente dos tecnologías han sido vendidas comercialmente con éxito: el algodón resistente a insectos y la soja resistente a herbicidas.

La Tabla 21 presenta una descripción más detallada de las aprobaciones comerciales por país, cultivo y fenotipo en América Latina. Según esta información, en la región se han aprobado para la comercialización un total de 73 eventos en 9 cultivos diferentes, pero como se ha mencionado anteriormente, el recibir permiso del sistema regulatorio de bioseguridad para comercializar un producto no significa que éste llegue efectivamente al mercado, ya que existen diversos factores que podrían impedirlo.

**Tabla 21. Aprobaciones por el organismo regulatorio de bioseguridad para cultivo comercial por país, cultivo y fenotipo: número de eventos**

País	Cultivo	PA	TH	TH/ TI	TI	TI/ TH	TI/ TH/TH	TI/ TI	TI/ TI/TH	TI/ RV	TOTAL
Argentina	algodón		1		1						2
	maíz		3		1	5					9
	soja		1								1
Brasil	algodón				1						1
	soja		1								1
México	alfalfa		1								1
	canola ( <i>Brassica napus</i> )		4								4
	algodón		3		6	5					14
	maíz	1	3	1	3	7	1	1	3		20
	papa				1					2	3
	arroz		1								1
	soja		3								3
Uruguay	remolacha		1								1
	tomate	3									3
	maíz				1	1					2
Honduras	soja		1								1
	maíz		1		1	1					3
Bolivia	soja		1								1
Colombia	algodón			1	1						2
Total		4	25	2	16	19	1	1	3	2	73

Fuente: AGBIOS (2007) y elaboración propia basada en los informes por país hechos como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007.

Notas: PA=Propiedades agronómicas, TH=Tolerancia a herbicidas, TI=Tolerancia a insectos, RV=resistencia a virus.

Las columnas que muestran atributos múltiples representan variedades de plantas GM que expresan diferentes atributos.

El hecho de que un evento haya sido aprobado con fines de comercialización, no significa que el proponente lo haya hecho en el país.

Algunos tienen que ver con el propio sistema regulatorio, como en el caso de la soja tolerante a herbicidas en Brasil, donde el permiso para comercializar un producto, concedido por la Comisión Nacional de Bioseguridad, fue suspendido posteriormente por decisión del sistema judicial. Otros factores están relacionados con las consideraciones comerciales del propietario de la tecnología (por ejemplo, que las condiciones de mercado no aseguran una suficiente rentabilidad). En otros casos, el costo de cumplir con los requerimientos de evaluación de la bioseguridad ambiental y la inocuidad de los alimentos, puede constituir una barrera que evite que los productos GM pasen del laboratorio al productor (Falck-Zepeda 2006).



La complejidad de las evaluaciones del riesgo ambiental y de la inocuidad de los alimentos —y su elevado costo— puede llegar a afectar las instituciones públicas y privadas —particularmente las pequeñas y medianas— de un país, ya que como hemos visto, éstas tienden a tener menos recursos financieros y humanos. Sin embargo, no se cuenta con datos suficientes para establecer si esto afecta la transferencia de tecnologías a los productores. Por lo tanto, no es posible establecer si la razón principal de que las tecnologías no lleguen a los productores es el costo o la incapacidad de cumplir con las normas de bioseguridad.

Además de las normas de bioseguridad, el funcionamiento deficiente de los mercados de semillas en la gran mayoría de los países es una importante limitante. Aunque se respeten las condiciones de propiedad intelectual y se establezcan políticas regulatorias “permisivas” (en el sentido de que reducen los costos de someter los nuevos productos al proceso regulatorio), la comercialización de las nuevas tecnologías depende en gran medida de que exista, en el cultivo en cuestión, un activo proceso de rotación de germoplasma mediante el cual la tecnología llegue a los productores y los oferentes de la tecnología recuperen sus inversiones. La realidad es que esa situación, que ocurre en muy pocos cultivos y países, representa una limitante a un mayor uso de la biotecnología, casi de tanta o mayor importancia que la falta de capacidades, descrita en las partes iniciales de este documento (ver un examen más amplio de estos aspectos en Trigo y Piñeiro 2004).

Cualquiera que sean las razones de la situación mencionada, es importante contrastar los Tablas 20 y el 21 en términos de los cultivos que se siembran en la región. Todos los cultivos que actualmente se siembran —soja, maíz y algodón— son, como ya se indicó, tecnologías desarrolladas por el sector privado multinacional. Es interesante notar que hasta el momento ninguna tecnología OGM producida por el sector público en América Latina ha sido comercializada exitosamente, lo cual indica la limitada capacidad del sector público de transferir los resultados de biotecnologías modernas a los productores.

No es nada nuevo el hecho de que, en América Latina, es limitada la capacidad para transferir nuevas tecnologías a los productores; más bien, este hecho refleja que la inversión en la transferencia de tecnología se ha venido reduciendo en América Latina a lo largo de las últimas décadas. Las biotecnologías son producto de procesos científicos y su uso exitoso depende de la capacidad del sistema de investigación y desarrollo, y de la transferencia de dichos conocimientos al usuario final. Los flujos necesarios de conocimientos desde y hacia el productor, impulsados por el uso de la biotecnología, hacen más crítica la necesidad de establecer las instituciones y las condiciones institucionales que permitan incrementar al máximo el beneficio potencial de estas tecnologías. Asimismo, la nula transferencia de tecnologías OGM refleja la poca planeación e incorporación de procedimientos para entregar dichas tecnologías a los productores, ya sea por medio de alianzas público-privadas o la transferencia directa, de manera deliberada, en los procesos de investigación y desarrollo (Atanassov et al. 2004).

## 9. COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS EN AMÉRICA LATINA

El presente estudio (BID 2006-2007) es único en términos de la congruencia metodológica, el número de países cubiertos y los estándares mínimos considerados para incluir productos, técnicas y recursos humanos. Sin embargo, no es el único estudio realizado en América Latina y, por lo tanto, vale la pena calificar sus resultados respecto a otros esfuerzos llevados a cabo en el pasado.

El estudio realizado por Trigo et al. (2002) fue financiado por el BID e incluyó 70 institutos de 10 países latinoamericanos. Los resultados de este estudio muestran que un total de 1,338 profesionales con diferentes grados académicos trabajan en la región con un total de 16.6 millones de dólares en financiamiento. Si hacemos una comparación estricta de los resultados por país de ambos estudios, notamos que el número de profesionales con doctorado y maestría se duplica en el estudio BID 2006-2007 con respecto al estudio BID 2002, mientras que el número de profesionales con licenciatura se mantiene casi igual. Nótese, también, que el número de instituciones incluidas en el estudio BID 2006-2007 aumenta a 144 (157, si se incluye México) y que el financiamiento se incrementa a 126 millones de dólares corrientes (no ajustados por inflación).

La red de laboratorios en biotecnología REDBIO (<http://www.redbio.org>) es una importante fuente de información, pues aglutina aproximadamente 70 laboratorios que llevan a cabo investigación biotecnológica en 32 países latinoamericanos y tiene registrados a más de 5000 profesionales. Los datos sobre recursos humanos, áreas de énfasis y cultivos que se incluyen en este documento no son directamente comparables con los datos que se extraen de la red REDBIO. Como ya se mencionó, en el presente estudio establecimos un estándar mínimo para poder incluir datos pertinentes a recursos humanos, técnicas, áreas de énfasis y cultivos que podrían ser entregados a los productores o que podrían dar origen a productos comerciales. Además, como ya explicamos, limitamos el alcance de nuestra investigación a la biotecnología con fines agropecuarios. Hasta donde pudimos discernir con base en los datos disponibles en el sitio web de REDBIO, los registros son reportados por los investigadores mismos y no nos fue posible identificar un mecanismo que filtre los datos a fin de evitar errores u omisiones en los mismos. Además, los datos reportados en la REDBIO incluyen otras aplicaciones de uso no-agrícola como ser las de uso industrial o en la producción de fármacos.

Sin embargo, al examinar estudios de caso basados en datos de REDBIO y estudios financiados por la FAO y/o REDBIO en Argentina (Diamante e Izquierdo 2004), Bolivia (Ávila e Izquierdo 2006), Colombia (Schuler y Orozco 2006) Ecuador (Wendt e Izquierdo 2004) y Perú (Pastor 2004), confirmamos que, cualitativamente, nuestros resultados son congruentes con el panorama presentado por esos estudios, es decir, un panorama donde existe capacidad para implementar biotecnología tradicional y moderna, pero donde, en la práctica, la gran mayoría de las aplicaciones son tradicionales. El hecho es que, hasta ahora, ninguna aplicación de la biotecnología moderna desarrollada en la región ha sido entregada a los productores.

Otro importante trabajo, realizado por la Corporación Andina de Fomento (2005), es particularmente interesante porque establece un nexo entre la riqueza de la diversidad en América Latina y el potencial biotecnológico en la región. El campo de acción de dicho trabajo incluye áreas no contempladas en el presente estudio y abarca sólo los países de la Región Andina. Sin embargo, llega a conclusiones similares a las del presente estudio en cuanto a la diversidad de aplicaciones biotecnológicas en la región y al potencial bastante grande de mercado, pero tiene pocos resultados que mostrar en materia de productos de la biotecnología moderna desarrollados en la región.

Aunque el fin principal del presente estudio fue proporcionar una descripción de la situación de la biotecnología agropecuaria en América Latina, no podemos dejar de señalar que los trabajos arriba descritos sirven para reforzar lo que hemos apuntado en nuestro estudio, es decir, la situación cada vez más contradictoria de la biotecnología en América Latina, una de las primeras regiones donde se hicieron inversiones en biotecnología agrícola y donde los países adoptaron la tecnología; sin embargo, la transferencia de los productos biotecnológicos desarrollados en la región está básicamente paralizada por las razones antes anotadas. Esta situación ha sido observada también en investigaciones realizadas por Acquaye et al. (2004) y por Izquierdo y De la Riva (2000).

## 10. A MANERA DE CONCLUSIÓN

La biotecnología agropecuaria tiene un potencial muy grande para fortalecer e incrementar los procesos productivos agropecuarios en América Latina. En este informe se han presentado los resultados de una encuesta realizada en 18 países de la región y suplementada con distintas fuentes de información secundaria disponible en los países analizados.

Los resultados del estudio muestran que todos los países latinoamericanos aplican técnicas biotecnológicas, en su mayoría de tipo convencional. Países como Brasil, México y, quizá, Argentina tienen una capacidad elevada en términos del número y la diversidad de técnicas que utilizan, así como también, de la capacidad de aplicar técnicas tanto convencionales como modernas. Otros países como Colombia, Chile, Costa Rica, Perú y Uruguay tienen un potencial muy respetable de utilizar técnicas convencionales y, en algunos casos, técnicas modernas. En cambio, todos los países centroamericanos, sumados a Bolivia, Paraguay y República Dominicana, tienen una capacidad muy limitada de aplicar técnicas convencionales y prácticamente nulas, en lo que respecta a las modernas. La reducida capacidad de estos últimos países significa que tienen casi siempre proyectos y/o programas dirigidos por un individuo o equipo de trabajo en una institución. Esto denota más bien un desarrollo aislado de la biotecnología y no la implementación de actividades dirigidas a atender un objetivo estratégico por parte de esos países.

En cuanto a las aplicaciones, el estudio muestra que la investigación cubre una gran diversidad de cultivos, quizá reflejo de la enorme biodiversidad genética de la región, y es notable el énfasis que los diferentes países y regiones le han dado a los cultivos de interés nacional y regional. Aunque no se ha hecho un análisis formal de correspondencia entre el valor de la producción y el valor social de los cultivos en cada país, el hecho de que los sistemas de investigación hayan escogido diversificar el portafolio de investigación para abarcar aquellos cultivos que, *a priori*, aparecen como de mayor relevancia subregional o a nivel de país, es, de por sí, un aspecto interesante de la evolución del sector. Sin embargo, es importante hacer notar que, por un lado, en algunos países, el número de cultivos se ha expandido a grado tal, que ya hay indicios de que está disminuyendo el nivel de recursos por cultivo y/o por investigador. Esto debería motivar la re-evaluación y revisión de las prioridades y los recursos disponibles con el fin de mejorar la rentabilidad de las inversiones del país en estos temas. Por otro lado, resalta también el poco peso que tiene la región en la realización de investigaciones sobre los cultivos que hoy dominan el escenario de la biotecnología (soja, maíz y algodón), a pesar del valor económico que tienen en la producción de cada país y de que la región es una de las que más ha aprovechado los productos de la etapa actual de la biotecnología agropecuaria.

Los resultados obtenidos en este estudio nos señalan la necesidad de invertir recursos considerables en la conservación, mantenimiento, mejoramiento y uso de los recursos genéticos de las plantas utilizadas en la agricultura, así como en los sistemas de distribución de semillas y tejidos —tanto formales como informales— que continúan sirviendo de mecanismo de diseminación de la innovación biotecnológica. Si no continúa existiendo innovación en los sistemas de producción de semilla, la innovación en genes está destinada al fracaso. El productor normalmente valora no sólo características particulares (por ejemplo, las que tienen su origen en la inserción de genes en la planta), sino también, la productividad total del cultivo. Desde este punto de vista, es necesario que haya un flujo continuo de germoplasma mejorado en todos los países de América Latina y el Caribe, como receptor de genes desarrollados internamente o provenientes de otros países, para poder aprovechar las inversiones en la capacidad biotecnológica de la región.

La evaluación de los recursos humanos y financieros existentes en los países incluidos en el estudio indica que aquellos con sistemas de investigación avanzados, como Brasil, México y Argentina, destinan cantidades significativas de recursos humanos y financieros a la investigación biotecnológica, pero países relativamente pequeños en extensión, población y economía, como Costa Rica y Uruguay, tienen altas intensidades relativas de inversión, muy probablemente como resultado de que históricamente han hecho mayores inversiones en educación, ciencia y tecnología que el resto de América Latina. En

contraste, son notorios, también, la baja inversión en biotecnología agropecuaria en América Central, Bolivia, Paraguay y República Dominicana, los cuales reflejan, sin duda, lo que sucede con la ciencia y tecnología en general. En algunos casos, la situación está más relacionada con movimientos políticos y sociales que han ejercido presión y hasta han logrado establecer políticas de gobierno opuestas a la biotecnología, particularmente a los OGM.

La necesidad de garantizarle al público una adecuada seguridad en cuanto al uso de las nuevas tecnologías ha llevado a los países de la región —siguiendo una tendencia de naturaleza claramente global— a implementar mecanismos de evaluación y análisis de la bioseguridad ambiental y de la inocuidad de los alimentos para consumo humano y animal. Sin embargo la mayoría estos mecanismos han tenido, hasta el momento, muy poco aprovechamiento, ya que en sólo ocho de los países se han establecido mecanismos formales de evaluación de productos específicos. La finalidad de estos mecanismos es generar información sobre el desempeño de estas tecnologías, al igual que sobre el perfil de seguridad en ambientes específicos. Para poder implementarlos y evaluar sus resultados, es indispensable que exista cierta capacidad científica en los procesos de bioseguridad y una masa crítica mínima en términos de recursos humanos, técnicos, financieros y científicos, que no siempre está presente en los países analizados. Subsana esta deficiencia debería ser una prioridad de cualquier política que se implemente a nivel tanto nacional como subregional o regional.

La región también ha avanzado en cuanto a los mecanismos y procesos para el uso de los diferentes instrumentos de propiedad intelectual, vinculados a las innovaciones en la agricultura. No obstante, el uso de la biotecnología, particularmente en materia de los OGM, incrementa la necesidad de contar con una capacidad efectiva para la negociación y manejo de la propiedad intelectual. Algunos países, como Brasil, Argentina y México, cuentan con los instrumentos y los recursos humanos necesarios para manejar la propiedad intelectual a un nivel razonablemente aceptable, pero aún así, el grueso de la protección es explotada por no-residentes en todos los países. Este es otro indicador de la incongruencia entre el significativo aprovechamiento de las nuevas tecnologías por parte de los países latinoamericanos y su capacidad de pasar de ser “utilizadores” a innovadores en este campo.

Para solventar las limitaciones de los sistemas de investigación, muchas organizaciones han establecido alianzas estratégicas con instituciones de investigación avanzada dentro y fuera de cada país. Por supuesto, los países con sistemas de investigación e innovación más avanzados tienden a tener un mayor número de alianzas estratégicas, alianzas que se volverán más necesarias a medida que las tecnologías desarrolladas por el sector público de América Latina, como las descritas en el estudio del IFPRI “Next Harvest” (Atanassov et al. 2004), evolucionen y se vuelvan candidatas para ser entregadas a los productores. En ese momento, será esencial que los países tengan la capacidad científica requerida para cumplir con las normas de bioseguridad. El establecer alianzas estratégicas a fin de encontrar la forma de cumplir con estas normas, dirigir la transferencia de tecnología y dar un manejo sostenido al producto para asegurar su viabilidad a largo plazo (*stewardship*) son aspectos estratégicos que es necesario considerar al diseñar e implementar las políticas para el sector en un futuro cercano.

En este estudio se han enfatizado algunos aspectos importantes que muestran, con base en estadísticas y descriptores cuantitativos, el estado actual de la biotecnología en América Latina. El panorama encontrado resalta los amplios contrastes existentes entre y dentro de los países y las subregiones. No cabe duda de que la biotecnología tiene mucho que aportar al desarrollo sostenible de la región y ya hay experiencias concretas de la magnitud de esas aportaciones. Asimismo, es evidente que en la región hay capacidades muy importantes que podrían ser explotadas con estos fines, y no sólo en el campo científico-tecnológico, sino también en el ámbito institucional, por ejemplo, en la gestión de la propiedad intelectual y de la bioseguridad. Lo que falta, sin duda, es la definición de políticas y posiciones respecto a la biotecnología, especialmente respecto a los productos más controvertidos, como los OGM. El análisis de políticas deberá contemplar el entorno de la biotecnología, su inserción en la agricultura y su aportación potencial al desarrollo económico de la región, todo esto enmarcado en un esquema de sostenibilidad, eficiencia, transparencia y equidad.

## **APÉNDICE A: PROYECTO “CAPACIDAD DE LA BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN AMÉRICA LATINA” ESTUDIO COMISIONADO POR EL BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID)**

### **A.1. Objetivo y Alcance del Estudio**

Este estudio tiene por objeto analizar la situación actual de la investigación y desarrollo de la biotecnología agropecuaria en América Latina. Asimismo, servirá de apoyo a los múltiples análisis técnicos y financieros de las diferentes inversiones nacionales e internacionales del sector público y privado en la investigación y desarrollo de la biotecnología agraria en la región. Los resultados cuantitativos servirán de base para sostener un diálogo más amplio sobre los factores explicativos y para analizar las limitaciones, los puntos flacos y fuertes, y las oportunidades de los diferentes países en la región, así como las acciones estratégicas, las políticas y la toma de decisiones en general de los todos países latinoamericanos. El análisis de políticas y las acciones estratégicas aparecerán en un informe adicional al presente.

En este estudio se consideraron todas aquellas herramientas biotecnológicas aplicadas en el mejoramiento genético de las plantas, animales y microorganismos utilizados en la agricultura. Esto implica que se consideró, por ejemplo, el uso de microorganismos para producir vacunas para animales, pero no para producir fármacos.

### **A.2. Metodología**

La metodología aplicada para implementar este estudio fue una combinación de una encuesta institucional de los sectores público y privado de los diferentes países latinoamericanos, suplementada, cuando necesario, con entrevistas a expertos, con la recopilación de toda fuente secundaria disponible. Dado que no existe un censo formal de todas las instituciones que llevan a cabo investigación y desarrollo en biotecnología agropecuaria en América Latina, que incluya todos países de la región, ni listas sistemáticas de las mismas, es imposible obtener un estimado fidedigno del universo de esas instituciones. Por lo tanto, las posibilidades de utilizar metodologías de muestreo y análisis estadístico son nulas.

La mejor opción para desarrollar el presente estudio fue organizar un equipo de expertos nacionales y regionales, de amplia y reconocida trayectoria y experiencia en la evaluación de la biotecnología agropecuaria en América Latina. Este equipo fue conformado por cuatro consultores nacionales o regionales, un coordinador técnico y la contraparte técnica del BID. Se detallan a continuación el equipo y su campo de acción.

<b>Consultor</b>	<b>Institución</b>	<b>País/ Región/Tarea</b>
<b>Eduardo Trigo</b>	<b>CEO Consultores</b>	<b>Cono Sur (Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay)</b>
<b>María José Sampaio</b>	<b>EMBRAPA</b>	<b>Brasil</b>
<b>José Luis Solleiro</b>	<b>CamBioTec</b>	<b>México, América Central (Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá) y República Dominicana</b>
<b>José Falck-Zepeda</b>	<b>IFPRI</b>	<b>Coordinación</b>
<b>César Falconi</b>	<b>BID</b>	<b>Coordinación</b>

Se celebró un taller metodológico en Lima, Perú (marzo de 2006), para discutir la encuesta de capacidades próxima a implementarse, así como su modalidad de aplicación. Los pasos acordados para elaborar a encuesta con los expertos nacionales/regionales fueron los siguientes: (1) hacer una lista de las instituciones públicas y privadas que implementan biotecnología en cada país; (2) seleccionar un grupo de instituciones que representen el 75-80% de las inversiones en biotecnología agropecuaria en cada país; (3) enviar la encuesta a cada institución, junto con las instrucciones para llenarla, y una promesa de confidencialidad, es decir, la promesa de no divulgar los datos individuales de cada institución; (4) hacer

el seguimiento de las instituciones que no responden; y (5) recopilar, resumir y elaborar un informe sobre cada país.

Debido a que la lista de las instituciones que componen el 75-80% del estimado de las inversiones en cada país es una apreciación subjetiva de los consultores nacionales/regionales, dicha lista está sujeta a las mismas variaciones e incertidumbre comunes a todo ejercicio de evaluación basado en la opinión de expertos. Sin embargo, el hecho de que los expertos que conformaron el estudio tengan una amplia trayectoria en la evaluación de la biotecnología en América Latina, aunado a las extensas consultas que el equipo realizó con expertos, autoridades, el gobierno y el sector privado, nos dan un nivel de confianza bastante aceptable en los resultados presentados en ese informe.

Para suplementar (o, en algunos casos, complementar) la información generada por las encuestas enviadas a las diferentes instituciones, se consultó toda información secundaria y/o estadísticas publicadas a nivel nacional, regional e internacional. Se compararon los resultados obtenidos de las encuestas y de fuentes secundarias, con toda la información disponible y, en algunos casos, se hicieron los ajustes necesarios para obtener resultados que fueran razonables.

Dado que la lista de instituciones fue elaborada de manera subjetiva, es posible que se haya omitido alguna institución que estuviera efectuando I+D en biotecnología en cada país. Sin embargo, como lo que se buscaba era identificar aquellas organizaciones que estuvieran contribuyendo en mayor proporción al proceso de innovación, se hizo un esfuerzo consciente por identificar aquellas que dominaban las diferentes técnicas y metodologías de la investigación biotecnológica. Asimismo, hubo organizaciones que recibieron la encuesta y que o no respondieron o no lo hicieron a tiempo para ser incluidas en el informe final. Esto es normal en cualquier tipo de encuesta.

### **A.3. Cuestionario Utilizado para el Levantamiento de la Información a Nivel de Instituciones y Empresas**

Mucho apreciamos su contribución a este estudio. Queremos enfatizarle que la información recolectada en esta encuesta será tratada como confidencial. La información específica recolectada de cada respondiente individual no será presentada en el informe final. Las aplicaciones de biotecnología agrícola y mejoramiento de recursos genéticos serán agrupadas en categorías generales, para evitar mostrar una relación directa entre las conclusiones presentadas en el informe final y un instituto de investigación y desarrollo en particular.<sup>12</sup>

#### *1. Información General*

1.1 Nombre del instituto: \_\_\_\_\_

1.2 País: \_\_\_\_\_

1.3 Persona contacto: \_\_\_\_\_

1.4 Dirección / E-mail: \_\_\_\_\_

1.5 Teléfono / Fax: \_\_\_\_\_

1.6 Tipo de institución: \_\_\_\_\_

#### *Áreas de énfasis de I+D de la institución:*

Por favor marque, en la siguiente lista, las áreas de investigación de su institución.

---

<sup>12</sup> En este estudio se considerarán todas aquellas herramientas biotecnológicas utilizadas en el mejoramiento genético de plantas, animales y microorganismos utilizados en la agricultura. Esto implica que consideraremos, por ejemplo, el uso de microorganismos para la producción de vacunas para animales pero no para la producción de fármacos.

<i>Agricultura</i>	
<i>Ganadería/Pecuarios</i>	
<i>Forestales</i>	
<i>Acuicultura</i>	
<i>Producción de energía basada en plantas</i>	
<i>Otros</i>	

## **2. Actividades de la investigación en biotecnología agropecuaria**

En su instituto, y para las actividades relacionadas con biotecnología, por favor complete la Tabla 1. Para cada actividad, por favor indique las técnicas, los productos en que se utilizan, el problema a resolver y el número de investigadores que participan en la actividad. En las notas a continuación encontrará una explicación más detallada.

Columna 1: Enumerar (al menos) las cinco técnicas más importantes utilizadas en su instituto.

- 1) Técnicas de cultivo celulares y tejidos (micro-propagación, cultivo de anteras, rescate embrionario, fusión de protoplastos, conservación e intercambio de germoplasma *in vitro*, inseminación *in vitro*, manipulación y transferencia de embriones, clonación de células animales y otros).
- 2) Técnicas de marcadores moleculares (RFLP, RAPD, marcadores microsatelitales, AFLP y otros).
- 3) Técnicas de diagnóstico (ELISA, anticuerpos monoclonales, sondas de ácidos nucleicos, PCR y otros).
- 4) Técnicas de ADN recombinante (aislamiento, clonación, hibridación, construcciones de genes).
- 5) Técnicas de transformación genética (mediados por *agrobacterium*, bombardeo por microproyectiles, electroporación y microinyección).
- 6) Técnicas genómicas funcional y estructural, proteómica y metabolómica.
- 7) Otros

Columna 2: Enumerar los productos en que se utilizan las técnicas anotadas en la Columna 1.

Columna 3: Enumerar los problemas a resolver en los productos de la Columna 2.

Columna 4: Indicar el porcentaje de investigadores que aplican las técnicas anotadas en la Columna 1 para dar una idea de la intensidad del uso.

**Tabla A. 3 (a). Técnicas y uso de la biotecnología**

	1. <i>Técnicas de investigación</i>	2. Productos en que se utilizan (cultivo / variedad / raza / especie)	3. Problema a resolver	4. Porcentaje de investigadores que aplican las técnicas
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

**3. Enlaces con organizaciones avanzadas de investigación y transferencia de tecnologías**

3.1) Por favor enumere las cinco alianzas estratégicas actuales más importantes con organizaciones de los tipos que aparecen a continuación (1 al 7) y después responda las preguntas siguientes.

Código de tipo de organización

1 = Centros internacionales de investigación

2 = Compañías privadas nacionales

3 = Compañías privadas multinacionales

4 = Universidades nacionales

5 = Universidades extranjeras

6 = Cooperativas, fundaciones, asociaciones de productores

7 = Otros

#	Código de tipo de organización	Nombre de la organización
1)		
2)		
3)		
4)		
5)		

Nota: Si usted prefiere, puede llenar solamente el código de tipo de organización y guardarse el nombre de la organización. Nos interesa saber por lo menos el tipo de organización.

3.2) ¿Considera usted que las alianzas estratégicas anotadas tuvieron el propósito de:

Resolver problemas de acceso a insumos para la investigación

Resolver limitaciones en la capacidad de implementar investigación en su organización

Resolver problemas de acceso y uso de la propiedad intelectual

Resolver problemas de capacidades en técnicas de investigación



(\_\_\_) Adquirir acceso a capacidad para cumplir con los requisitos de bioseguridad de su país

(\_\_\_) Otros \_\_\_\_\_

3.3) Por favor enumere tres sugerencias encaminadas a eliminar las posibles brechas y limitaciones que aún existen en las alianzas estratégicas arriba anotadas.

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

3) \_\_\_\_\_

3.4) Por favor enumere los puntos a favor y en contra de las alianzas estratégicas arriba anotadas.

Argumentos a favor:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Argumentos en contra:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3.5) ¿Piensa su instituto buscar este y otros tipos de alianzas estratégicas en el futuro?

SÍ NO

¿Con quién? Marque las que usted crea conveniente.

Centros internacionales de investigación \_\_\_\_\_

Compañías privadas nacionales \_\_\_\_\_

Compañías privadas multinacionales \_\_\_\_\_

Universidades nacionales \_\_\_\_\_

Universidades extranjeras \_\_\_\_\_

Cooperativas, fundaciones,  
asociaciones de productores \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

#### **4. Recursos dedicados a la biotecnología**

4.1) Recursos financieros

Por favor proporcione un estimado de los recursos financieros que su instituto invirtió en la biotecnología para el año 2005.

4.1.1) Estimado de los recursos financieros que su instituto invirtió en la biotecnología:

\_\_\_\_\_ (moneda local en el 2005)

4.1.2) Porcentaje (estimado) del presupuesto total de su instituto que representa la pregunta 4.1.1)

\_\_\_\_\_ (%)

4.1.3) Fuentes de financiamiento para la I+D de la pregunta 4.1.1 (porcentaje del monto del 4.1.1)

Gobierno \_\_\_\_\_

Venta de servicios \_\_\_\_\_

Donadores<sup>13</sup> \_\_\_\_\_

Contratos<sup>14</sup> \_\_\_\_\_

Fondos parafiscales \_\_\_\_\_

Otros \_\_\_\_\_

4.2) Recursos humanos en su instituto en el 2005

Por favor proporcione un estimado de los recursos financieros que su instituto invirtió en biotecnología para el año 2005.

**Tabla A.3 (b) Recursos humanos y costos promedios**

	Número de investigadores en biotecnología, por grado académico (expresados como ETC = equivalentes tiempo completo)	Costo promedio por investigador / personal de apoyo (miles de moneda local al 2005)
Ph.D.		
M.Sc. o equivalente		
B.Sc. o equivalente		
Personal de apoyo		

Nota:

1) Los equivalentes a tiempo completo (ETC) considera, por ejemplo, 1 investigador que trabaja 60% en biotecnología y 40% en otros menesteres, como 0.6 investigador. Una persona que trabaja medio tiempo (50%) contaría como 0.5 investigador de tiempo completo.

2) El costo promedio por investigador representa el promedio total de los costos que significa para el instituto mantener a dicho investigador (salario, asignación personal I+D, m<sup>2</sup> de laboratorio con servicios).

## 5. Perspectivas para el futuro

5.1 Si tuviera más recursos, ¿cuáles serían los dos problemas a resolver que investigaría con técnicas biotecnológicas?

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

5.2 Si tuviera más recursos, ¿cuáles serían los dos productos más importantes a desarrollar en su instituto?

<sup>13</sup> Incluye todo tipo de cooperación técnica internacional y nacional, aparte de donadores individuales.

<sup>14</sup> No incluye contratos por servicios.

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

5.3 Si tuviera más recursos, ¿cuáles serían las dos técnicas de investigación más importantes? Refiérase a las técnicas anotadas en el inciso 2.

1) \_\_\_\_\_

2) \_\_\_\_\_

5.4 Si tuviera más recursos, ¿cuáles considera usted son las dos áreas más importantes para el avance de la investigación biotecnológica en su instituto?

Laboratorio / equipos

Presupuesto operacional

Investigadores en I+D

Administradores en I+D calificados

Enlaces y alianzas estratégicas

Manejo tecnológico y de la propiedad intelectual (patentes, transferencias, licencias)

Planes comercialización / transferencia de tecnologías

Cumplimiento con las normas y leyes regulatorias de la bioseguridad

Otros (por favor especifique):

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## REFERENCIAS

- Acquaye, A.K.A., D. Byerlee, M.A. McMahon, H. Roseboom, G.E. Sain, G. Traxler y J. Woelcke. 2004. Productivity and innovation in the Latin America Agricultural Sector *World Bank Flagship Study Background Paper*. Washington, D.C.: World Bank.
- Atanassov, A., A. Bahieldin, J. Brink, M. Burachik, J. I. Cohen, V. Dhawan, R. V. Eborá, J. Falck-Zepeda, L. Herrera-Estrella, J. Komen, F. C. Low, E. Omaliko, B. Odhiambo, H. Quemada, Y. Peng, M. J. Sampaio, I. Sithole-Niang, A. Sittenfeld, M. Smale, Sutrisno, R. Valyasevi, Y. Zafar y P. Zambrano. 2004. To Reach the Poor. Results from the ISNAR-IFPRI Next Harvest Study on Genetically Modified Crops, Public Research, and Policy Implications. 2004. EPTD Discussion Paper 116. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.
- Ávila, T. y J. Izquierdo. 2006. Management of the appropriate agricultural biotechnology for small producers: Bolivia case study. *Electronic Journal of Biotechnology*. 9. Disponible en la Internet: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol9/issue1/full/4/index.html>.
- Corporación Andina de Fomento. 2005. Biotecnología para el uso sostenible de la biodiversidad-Capacidades locales y mercados potenciales. F. Quezada, W. Roca, M.T. Szauer, J.J. Gómez y R. López, editores. Caracas, Venezuela: Corporación Andina de Fomento.
- Diamante, A. y J. Izquierdo. 2004. Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: estudio de caso-Argentina. *Estudio de Caso REDBIO/FAO*. Disponible en la Internet: [http://www.redbio.org/estud\\_casos.htm](http://www.redbio.org/estud_casos.htm).
- Falck-Zepeda, J.B. 2006. Coexistence, Genetically Modified Biotechnologies and Biosafety: Implications for Developing Countries. *American Journal of Agricultural Economics*. 88:1200-1208.
- Izquierdo, J. y G.A. De la Riva. 2000. Plant biotechnology and food security in Latin America and the Caribbean. *Electronic Journal of Biotechnology* 3. Disponible en la Internet: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol3/issue1/full/1/index.html>.
- James, C. 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. *ISAAA Briefs 39*. ISAAA: Ithaca, NY.
- Pastor, S. 2004. Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: Estudio de caso Perú. *Estudio de Caso REDBIO/FAO*. Disponible en la Internet: [http://www.redbio.org/estud\\_casos.htm](http://www.redbio.org/estud_casos.htm).
- Roy-Macauley, H. 2002. Improving the livelihood of the poor in Africa using crop biotechnology. Presented at the first IFS-CODESRIA workshop on Sustainable Agriculture Initiative. Kampala, Uganda. 15-16 December 2002. Pp10.
- Salazar, S. 2009. Personal Communication.
- Schuler, I. y L.A. Orozco. 2006. Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: Estudio de caso Colombia. *Estudio de Caso REDBIO/FAO*. Disponible en la Internet: [http://www.redbio.org/estud\\_casos.htm](http://www.redbio.org/estud_casos.htm).
- Trigo, E., y E. Cap. 2006. Ten years of genetically modified crops in Argentine agriculture. :1 -52. Buenos Aires, Argentina, ArgenBios. Disponible en [http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/resyabst/ten\\_years.htm](http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/resyabst/ten_years.htm)
- Trigo, E., y M. Piñeiro. 2004. Los sistemas de semillas en América Latina y el Caribe: hacia una estrategia de políticas públicas para su desarrollo. Publicación No. RUR-04-02, Unidad de Desarrollo Rural, Departamento de Desarrollo Sostenible, Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.
- Trigo, E., G. Traxler, C. Pray y R. Echeverría. 2002. Biotecnología Agrícola y Desarrollo Rural en América Latina y el Caribe. *Informe Técnico SDS*. Washington, D.C.: InterAmerican Development Bank.
- Wendt, J. y J. Izquierdo. 2004. Management of appropriate agricultural biotechnology for small producers: case study-Ecuador. *Electronic Journal of Biotechnology*. 6. Disponible en la Internet: <http://www.ejbiotechnology.info/content/vol6/issue1/issus/02/index.html>.





## DOCUMENTOS DE DISCUSIÓN RECIENTES

Para documentos de discusión anteriores visite nuestra página [www.ifpri.org/pubs/pubs.htm#dp](http://www.ifpri.org/pubs/pubs.htm#dp).  
Todos los documentos de discusión pueden ser bajados gratuitamente.

859. *Preferential trade agreements between the monetary community of central Africa and the European Union: Stumbling or building blocks? A general equilibrium approach.* Guylain K. Ngeleza and Andrew Muhammad, 2009.
858. *Preliminary evidence on internal migration, remittances, and teen schooling in India.* Valerie Mueller and Abusaleh Shariff, 2009.
857. *Productivity convergence in Brazil: The case of grain production.* Eduardo Magalhaes and Xinshen Diao, 2009.
856. *Dynamics of structural transformation: An empirical characterization in the case of China, Malaysia, and Ghana.* Thaddee Badibanga, Xinshen Diao, Terry Roe, and Agapi Somwaru, 2009.
855. *Do institutions limit clientelism? A study of the district assemblies common fund in Ghana.* Afua Branoah Banful, 2009.
854. *The evolution of Chinese entrepreneurial firms: Township-village enterprises revisited.* Chenggang Xu and Xiaobo Zhang, 2009.
853. *Evaluating the impact of land tenure and titling on access to credit in Uganda.* Carly K. Petracco and John Pender, 2009.
852. *Participation by Men and Women in Off-Farm Activities: An Empirical Analysis in Rural Northern Ghana.* Nancy McCarthy and Yan Sun, 2009.
851. *Measuring agricultural innovation system properties and performance: Illustrations from Ethiopia and Vietnam.* David J. Spielman and Dawit Kelemework, 2009.
850. *Are returns to mothers' human capital realized in the next generation?: The impact of mothers' intellectual human capital and long-run nutritional status on children's human capital in Guatemala.* Jere R. Behrman, Alexis Murphy, Agnes R. Quisumbing, and Kathryn Yount, 2009.
849. *Understanding Farmers' Perceptions and Adaptations to Climate Change and Variability: The Case of the Limpopo Basin, South Africa.* Glwadys Aymone Gbetibouo, 2009.
848. *Agglomeration, migration, and regional growth: A CGE analysis for Uganda.* Paul Dorosh and James Thurlow, 2009.
847. *Biosafety decisions and perceived commercial risks: The role of GM-free private standards.* Guillaume Gruère and Debdatta Sengupta, 2009.
846. *Impact of soaring food price in Ethiopia: does location matter?* John M. Ulimwenju, Sindu Workneh, and Zelekawork Paulos, 2009.
845. *Aggregate effects of imperfect tax enforcement.* Miguel Robles, 2009.
844. *Agricultural strategy development in West Africa: The false promise of participation?* Danielle Resnick and Regina Birner, 2008.
843. *Climate variability and maize yield in South Africa: Results from GME and MELE methods.* Wisdom Akpalu, Rashid M. Hassan, and Claudia Ringler, 2008.
842. *Local impacts of a global crisis: Food price transmission and poverty impacts in Ghana.* Godsway Cudjoe, Clemens Breisinger, and Xinshen Diao, 2008.
841. *Technology transfer, policies, and the role of the private sector in the global poultry revolution.* Clare A. Narrod, Carl E. Pray, and Marites Tiongco, 2008.
840. *The impact of agricultural extension and roads on poverty and consumption growth in fifteen Ethiopian villages.* Stefan Dercon, Daniel O. Gilligan, John Hoddinott, and Tassew Woldehanna, 2008.
839. *The impact of Ethiopia's Productive Safety Net Programme and its linkages.* Daniel O. Gilligan, John Hoddinott, and Alemayehu Seyoum Taffesse, 2008.
838. *Aid effectiveness and capacity development: Implications for economic growth in developing countries.* Prabuddha Sanyal and Suresh Babu, 2008.
837. *A two-dimensional measure of polarization.* Tewodaj Mogues, 2008.

## **INSTITUTO INTERNACIONAL DE Y INVESTIGACIÓN SOBRE POLÍTICAS ALIMENTARIAS**

**[www.ifpri.org](http://www.ifpri.org)**

### **IFPRI HEADQUARTERS**

2033 K Street, NW  
Washington, DC 20006-1002 USA  
Tel.: +1-202-862-5600  
Fax: +1-202-467-4439  
Email: [ifpri@cgiar.org](mailto:ifpri@cgiar.org)

### **IFPRI ADDIS ABABA**

P. O. Box 5689  
Addis Ababa, Ethiopia  
Tel.: +251 11 6463215  
Fax: +251 11 6462927  
Email: [ifpri-addisababa@cgiar.org](mailto:ifpri-addisababa@cgiar.org)

### **IFPRI NEW DELHI**

CG Block, NASC Complex, PUSA  
New Delhi 110-012 India  
Tel.: 91 11 2584-6565  
Fax: 91 11 2584-8008 / 2584-6572  
Email: [ifpri-newdelhi@cgiar.org](mailto:ifpri-newdelhi@cgiar.org)