

Biotecnología Agropecuaria
para el Desarrollo
en América Latina:
Oportunidades y Retos



Programa de Cooperación
FAO/Banco Interamericano de Desarrollo
Servicio para América Latina y el Caribe
División del Centro de Inversiones



Los autores son Eduardo Trigo, director del Grupo CEO, José Falck-Zepeda, investigador principal del International Food Policy Research Institute (IFPRI), y César Falconi, Jefe del Servicio para América Latina y el Caribe del Centro de Inversiones, FAO.

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento al el Fondo Suizo para Servicios de Consultoría por el apoyo financiero recibido para la elaboración de este documento y otros casos específicos de países de la Cooperación Técnica Regional del Banco “Proyecto Capacidad de la Biotecnología Agropecuaria en América Latina”(ATN/SU-9735-RS), lo que he hecho disponer de lecciones aprendidas imprescindibles para la preparación del presente trabajo. El objetivo del Proyecto es realizar un diagnostico de las capacidades de la biotecnología agropecuaria de la Región, proponer guías para el portafolio del Banco en la investigación y desarrollo de la biotecnología agropecuaria, y organizar resultados y recomendaciones por categorías de los países según la base de su capacidad y experiencia.

Igualmente se desea expresar especial reconocimiento a Adriana Delgado y Gabriel Montes de la División de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración de Riesgos por Desastres, por sus importantes contribuciones y sugerencias y a Silvia Vera y Rossana Pavoni por su asistencia técnica.

Número interno TCI: 2009/011 FAO/BID-LAC

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Las opiniones expresadas en esta publicación son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Los artículos que aparecen en este número son propiedad y han sido publicados con autorización del Banco Interamericano de Desarrollo.
©2010.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción de material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Director, División del Centro de Inversiones, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia, o por correo electrónico a Investment-Centre@fao.org

**BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA PARA EL DESARROLLO
EN AMÉRICA LATINA:**

OPORTUNIDADES Y RETOS

Preparado por

**Eduardo Trigo
José Falck-Zepeda
César Falconi**

Documento de Trabajo LAC/01/10

Enero 2010



**Programa de Cooperación
FAO/Banco Interamericano de Desarrollo
Servicio para América Latina y el Caribe
División del Centro de Inversiones**



**BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA PARA EL DESARROLLO
EN AMÉRICA LATINA:**

OPORTUNIDADES Y RETOS

ÍNDICE

INDICE	i
ABREVIATURAS	v
PREFACIO	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCTION	1
2. LA AGRICULTURA Y LOS RECURSOS NATURALES EN EL CONTEXTO DEL .. DESARROLLO Y EL APORTE POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA	3
3. LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS.....	8
3.1 Principales técnicas y herramientas biotecnológicas utilizadas en los países de América Latina	17
Principales productos de la investigación biotecnológica en la región	28
4. HACIA UNA ESTRATEGIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS	
CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN LOS PAÍSES DE	
AMÉRICA LATINA.....	35
Capacidades científicas y tecnológicas	35
El tamaño de los mercados tecnológicos.....	38
Opciones de política.....	38
Aplicación de la propuesta de análisis a los países de América Latina	43
5. LOS MARCOS INSTITUCIONALES Y DE POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN AMÉRICA LATINA: LAS DIMENSIONES DE UN SISTEMA EN TRANSICIÓN.....	47
Políticas de investigación e inversión pública	47
Mecanismos para la articulación científico-tecnológica	52
Políticas referidas a la propiedad intelectual.....	55
Políticas de bioseguridad	58
Políticas referidas a la inocuidad alimentaria y la protección de los consumidores	66
Políticas vinculadas a la participación del sector privado y la transferencia de	

tecnología, incluyendo el sector semillas70

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES: HACIA UNA AGENDA DE TRABAJO A NIVEL REGIONAL78

Bibliografía.....86

ANEXOS

**Anexo 1. Proyecto “Capacidad de la Biotecnología Agropecuaria en América Latina”
y Metodología utilizada**

**Anexo 2. Análisis cualitativo y datos de los sistemas de innovación en América Latina:
Un Mapeo de Capacidades por país**

CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1: Cambios en el ingreso rural global producto del uso de cultivos OVMs 1996-2005;

Cuadro 2: Cambios en el ingreso rural producto de la adopción de tecnologías OVM en los países desarrollados y en vías de desarrollo.

Cuadro 3: Inversiones totales en biotecnología agropecuaria (Miles de unidades de moneda local, 2006/2007).

Cuadro 4: Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina (Miles US\$, 2006/2007).

Cuadro 5: Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina por región y/o país (Miles US\$, 2006/2007).

Cuadro 6 : Programas gubernamentales de apoyo al desarrollo biotecnológico en una selección de países de América Latina (1980 - 2001)*(millones US.

Cuadro 7: Programas de cooperación regional en biotecnología.

Cuadro 8: Número de investigadores involucrados con la biotecnología agropecuaria en América Latina por país y por grado académico en las organizaciones encuestadas.

Cuadro 9: Relación entre personal de apoyo y personal de investigación e indicadores de intensidad de recursos humanos.

Cuadro 10: Número de técnicas por sector y por país.

Cuadro 11: Distribución de técnicas por país y por tipo general de técnicas incorporadas (en valores absolutos, año 2006.

Cuadro 12: Distribución de técnicas por país y por técnicas incorporadas (en %).

Cuadro 13: Distribución porcentual por país y por tipo de biotecnología para América Latina.

Cuadro 14: Distribución por tipo, sector y región/país de las técnicas biotecnológicas en América Latina.

Cuadro 15: Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados

Cuadro 16: Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados (en %).

Cuadro 17: Distribución de las variedades por grupos de especies por región/país en proyectos biotecnológicos en América Latina (en %)

Cuadro 18: Publicaciones en Ciencias Básicas y Aplicadas vinculadas a la Biotecnología Agrícola en Países de las Américas (promedio anual 1997-2006.

Cuadro 19: Citas bibliográficas en el CAB Biological Abstract” (Incluye la biotecnología vegetal y animal).

Cuadro 20: Solicitudes de patentes ante la Oficina de Patentes de los Estados Unidos de Norte América (USTPO) (Incluye biotecnología y áreas afines, hasta el año 2005).

Cuadro 21: Superficie cultivada con OGM en América Latina por país en 2006.

Cuadro 22: Bioseguridad: eventos aprobados por tipo de aprobación 1996-2006.

Cuadro 23: Situaciones políticas para mejorar el uso de la biotecnología en países en desarrollo.;

Cuadro 24: Síntesis de objetivos y herramientas para cada “situación de políticas”

Cuadro 25: Resumen de indicadores para la determinación de la situación de los países de AL y la posible evolución de sus sectores de biotecnología agropecuaria.

Cuadro 26: Situaciones de políticas prevalecientes en los países de América Latina con relación a la biotecnología agropecuaria.

Cuadro 27: Políticas de inversión en investigación para los cultivos GM.

Cuadro 28: Políticas de la investigación pública respecto de las aplicaciones biotecnológicas; Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Cuadro 29: Alianzas estratégicas con instituciones de investigación avanzadas

Cuadro 30: Lineamientos políticos posibles sobre el marco legal de la Propiedad Intelectual en los cultivos GM

Cuadro 31: Políticas de Propiedad intelectual **Figura 1:** Sistemas Secuenciales de Bioseguridad;

Cuadro 32: Estimados de los costos de cumplir regulaciones de bioseguridad; Compilación presentada por Falck Zepeda (2006) basada en estimados de Quemada (2004).

Cuadro 33: Políticas de bioseguridad para cultivos GM.

Cuadro 34: Políticas de la bioseguridad respecto a los OGMs.

Cuadro 35: Políticas referidas a la inocuidad alimentaria y protección de los consumidores.

Cuadro 36: Políticas sobre inocuidad alimentaria y protección a los consumidores.

Cuadro 37: Estrategias de política en la transferencia tecnológica y el sistema de semillas.

Cuadro 38: Países de América Latina según niveles de desarrollo del sistema de semillas.

Cuadro 39: Políticas vinculadas a la participación del sector privado y la transferencia tecnológica;

Cuadro 40: Necesidades de acción para promover el desarrollo y aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria en los países de América Latina.

Cuadro 41: Síntesis de las orientaciones prevalecientes en las políticas relevantes para el sector de la biotecnología agropecuaria en los países de América latina

Fuente: Elaboración de los autores en base a los cuadros 28, 31, 34, 37 y 38.

Figura 1. El Modelo de Furman, Porter y Stern de los determinantes de innovación.

Dominio 1. Infraestructura Común de la Innovación

Cuadro A2-1. Capacidad General de Innovación; ¹ USAID-LAC, 2007; ² UNESCO, 2007; ³ WBDI, 2006; ⁴ CEPAL/ECLA 2006; ⁵ Estimado por los autores.

Cuadro A2-2. Situación de la Propiedad Intelectual; ¹ USAID-LAC, 2007; ² UNESCO, 2007; ³ WBDI, 2006; ⁴ CEPAL/ECLA 2006; ⁵ Estimado por los autores.

Cuadro A2-3. Datos Económicos

Dominio 2. Enlaces, redes y la capacidad de transferencia de tecnologías

Cuadro A2-4. Tamaño del mercado

Cuadro A2-5. Fortaleza del sector privado

Dominio 3. Ambiente Específico al Cluster

Cuadro A2-6. Capacidad de la biotecnología: Habilidad de cumplir con los requisitos de bioseguridad

ABREVIATURAS

AL	América Latina
ALC	América Latina y el Caribe
BID	Banco Interamericano del Desarrollo
CGIAR	Consultative Group on International Agricultural Research
DNA	ácido desoxirribonucleico
DOVs	Derechos de Obtentor Vegetal
FAOSTAT	Bases de datos Estadísticos de la FAO
FOB	Free On Borrad
GM	Genéticamente Modificados
I & D	Investigación y Desarrollo
OGM	Organismo Genéticamente Modificados
OUM	Organismos Vivos Genéticamente Mejorados
PBR	Plant Breeder's Rights
PNB	Producto Nacional Bruto
RI	Resistencia a Insectos
SIN	Sistema Nacional de Innovación
TH	Tolerancia a herbicidas
UPOV	International Union for Production of new Varieties of Plants
USTPO	United States Trademark and Patents Office

PREFACIO

Entre 1960 y 2000, la población mundial se duplicó, pasando de 3.000 millones a 6.000 millones de personas que pudo ser provista de alimentos, al menos en términos generales, gracias a los avances tecnológicos incluidos en la denominada “revolución verde”, la cual permitió que, durante ese periodo, la producción de alimentos creciera más rápidamente que la población humana. Sin embargo, la población sigue creciendo, y se prevé que esta tendencia se mantendrá hasta alcanzar un población mundial total de 9.000 millones. En este escenario, de mantenerse la actual distribución exigiría elevar más de 50% la producción de alimentos sólo para mantener el presente nivel de alimentación, proporción que tendría que ser todavía más alta si se deseara terminar con la malnutrición. Esto de por sí, constituye un importante llamado de atención en cuanto a los escenarios futuros. Pero paralelamente al crecimiento de la población se está dando también una mejora en los ingresos – particularmente en países como China, India y otros del Sudeste Asiático – lo cual se refleja en una mejora en la calidad de los alimentos demandados y una aún mayor presión sobre la oferta primaria en términos de granos equivalentes. En los últimos tiempos, estas tendencias, de por sí importantes, se están profundizando por las crecientes preocupaciones emergentes de los efectos de los actuales comportamientos energéticos sobre el cambio climático a nivel global y la emergencia de los biocombustibles como una alternativa, si no definitiva, seguramente importantes en la transición hacia una nueva composición de la matriz energética de muchos países.

En este contexto la biotecnología ofrece un marco de inmensas posibilidades desde el punto de vista de redinamizar el crecimiento de la productividad en los cultivos alimenticios, a través de permitir trabajar sobre restricciones bióticas y a-bióticas, hasta hoy consideradas fuera del marco de las posibilidades científicas. Mas allá de esto, las contribuciones de la biotecnología, deben, también, que ser puestas en un contexto mas amplio que el de la producción de alimentos, y ser visualizadas como el punto de partida para nuevos esquemas de organización de la actividad económica, a partir de las posibilidades que ofrecen de hacer frente no solo a los desafíos de la seguridad alimentaria y reducción de la pobreza, sino también posibilitando una progresiva sustitución de los combustibles fósiles en la producción de energía y materias primas para la industria y de esa forma reducir el impacto ambiental de una sociedad global cada vez mas afluyente y numerosa.

El documento que aquí se presenta, resulta de un esfuerzo del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación para documentar la situación existente en la región en cuanto a las inversiones y capacidades de investigación y desarrollo en el área de la biotecnología agropecuaria, así como de analizar las políticas que los países vienen implementando para el sector, como antecedente para el diseño de estrategias concretas para permitir un mejor aprovechamiento de las oportunidades que las nuevas tecnologías nos ofrecen.

RESUMEN

En este documento se realiza un análisis sobre el estado de la I&D de la biotecnología agrícola en los países de América Latina y el Caribe, en el contexto internacional de desarrollo del sector. La información presentada y el análisis realizado pretende aportar a 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 la Región, y es resultado de un extenso trabajo de campo, análisis y síntesis de información primaria y secundaria, realizado en el marco del proyecto del BID “Biotecnología Agraria en América Latina”.

Al analizar el contexto actual en el orden global y se reconoce la necesidad de desarrollar innovaciones tecnológicas que permitan afrontar los nuevos desafíos globales que enfrenta (y enfrentará) la sociedad. En la actualidad el mundo, y América Latina en particular, se encuentran frente al desafío de encontrar el modo de aumentar la producción para afrontar las nuevas demandas globales (aumento de la población, producción de bioenergía, inclusión de nuevos países en el mercado internacional, etc.) siendo “amigables” con el ambiente (en cuanto a la utilización del suelo y el agua, la liberación de dióxido de carbono, etc.). Enmarcado en estas y otras problemáticas de carácter global, existe acuerdo sobre la necesidad del diseño de mecanismos en el que las nuevas tecnologías estén en constante adaptación, proceso que se ha dado en llamar la “revolución siempre verde”.

En el marco de estos procesos, el desarrollo de la biotecnología agropecuaria resulta de trascendental importancia, fundamentalmente en aquellos países que presentan ventajas comparativas en cuanto a la disponibilidad de recursos. En línea con esto, sobre la base de información obtenida a través de encuestas en 17 países de América Latina, se presenta una detallada descripción del estado de la biotecnología en cada país. De la información sobre los recursos humanos y financieros y de su análisis comparativo concluimos, en términos generales, que los niveles de inversión en la mayoría de los países de la región son pobres, y si bien los países con sistemas de investigación mas avanzados, como Brasil, México y Argentina, destinan en términos regionales cantidades importantes de recursos humanos y financieros a la investigación en biotecnología, estos no parecen ser de la magnitud requerida para asegurar la obtención de resultados. Respecto de las técnicas biotecnológicas utilizadas en cada país, se puede afirmar que todos los países en América Latina aplican técnicas biotecnológicas, pero en su mayoría estas son de tipo convencional. Finalmente, desde el punto de vista de los productos hay un claro contraste entre lo que tiene que ver con la producción de conocimientos y la actividad de patentamiento, lo que podría ser un indicador indirecto del potencial innovativo de los sistemas nacionales y la región como “utilizadora” de tecnologías generadas externamente. Por una parte, se refleja una situación de sistemas débiles, que parecerían estar alejándose, progresivamente, de la “frontera del conocimiento” en el área, algo que no debería sorprender en vista de los relativamente reducidos niveles de inversión observados, aún en el caso de los países de mayor desarrollo relativo. Por otra parte, la región aparece, sin mayor discusión, como la de mayor importancia del mundo en desarrollo en cuanto al aprovechamiento de los derrames tecnológicos en relación a lo que es, hasta ahora el “producto bandera” del sector de la biotecnología agropecuaria, es decir, los cultivos OVM, donde varios de los países de la región se ubican entre los mas dinámicos del mundo a su utilización.

Sobre la base de la información recogida en el proyecto – así como de información secundaria disponible de otras fuentes – y con el objeto de que sirva de base para la identificación de

estrategias de acción en cuanto a un desarrollo mas proactivo de la biotecnología agropecuaria en los países en cuestión, el documento propone una clasificación de los mismos en base a sus capacidades científico-tecnológicas y el tamaño de los mercados tecnológicos domésticos, la cual identifica tres “situaciones de política” generales, que encuadran los distintos contextos nacionales y permiten la construcción de un estado de situación regional; y luego permiten discutir con mayor profundidad estrategias de acción específicas para cada caso. Las situaciones identificadas diferencian a los países en aquellos que están concentrados en : (i) desarrollar el marco para un mayor uso de productos biotecnológicos; (ii) mejorar la eficiencia y los productos de la investigación agrícola, a través del incremento el uso de herramientas biotecnológicas; (iii) consolidar y aprovechar el desarrollo de innovaciones basadas en la aplicaciones de biotecnología. Sobre la base de este análisis se proponen distintas orientaciones, objetivos y herramientas de política para mejorar el uso de la biotecnología en cada caso.

De acuerdo a los resultados del análisis el mapa regional estaría constituido por los siguientes países en cada uno de los grupos propuestos: Bolivia, Guatemala, Rep. Dominicana, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá se encuentran en el escenario (i); Venezuela, Paraguay, Perú, con diferentes tamaños de mercado, estarían en la situación de política (ii), y finalmente en el escenario (iii) se ubica Colombia, Chile, Costa Rica, Uruguay, Argentina, México y Brasil, aunque con distintas gradientes en cuanto a su marco de capacidades y posibilidades de desarrollo futuro. El análisis de estas situación es luego complementado con una evaluación cualitativo de seis áreas de política consideradas estratégicas para el desarrollo del sector de la biotecnología agropecuaria: (i) las políticas de investigación e inversión pública; (ii) los mecanismos para la articulación científico-tecnológica; (iii) los sistemas de propiedad intelectual; (iv) los sistemas de bioseguridad; (v) la inocuidad alimentaria y la protección de los consumidores; y (vi) la transferencia tecnológica y el sector privado. Sobre cada una de estas áreas y en base a información cualitativa y cuantitativa, se clasifican los tipos de políticas aplicados en cada país según sean, promocionales, neutras o preventivas. Del análisis realizado, se concluye que en la práctica existe muy poca relación entre las políticas que podrían considerarse como “óptimas” para del desarrollo de la biotecnología en cada país (en base al cuadro de capacidades, necesidades y oportunidades de cada caso) y las acciones que está efectivamente siendo implementadas en cada área.

A modo de conclusión general se puede decir que la situación de la región es un claro-oscuro de situaciones, tanto en cuanto a las capacidades como en lo referido al aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria. Con situaciones de gran avance conviviendo con estadios muy incipientes de desarrollo, en algunos casos, dentro de un mismo país, dependiendo de los sector de aplicación de que se trate. Estos contrastes, también se dan en lo que hace a las políticas que se vienen implementando, aún en los países de mayor grado de avance relativo, y esto es, quizás, la cuestión mas importante, ya que las políticas analizadas reflejan –en ultima instancia – los caminos que los países están eligiendo para moverse en relación a ir construyendo la infraestructura y marcos institucionales necesarios para poder aprovechar a pleno lo que la biotecnología le ofrece a la región. Sobre estos temas es, probablemente, donde existen las mejores oportunidades de comenzar a avanzar en función de ir promoviendo un marco regional más proactivo acerca de la biotecnología agropecuaria. Un primer paso en esta dirección debería ser el comenzar a aprovechar las oportunidades de intercambio y aprendizaje entre los países que se desprenden de la diversidad de situaciones y estadios de desarrollo que hay en la región.

1. INTRODUCCION

1.1 Los avances en el campo de la biotecnología, los nuevos materiales y fuentes de energía y la informática y las telecomunicaciones constituyen la base de un nuevo paradigma técnico-económico, con profundos impactos en las formas de organización social y los procesos productivos de las sociedades actuales. Estas transformaciones afectan no solo a la forma de "hacer ciencia" y la naturaleza de los procesos tecnológicos vinculados a la agricultura, sino que se reflejan también en la organización de sus procesos productivos, sus encadenamientos y la propia institucionalidad del sector agropecuario (Piñeiro, 2004; Katz y Bárccena, 2004).

1.2 Dada la distribución y riqueza de recursos naturales y la importancia de la agricultura en la mayoría de las economías de los países de Latinoamérica, el desarrollo agrícola no es sólo un prerrequisito para el crecimiento económico, sino que además está llamado a jugar un importante papel en la futura evolución de la seguridad alimentaria global. La biotecnología tiene potencial para mejorar la competitividad de la producción agrícola regional en los mercados mundiales, así como para reducir la incidencia de la pobreza, tanto urbana como rural, ya que las condiciones de nutrición y los ingresos de los sectores pobres de la población dependen en gran medida de la eficiencia de la producción de los cultivos de alimentos básicos (Trigo, *et al*, 2002).

1.3 Este documento tiene por objetivo analizar y profundizar sobre el estado de la I&D de la biotecnología agrícola en los países de América Latina y el Caribe en el contexto internacional de desarrollo del sector. La información y el análisis presentados en este documento, resultan de utilidad 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 la Región.

1.4 La información que aquí se presenta es resultado de un extenso trabajo de campo, síntesis y análisis de información primaria y secundaria, realizado en el marco del proyecto del BID "Biotecnología Agraria en América Latina". En este esfuerzo se ha tenido especial atención en la identificación tanto de las oportunidades como de las limitaciones, que enfrentan los países de la región, apuntando a la identificación de las acciones estratégicas que se deberían encarar para asegurar el mejor aprovechamiento de las inversiones en esta área.¹ Desde el punto de vista metodológico propiamente dicho, la base de este informe es la información recopilada a través de una encuesta que ha cubierto la mayor parte del universo institucional en el área de la biotecnología agropecuaria en 17 países de la región, la cual dio origen a otros tantos informes por país que resumen el estado de desarrollo de la biotecnología en cada uno de ellos. Ambos elementos – la información primaria obtenida de las encuestas y los aspectos más generales sobre políticas, regulaciones, impactos, etc., incluidos en cada informe – han sido los insumos principales para la redacción de este informe.

1.5 El documento está organizado en 6 capítulos, siendo el primero esta introducción. En el segundo capítulo avanzamos sobre el contexto actual en el orden global y reconociendo la necesidad de desarrollar innovaciones tecnológicas que permitan afrontar los nuevos desafíos globales que enfrenta (y enfrentará) la sociedad (aumento de la población, producción de bioenergía, inclusión de nuevos países en el mercado internacional, etc.). En el capítulo siguiente (3), sobre la base de información obtenida en encuestas a 17

¹ Para una discusión detallada de las características del proyecto "Biotecnología Agraria en América Latina (ATN/SU-9735-RS) y la metodología utilizada en el mismo, ver Anexo 1.

países de América Latina, presentamos una detallada descripción del estado de la biotecnología en cada uno. Sobre la base de la información presentada en el capítulo 3, en el capítulo 4, formulamos una clasificación y un análisis mas profundo sobre la realidad de la biotecnología en la Región en general y en los países en particular. Para este análisis consideramos las capacidades científico-tecnológicas de cada país y la relacionamos con el tamaño de los mercados tecnológicos domésticos. Una vez finalizada la presentación y el análisis de información cuantitativa, en el capítulo 5, realizamos una profundización sobre aspectos cualitativos que en términos generales no se encuentran reflejados en los análisis cuantitativos, o al menos no ocurre con la profundidad necesaria para esto. Finalmente, en el capítulo 6, avanzamos en una síntesis de la información presentada para presentar algunas reflexiones sobre la biotecnología en los países de América Latina y el Caribe.

2. LA AGRICULTURA Y LOS RECURSOS NATURALES EN EL CONTEXTO DEL DESARROLLO Y EL APORTE POTENCIAL DE LA BIOTECNOLOGÍA

2.1 Entre 1960 y 2000, la población mundial se duplicó, pasando de 3.000 millones a 6.000 millones de personas que pudo ser provista de alimentos, al menos en términos generales, gracias a los avances tecnológicos incluidos en la denominada “revolución verde”, en efecto, durante ese periodo la producción de alimentos creció más rápidamente que la población humana. Sin embargo, la población sigue creciendo, y se prevé que esta tendencia se mantendrá hasta alcanzar una población mundial total de 9.000 millones. En este escenario, de mantenerse la actual distribución exigiría elevar más de 50% la producción de alimentos sólo para mantener el presente nivel de alimentación, proporción que tendría que ser todavía más alta si se deseara terminar con la malnutrición (Solbrig, 2004). Además de las cuestiones referidas a la alimentación, resulta imprescindible incluir las nuevas demandas asociadas a los productos agrícolas (fundamentalmente cereales y oleaginosas) tal es el caso de la producción de biocombustibles.

2.2 En este sentido, de acuerdo con Trigo (2002) en los próximos 50 años aproximadamente, el desafío no sólo será alimentar a más gente, sino también hacerlo teniendo en cuenta que:

- Habrá menos tierra cultivable disponible, debido a la erosión, deforestación y creciente urbanización.
- Serán menos los recursos disponibles, en particular los no renovables como el fósforo y el potasio, haciéndose necesarias las tecnologías para reducir al mínimo la extracción y proporcionar sostenibilidad a largo plazo.
- Habrá menos agua, y la calidad de la restante será menor conforme aumente la demanda.
- La tasa de crecimiento de la producción de cereales tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados está disminuyendo y entre 1990 y 2007, solo fue de 1.1% anual acumulativo, mientras que entre 1970 y 1990, los rendimientos crecían al 2% anual (USADA, 2008).
- Serán menos las personas que se dediquen a la agricultura primaria tanto en los países en vías de desarrollo como en los desarrollados (Kishore y Shewmaker 1999).
- La demanda de productos cárnicos y lácteos será más del doble durante las próximas dos décadas en los países en desarrollo

2.3 El aumento de la demanda de productos agropecuarios, esencialmente, reconoce tres formas de ser satisfecha por un respectivo aumento de la oferta, estas son: la ampliación de la superficie cultivada, el aumento de la intensidad del uso de la tierra —acortamiento de los períodos de descanso, doble cultivo— y la mejora del rendimiento por unidad de superficie. Estas formas, han sido los elementos principales mediante los cuales el fenómeno de la “revolución verde” logró aumentar la oferta de alimentos. Dado que las dos primeras formas de aumentar la producción han alcanzado un umbral a partir del cual los incrementos resultan cada vez menores, durante los próximos años solo los incrementos en la productividad de los cultivos permitirán suplir la demanda creciente de estos productos.

2.4 En teoría, es posible elevar el rendimiento mediante las técnicas agronómicas de la revolución verde, sobre todo en las regiones tropicales, siempre y cuando todos los agricultores puedan aumentar el rendimiento y producir en el mismo nivel de los agricultores más eficientes de cada región. Sin embargo, los rendimientos aumentan a tasas cada vez menores, y hay razones teóricas para temer que, con las técnicas actuales, se esté llegando a un máximo a partir del cual sea imposible ya seguir ascendiendo. Lo que implica, con un alto nivel de urgencia, encontrar nuevos medios de aumentar la productividad (Solbrig, 2004).

2.5 Frente al escenario anteriormente descrito, surgen algunas limitantes relacionadas con la disponibilidad de recursos, tal es el caso de la escasez creciente de agua dulce. Según se ha calculado, el aporte de la producción bajo riego tendría que haberse incrementado cerca de 80% hacia el año 2025 para satisfacer las necesidades alimenticias de una población en aumento. Sin embargo, como la demanda de agua para consumo humano y uso industrial y agrícola se eleva a una tasa mucho más rápida que la de las existencias, no es difícil augurar que el futuro deparará graves problemas en cuanto a suministro de agua de riego. La única solución consiste en obtener variedades mejor adaptadas al cultivo en secano, a fin de depender menos del riego (Solbrig, 2004).

2.6 En síntesis, los países del mundo en general y de América Latina en particular, se encuentran frente al desafío de encontrar el modo de aumentar la producción sin degradar ni contaminar los suelos, haciendo un uso más eficiente del agua. Diversos autores coinciden en que, dado el contexto, es necesario diseñar un mecanismo en el que las nuevas tecnologías estén en constante adaptación, y a esto se lo ha dado por llamar “revolución siempre verde”. La agrobiotecnología, sin duda, resulta un componente central en este mecanismo. Esto es así, porque (Ibíd.):

- Esta tecnología permitiría superar y acelerar muchos de los impedimentos biológicos para el mejoramiento de los cultivos, tales como las barreras genéticas que separan a las especies, en el futuro será posible introducir en un rubro agrícola las características favorables de otras especies, como la resistencia a enfermedades o pestes, o la capacidad de crecer en suelos magros o en zonas de escasas precipitaciones, entre muchas otras.
- Otro aspecto asociado con esta tecnología es la producción de alimentos de mayor calidad nutritiva, lo que se denomina alimentos funcionales. Cabe destacar que la desnutrición no es sólo un problema de cantidad, sino también de calidad. Un objetivo importante de la biotecnología es producir variedades más nutritivas, basta con observar el *pipeline* de los principales productores de variedades transgénicas para tomar cuenta de esta características.

2.7 La agrobiotecnología, por ser una innovación radical, ha generado un intenso debate dentro del cual se reconocen aspectos y opiniones científico-tecnológicas, económicas e institucionales. Pese a que cada uno de estos componentes avanza y se desarrolla con un ritmo y un estilo propio y diferente en cada uno de los países de la Región, es posible reconocer la existencia de una constante retroalimentación, que va dando por resultado el surgimiento de un nuevo espacio de interacción social, formado por nuevos mercados, campos de investigación científico-tecnológica, cuerpos legales, regímenes reguladores, nuevas formas de organización de la producción y nuevos patrones de especialización productiva y de comercio internacional. (Katz y Bárcena; 2004)

2.8 Dentro de la biotecnología uno de los componentes que mas debate ha generado durante los últimos años es el de los productos transgénicos. Su inserción en los mercados mundiales ha modificado y

generado tecnologías de proceso y formas de organización de la producción. (Ibíd.) Amen de esto, cada uno de los países de la Región ha adoptado, o se encuentra en proceso de adopción, de diferentes líneas de política resultantes de los debates generados en torno a los aspectos mencionados en el párrafo anterior (volvemos sobre estos aspectos en los capítulos siguientes).

2.9 Los productos OVM (Organismos Vivos Genéticamente Mejorados) adoptados comercialmente han contribuido a mejorar el ingreso de productores a nivel global (ver cuadros 1 y 2).

2.10 Dentro de la diversidad compuesta por el mosaico de situaciones existentes entre los países latinoamericanos, las estrategias de política biotecnológica, tendrán que considerar: i) la consolidación de los mercados biotecnológicos locales, ii) el desarrollo institucional adecuado para el avance de la biotecnología, iii) el diseño de regímenes competitivos y entes reguladores que aseguren el adecuado ambiente para esta nueva innovación, y iv) la cristalización de las alianzas entre el sector público y el privado. Todo esto, para aprovechar plenamente las potencialidades de esta nueva ventana de oportunidades. Siendo éste, el marco general en el que se insertan los componentes que conforman el campo de la bioeconomía.

Cuadro 1. Cambios en el ingreso rural global producto del uso de cultivos OVMs 1996-2005 (millones US\$)

Eventos	Incremento en el ingreso rural en el 2005	Incremento en el ingreso rural 1996-2005	Incremento en el ingreso rural expresado como % del valor total de estos cultivos en los países adoptantes de OVMs	Cambio en el ingreso rural expresado como % del valor total global de la producción de estos cultivos
OVM TH soja	2,281 (2,842)	11,686 (14,417)	5.72 (7.1)	4.86 (6.05)
OVM TH maíz	212	795	0.82	0.39
OVM TH algodón	166	927	1.16	0.64
OVM TH canola	195	893	9.45	1.86
OVM RI maíz	416	2,367	1.57	0.77
OVM RI algodón	1,732	7,510	12.1	6.68
Otros	25	66	n/a	n/a
Totales	5,027 (5,588)	24,244 (26,975)	6.0 (6.7)	3.6 (4.0)

Notas: 1) TH, tolerancia a herbicidas y RI, resistencia a insectos 2) Fuente es Brookes y Barfoot (2006), Otros = Resistencia a virus en papaya y calabaza, Resistencia al barrenador de la raíz en maíz. 3) Números en paréntesis incluyen beneficios de un Segundo cultivo en Argentina. 4) Los totales para los porcentajes excluyen “otros cultivos” aparte de los principales maíz, soja, algodón y canola.

Cuadro 2. Cambios en el ingreso rural producto de la adopción de tecnologías OVM en los países desarrollados y en vías de desarrollo

Eventos	Desarrollados	En Vías de Desarrollo	% Desarrollado	% En vías de Desarrollo
OVM TH soya	1,183	1,658	41.6	58.4
OVM RI maíz	364	53	86.5	13.5
OVM TH maíz	212	0.3	99.9	0.1
OVM RI algodón	354	1,378	20.4	79.6
OVM TH algodón	163	3	98.4	1.6
OVM TH canola	195	0	100	0
OVM RV papaya y calabazas	25	0	100	0
Total	2,496	3,092	45	55

Notas: 1) Fuente es Brookes y Barfoot (2006). 2) Países en vías de desarrollo incluye aquellos en América del Sur, principalmente Argentina y Brasil.

El estado de la biotecnología en América Latina

2.11 El escenario de la biotecnología en América Latina se presenta sensiblemente heterogéneo, esto es así tanto por aspectos relacionados con las capacidades existentes en el sector como también por la diversidad de políticas implementadas respecto de estos temas en cada uno de los países y el grado de utilización que los mismos están haciendo de este tipo de tecnologías. En los próximos apartados se analiza primero los indicadores más relevantes en cuanto a las capacidades existente y las principales aplicaciones que se hacen de las mismas, para posteriormente entrar en la consideración de la utilización de estas tecnologías al nivel de los sistemas productivos de la región, dando particular atención, en este caso, a la utilización de los cultivos genéticamente modificados; esto por la importancia que han adquirido este tipo de aplicaciones en varios de los países de la región y por la estrecha relación entre este tipo de productos y la aplicación de otras técnicas biotecnológicas en el sector agropecuario.

Cuadro 3. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria (Miles de unidades de moneda local, 2006/2007)

País	Privado	Público	Total
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

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

País	Privado	Público	Total
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.

3. LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HUMANOS Y FINANCIEROS

3.1 Los cuadros 3 y 4 presentan un estimado de los recursos totales destinados a la biotecnología agropecuaria por el sector privado y público en América Latina. En el cuadro N° 1 las inversiones en biotecnología están expresadas en moneda local mientras que el cuadro N° 2 estas inversiones han sido convertidas a dólares de los Estados Unidos. Cabe destacar que los cuadros reflejan una aproximación a los niveles de inversión que ha sido constatada en la encuesta y han sido realizados chequeos cruzados con otras estimaciones existentes y consultas de informantes calificados locales.

3.2 Del cuadro 4 surge que las inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina – incluidas tanto las realizadas por el sector público como las del privado – totalizan aproximadamente 132 millones de dólares, con Brasil y México siendo los dos principales núcleos de inversión, con aproximadamente un 52% y un 16% del total respectivamente. De hecho, los tres países con inversiones más elevadas, Brasil, México y Argentina, Colombia, invierten 76% del total de las inversiones en biotecnología en América Latina.

3.3 Aparte de los niveles absolutos de inversión y a los efectos de facilitar el análisis comparativo, inclusive con lo que ocurre en otras regiones del mundo, se estimaron también dos indicadores de intensidad: uno es el nivel de inversión por millón de habitantes en cada país expresado en miles de dólares por millón de personas, y el otro es el de las inversiones en biotecnología agropecuaria por billón de producto nacional bruto en cada país. Ambos indicadores están incluidos también en el cuadro 4. Desde el punto de vista de la intensidad de las inversiones, hay varios países que muestran niveles bastante importantes. En este sentido, lo que más resaltan – por su relativamente pequeño tamaño – son Costa Rica y Uruguay; en estos casos, la explicación haya que buscarla en los también relativamente altos niveles históricos de sus inversiones en ciencia y tecnología y educación en general. Argentina, Brasil y México, también muestran una intensidad elevada – aunque menos que en los casos anteriores – y en el otro extremo de la escala Honduras, El Salvador, Nicaragua, Paraguay, Ecuador y Bolivia, tienen los más bajos niveles de inversión en biotecnología agropecuaria entre los países encuestados.

Cuadro 4. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina (Miles US\$, 2006/2007)

País	Privado	Público	Total	% del Total	Inversiones por millón de hab. (Miles de dólares por millón de personas)	Inversiones por billón de PNB (Miles de dólares por billón de PNB)
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

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

País	Privado	Público	Total	% del Total	Inversiones por millón de hab. (Miles de dólares por millón de personas)	Inversiones por billón de PNB (Miles de dólares por billón de PNB)
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
Total LAC	23,978	104,696	132,974	100		
Promedio LAC					205	58

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) 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.

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

3.4 Desde el punto de vista sub-regional – ver cuadro 5 – resalta 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. Resulta 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 en 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.²

Cuadro 5. Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina por región y/o país (Miles US\$, 2006/2007)

Región / País	Privado	Público	Total
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
Total	23,978	108,996	132,974

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) Columnas del sector público y privado no suman a la columna del Total porque para algunos países no sabemos la distribución entre sector público y privado o porque la promesa de confidencialidad incluida en las encuestas limita

² Esta predominancia de Brasil en cuanto a las inversiones y, consecuentemente, respecto de capacidades disponibles, no debería resultar una sorpresa, ya que esta en línea con lo que ocurre con las inversiones en investigación agropecuaria en general, donde representa casi alrededor del 50% del total de las inversiones de la región (ver Pardey et.al. 2006).

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

3.5 Respecto del origen de los fondos dedicados al desarrollo de la biotecnología en los países de Latinoamérica, cuadros 6 y 7, los programas públicos de apoyo al desarrollo científico y tecnológico, ya sean nacionales o internacionales/regionales, aparecen como los elementos principales en cuanto al apoyo al desarrollo de la industria y la investigación biotecnológica en la región.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro 6. Programas gubernamentales de apoyo al desarrollo biotecnológico en una selección de países de América Latina (1980 - 2001)*(millones US\$)

País	Nombres y fechas	Agencia ejecutora	Objetivos	Inversión **
Argentina	Programa Nacional de Biotecnología	Secretaría de Ciencia y Tecnología (SeCyT)	Promoción y financiación de I+D en biotecnología	3,8
	Programa de Modernización Tecnológica I (BID, 1993)	Secretaría de planificación y programación económica / Secretaría de Ciencia y Tecnología	Apoyo a la investigación científica y tecnológica general y a una mayor participación del sector privado en actividades de I+D, por medio de créditos y mecanismos de riesgo compartido.	91
	Programa de Modernización Tecnológica II (BID, 1999)	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)	Apoyo a la investigación científica y tecnológica en general y subvenciones para que el sector privado participe en actividades de I+D. (FONCyT y FONTAR)	280
	Plan Estratégico para el Desarrollo de la Biotecnología Agropecuaria	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA)	Promoción y financiación de I+D en biotecnología-	N/A
	Ley de Promoción de la Biotecnología Moderna	Sistema Nacional de Investigación y Estado Nacional	Promover el desarrollo e implementación en el ámbito productivo de la biotecnología.	
	Programa Nacional de Biotecnología (1981)	Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) y Financiadora de Estudios e Proyectos (FINEP)	Financiación de I+D de biotecnología.	3,3
	PADCT/ Biotecnología (Banco Mundial, 1984)	Ministerio de Ciencia y Tecnología	Recursos humanos e infraestructuras en campos de la ciencia relacionados con la biotecnología.	12,9
	Parques biotecnológicos	Ministerio de Ciencia y Tecnología	Infraestructuras y servicios para empresas de nueva creación.	
	Programa de Promoción Científica y Tecnológica (BID, 1991)	Ministerio de Ciencia y Tecnología, CNPq	Subvenciones para investigación científica y tecnológica en instituciones de I+D de los sectores público y privado. Apoyo a las iniciativas de riesgos compartidos en el sector privado.	100
	Apoyo a la Reforma Científica y Tecnológica (Banco Mundial, 1997)	Ministerio de Ciencia y Tecnología	Mejora de la calidad de la investigación y formación avanzadas y promoción de I+D colaborativo entre instituciones públicas y privadas e inversiones privadas en I+D.	360
Brasil	Proyecto Genoma	Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Sao Paulo (FAPESP)	Infraestructuras e investigación en universidades, institutos de investigación y empresas privadas	30
	Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento da Agropecuária	Embrapa	Esencialmente en mejoramiento vegetal con especial interés en el uso de marcadores moleculares	N/A
	Los Fondos Sectoriales de Ciencia y Tecnología (1999 y continúa)	Ministerio de Ciencia y Tecnología	Financiamiento de proyectos de investigación, desarrollo e innovación en el País	N/A

*Nota: No representa un listado exhaustivo de todas las iniciativas y las iniciativas mencionadas abarcan a la biotecnología agropecuaria, pero también a las aplicaciones en otros sectores como el industrial, la salud humana y el saneamiento ambiental.

**Nota: En el caso de los programas financiados por el BID y el Banco Mundial, las inversiones que aparecen se refieren a los proyectos en su conjunto y no a los componentes biotecnológicos en particular.

Fuente: Elaborado sobre la base de Trigo, et al, 2002, informes países y comunicaciones personales de los autores.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cont. Cuadro 6: Programas gubernamentales de apoyo al desarrollo biotecnológico en una selección de países de América Latina (1980 - 2001)*(millones US\$)

País	Nombres y fechas	Agencia ejecutora	Objetivos	Inversión **
	Comité Nacional de Biotecnología (1983)	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT)	Promoción y desarrollo de recursos humanos y coordinación de I+D.	N/A
	Programa de Ciencia y Tecnología (BID, 1994)	CONICYT y Corporación de Fomento, (CORFO)	Promoción de la investigación científica y tecnológica en general y de la participación del sector privado en actividades de I+D a través de mecanismos de riesgos compartidos.	94
Chile	Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (BID, 2000)	Ministerio de Economía	Promoción de I+D público y privado para mejorar la competitividad de los sectores de la producción, con especial énfasis en el uso de estrategias biotecnológicas	200
	Promoción de Consorcios de Desarrollo Biotecnológico (Banco Mundial, 2005-2006)	Consejo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica CONICYT – Programa Bicentenario	Complementar esfuerzos de la ciencia y la actividad productiva chilena bajo una estructura asociativa	60
Colombia	Programa de Biotecnología (1984)	COLCIENCIAS	Planificación, coordinación y financiación de I+D.	N/A
	Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico (BID, 1995)	COLCIENCIAS	Apoyo general para la investigación científica y tecnológica y la innovación tecnológica en sectores estratégicos.	100
México	Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, (PRONDETYC) (1984)	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, (CONACYT)	Apoyo financiero para la investigación biotecnológica en universidades y demás centros públicos de investigación.	N/A
	Apoyo al Desarrollo Científico y Tecnológico (BID, 1993)	Consejo nacional de Ciencia y Tecnología, (CONACYT)	Apoyo financiero para la investigación científica y tecnológica y financiación directa para I+D precompetitivo en PyMES.	150
	Programa Nacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (1986)	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, (CONICYT)	Financiación de I+D.	0,5
	Programa Nuevas Tecnologías (BID, 1992)	CONICYT	Apoyo general para I+D (recursos humanos, infraestructuras y gastos).	30
Venezuela	Segundo Programa de Ciencia y Tecnología (BID, 1999)	CONICYT	Apoyo para la investigación científica y tecnológica y promoción de la participación del sector privado en actividades de I+D.	200
	Fortalecimiento del Sector Biotecnológico como apoyo a la Seguridad Alimentaria del país (BID-FONACIT II, 2004)	MCT-FONACIT, INIA, IVIC, IDEA, CIEPE	Contribuir a alcanzar la Seguridad Alimentaria en el marco de un plan estratégico nacional con horizonte al año 2011, desde el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.	20
Uruguay	Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico (BID, 1991)	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICYT	Apoyo general para I+D (recursos humanos, infraestructuras y gastos en I+D).	35
	Proyecto de Desarrollo Tecnológico II -PDT-	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICYT	Fortalecer la competitividad productiva, principalmente de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs)	41,7

*Nota: No representa un listado exhaustivo de todas las iniciativas. **Nota: En el caso de los programas financiados por el BID y el Banco Mundial, las inversiones que aparecen se refieren a los proyectos en su conjunto y no a los componentes biotecnológicos en particular. Fuente: Elaborado sobre la base de Trigo, et al, 2002, informes países y comunicaciones personales de los autores.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro 7. Programas de cooperación regional en biotecnología

Programa	Objetivo	Agencia de financiación / administrativa	Cobertura	Inversión (US\$)
Centro Argentino Brasileño de Biotecnología, CABBIO (1985, continúa)	Financiación para proyectos de investigación conjuntos a través de mecanismos competitivos	Agencia independiente / Países miembros	Todas las áreas científicas / Argentina y Brasil; desde 1993 todos los países del MERCOSUR (Chile solicitó su entrada en 2000)	\$14.000.000 desde su creación
Programa Regional de Biotecnología (1988-93)	Promoción de proyectos de investigación cooperativos centrados en el desarrollo de los recursos humanos y en la difusión de las tecnologías básicas	PNUD/UNESCO/ ONUDI	Todas las áreas científicas / Regional	5.000.000 (Programa)
BIOLAC (1988, continúa)	Formación a través de proyectos de investigación nacionales y multinacionales	Universidad de Naciones Unidas	Todas las áreas, énfasis en técnicas básicas / Regional	150.000-200.000/año
Red latinoamericana de biotecnología vegetal, REDBIO (1990, continúa)	Red de colaboración entre investigadores e instituciones de investigación	FAO	Centrado en la biotecnología vegetal / Regional	60.000/año
Programa Andino de Biotecnología (1988-93)	Formación y transferencia de tecnología en áreas estratégicas	Corporación Andina de Fomento	Todas las áreas científicas / Países de la región andina	2.000.000 (Programa)
Políticas para Biotecnología Agrícola (1988-1994)	Política biotecnológica / promoción de mecanismos reguladores de bioseguridad	CIDA Canadá / IICA	Tecnología agrícola / Regional	800.000/año
Programa de Biotecnología (1988, continúa)	Formación, algunos proyectos de investigación	Organización de los Estados Americanos (OEA)	Todas las áreas científicas / Regional	300.000/año
Programa de Biotecnología del Cono Sur (1992, continúa)	Investigación cooperativa, formación, transferencia de tecnología	Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur (PROCISUR)/IICA/ BID/Países miembros	Biotecnología agrícola / Argentina, Brasil, Chile-Uruguay, Paraguay, Bolivia	120.000/año
CamBioTec (1996, continúa)	Promoción del desarrollo biotecnológico a través de consorcios entre Canadá y América Latina (tanto públicos como privados)	IDRC, CIDA y socios nacionales	Todas las áreas / Canadá, Argentina, Chile, Colombia, Cuba y México	N/A
Proyecto BIOTECH – ALA/2005/017-350 – Unión Europea – MERCOSUR	Promoción del desarrollo biotecnológico a través de consorcios entre países del MERCOSUR (tanto públicos como privados)	Unión Europea	Biotecnología agropecuaria/Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay	N/A

Fuente: Elaborado sobre la base de Trigo, et al., 2002, informes países y comunicaciones personales de los autores.

3.6 El cuadro 8 presenta los recursos humanos involucrados con la biotecnología agropecuaria en América Latina, incluyendo investigadores clasificados bajo tres niveles académicos (licenciatura, maestría y doctorado) y personal de apoyo. De acuerdo al mismo se reportan 2339 investigadores trabajando en biotecnología de los cuales 2,040 trabajan en el sector público y 298 en sector privado. Desagregando el número de investigadores por nivel académico se observa que en el conjunto regional hay aproximadamente 956 investigadores con Doctorado, 732 con Maestría y 650 con Licenciatura³. El cuadro 9, por su parte, presenta la proporción entre personal de apoyo e investigadores, indicadores de intensidad de la inversiones en recursos humanos y los recursos por investigador, un indicador que si bien es muy dependiente de las condiciones particulares de cada país o institución, no cabe duda que es un indicador de la “calidad” de la estructura del sistema de investigación de que se trata, ya que la disponibilidad de este tipo de apoyo, definitivamente tiene un efecto sobre su desempeño y productividad. De acuerdo a los datos obtenidos, muy pocos de los países de la región reflejan una proporción mayor de 0.5 de personal de apoyo, la cual es considerada como baja para este tipo de actividades. Una perspectiva similar surge de los indicadores referidos a los recursos financieros por investigador (últimas tres columnas del cuadro 9). Tomando un nivel de US\$ 100K por investigador – que puede razonablemente ser tomado como un umbral por debajo del cual se ve afectada negativamente la productividad científica de un sistema – países como Argentina y Brasil mantienen un nivel aceptable, pero, en cambio, los países que hemos resaltado antes por la intensidad de las inversiones en recursos humanos y financieros individualmente, como Uruguay y Costa Rica, se ubican en desventaja.

³ El caso de México es muy interesante de discutir con mayor profundidad ya que es uno de los países donde se cuenta con estimados del universo de recursos humanos. La estadística del Sistema Nacional de Investigadores reporta 1,440 investigadores en el Área VI (Agricultura y biotecnología) para el 2005. Estos datos no son expresados como equivalente a tiempo completo, y basado en las respuestas de las encuestas y otros reportes secundarios, arribamos a los resultados presentados en el Cuadro 13.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro 8. Número de investigadores involucrados con la biotecnología agropecuaria en América Latina por país y por grado académico en las organizaciones encuestadas

País	Licenciatura (B. Sc.)			Maestría (M. Sc.)			Doctorado (Ph.D)			Investigadores Totales			Personal de Apoyo		
	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	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	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
Rep. Dominicana		35	35		6	6			0	0	41	41			0
Uruguay	16	33	49	9	30	39	2	22	24	27	85	112	11	17	28
Venezuela		11	11		13	13		9	9	0	33	33		29	29
Total	152	498	650	66	666	732	80	876	956	298	2040	2339	141	817	988

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

Cuadro 9. Relación entre personal de apoyo y personal de investigación e indicadores de intensidad de recursos humanos

País	Proporción entre el personal de apoyo y el personal de investigación			Indicadores de intensidad			Recursos por investigador		
	Privado	Público	Total	Investigadores por millón habitantes	Investigadores por billón de dólares PNB	Total	Público	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 LAC				7.2	2.4	62,905	58,604	99,671	

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) Personal investigación incluye Licenciatura (B. Sc.) + Maestría (M. Sc.) + Doctorado (Ph. D.), 2) Dato de población para cada país proviene del World Bank Development Indicators (2007) y es el promedio de los años 2000-2004. 2) Datos del Producto Nacional Bruto para cada país son del World Bank Development Indicators (2007) y es el promedio de los años 2000-2004, convertidos a dólares internacionales del año 2000.

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

3.7 En síntesis, del análisis de los recursos humanos y financieros indica que los niveles de inversión en la mayoría de los países de la región es muy pobre, y si bien los países con sistemas de investigación más avanzados, como Brasil, México y Argentina, destinan cantidades importantes de recursos humanos y financieros a la investigación en biotecnología, estos no parecen ser de la magnitud requerida para asegurar la obtención de resultados. La situación es aún más restrictiva en América Central, Bolivia, Paraguay y República Dominicana, donde los niveles son ínfimos, reflejando, probablemente, no solo una actitud respecto de la biotecnología, sino de la ciencia y tecnología en general. En este sentido, resalta la situación de dos países como Costa Rica y Uruguay, relativamente pequeños en extensión, población y economía pero con altas intensidades relativas de inversión, reflejan, muy probablemente, no una posición respecto de la biotecnología, sino más bien una historia bastante particular de inversiones en educación, ciencia y tecnología elevadas respecto al resto de América Latina.

3.1 Principales técnicas y herramientas biotecnológicas utilizadas en los países de América Latina

3.8 El análisis cuantitativo del tipo de herramientas y técnicas utilizadas en el campo de los desarrollos biotecnológicos está en línea con los aspectos resaltados en cuanto a las inversiones y los recursos humanos: el relativamente alto grado de concentración en un reducido número de países e instituciones. El cuadro 10 presenta la suma total del número de técnicas biotecnológicas en utilización reportadas por sector y por país en América Latina. Cada entrada en el cuadro representa la suma total de las respuestas en todas las encuestas realizadas en cada país, para cada una de las técnicas mencionadas.⁴

3.9 De acuerdo al mismo, la suma total de técnicas utilizadas en la región alcanza a 1,551. De este total el sector público concentra 1,403 y el privado 148, reflejando con claridad el peso de las instituciones públicas en el sector. Sin embargo, la utilización de este indicador, como reflejo de las capacidades existentes en la región debe ser manejado con sumo cuidado, dado que sufre de una serie de limitantes, y particularmente el de la posibilidad de que quienes responden a la pregunta específica, tengan una interpretación ligeramente diferente en cuanto al significado de los criterios de “uso” y “dominio” de una técnica, y, por lo tanto, es factible, que instituciones reporten el conocimiento o utilización de una técnica pero que no la dominen lo suficiente como para que eso signifique efectivamente existe la capacidad de desarrollar innovaciones avanzadas.⁵

3.10 Estos aspectos hacen que el conteo total de técnicas pueda estar sub y/o sobre estimado en cuanto a la intensidad real de uso de las diferentes técnicas y distorsionar la capacidad real de una institución o país, generar innovaciones y transformarlas en productos comerciales que pudiesen ser

⁴ De modo que si una institución indica, por ejemplo que utiliza dos técnicas en dos cultivos diferentes el total sería contado como cuatro técnicas usadas. En cambio una segunda institución menciona que utiliza 1 sola técnica en dos cultivos, esto contaría como dos técnicas usadas. Si estas dos instituciones son los únicos trabajando en un país, entonces el total de técnicas para el país sería seis técnicas utilizadas.

⁵ 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 ha realizado su capacitación (tesis de Maestría o Doctorado), utilizándola, por lo cual la capacidad de usar la técnica existe y, en casos, está siendo utilizada en pruebas o experimentos simples, pero no están presentes los otros factores (infraestructura, apoyo, etc.) que hacen que la técnica pueda ser utilizada efectivamente en función de obtener un producto concreto de aplicación fuera del laboratorio.

transferidos a los productores. Por esta razón se discute el uso de las técnicas agregadas a nivel de sector en términos relativos.

3.11 Brasil, Argentina, Perú, Chile y Colombia utilizan un número significativo de técnicas, mientras que la mayoría de los países de América Central usan un número muy limitado (ver cuadro 10). De hecho los cinco países mencionados, concentran el 69% del total de las aplicaciones en la región, este tipo de patrón se reproduce como se ha anticipado, lo que ocurre en cuanto a las inversiones y los recursos humanos destinados a biotecnología.

Cuadro 10. Número de técnicas por sector y por país

País	Sector Privado	Sector Publico	Total
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
Republica Dominicana	8	16	24
Uruguay	17	100	117
Venezuela	ND	53	53
Total	182	1424	1606

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) ND=No disponible. 2) El caso de México es muy particular porque el conteo se enfoca mas bien al tipo de técnicas a lo largo de las organizaciones de I+D. En este país en conjunto, dominan todas las técnicas.

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

3.12 Otro aspecto importante es el ya mencionado dominio del sector público en el uso de las técnicas biotecnológicas, el cual utiliza un 90% del total. Esta concentración puede tener explicaciones múltiples, incluyendo la baja inversión del sector privado en biotecnología, el carácter incipiente del mercado de tecnologías y muchos casos un bajo nivel de protección efectiva de la propiedad intelectual. Por otra parte, también influye el hecho de que las instituciones públicas y académicas trabajan en muchos casos a nivel experimental y en procesos de aprendizaje, cosa que difícilmente ocurra con las empresas, las cuales tienden a concentrarse solo en aquellas técnicas que hacen directamente a su modelo de negocio y la rentabilidad de sus proyectos.

3.13 Los Cuadros 11 y 12 presentan el número de técnicas por tipo, sector y por país, y la distribución porcentual por tipo y por país para la región respectivamente. Ambos casos resaltan un uso más intenso de las técnicas convencionales o tradicionales – las que representan casi el 70% de las aplicaciones – *vis a vis* las modernas – que concentran algo menos del 30% de las aplicaciones – y el dominio del sector público en la biotecnología agropecuaria.

Cuadro 11. Distribución de técnicas por país y por tipo general de técnicas incorporadas (en valores absolutos, año 2006)

País	Técnicas de cultivos celulares y 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	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.

Cuadro 12. Distribución de técnicas por país y por técnicas incorporadas (en %)

País	Técnicas de cultivos celulares y 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.

3.14 Bajando al nivel del tipo de biotecnologías utilizadas, el Cuadro N° 13 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 cultivo de tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. En cambio las técnicas modernas incluyen las técnicas de ADN recombinante, transformación genética y las de genómicas funcional y estructural⁶. A nivel agregado, un 72% de las técnicas utilizadas son tradicionales, aunque, por supuesto, este porcentaje varía de país a país. En la mayoría de los casos (Honduras, El Salvador, Republica Dominicana, Bolivia, Guatemala y Panamá), más de un 90% de las técnicas utilizadas, son tradicionales, mientras que (Argentina, Chile y México) son los países que utilizan una mayor proporción de tecnologías modernas. Un caso interesante en este sentido, es el de Brasil, donde a pesar de ser el país que utiliza el mayor número de técnicas y tiene el mayor volumen de inversiones en investigación y desarrollo, el 75% de las técnicas utilizadas son de tipo tradicional. Buena parte de la explicación de esta aparente inconsistencia puede estar en el hecho que las aplicaciones tradicionales se llevan a cabo donde hay posibilidades de mercado mas concretas y también por los problemas que han existido alrededor del sistema regulatorio de bioseguridad en este país, en particular las dificultades de su consolidación. Existen indicios, sin embargo, de que esta situación puede estar cambiando a medida de que avanza el número de aprobaciones de cultivos OGM y también con el desarrollo de la industria de la producción de biocombustibles en el país y su vinculación con la biotecnología.

3.15 Finalmente, el cuadro N° 14 presenta 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 a vis* al privado. Así mismo, vale aclarar que, la información presentada en el Cuadro 11 (y en otros cuadros de esta sección) sobre la interpretación de la importancia relativa de las diferentes técnicas biotecnológicas utilizadas en México, es diferente a la de los demás países en este reporte ya los datos presentados representan las técnicas “dominadas” por las instituciones encuestadas en lugar de 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.

⁶ Importante notar que las técnicas tradicionales no están obligadas a cumplir los requerimientos de bioseguridad. Mientras que en el caso de las técnicas modernas solamente las técnicas de transformación genética y las de genómica funcional estarían sujetas a dichas regulaciones si el producto es un organismo vivo modificado.

Cuadro 13. Distribución porcentual por país y por tipo de biotecnología para América Latina

País	Tradicional	Moderna
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	72	28

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) Este cuadro no incluye las técnicas clasificadas como no disponible, confidencial, no contestado. Biotecnología tradicional incluye técnicas de cultivos celulares y tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. Biotecnología moderna incluye técnicas de ADN recombinante, transformación genética y genómicas funcional y estructural.

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

Cuadro 14. 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
	Privado	Público	Privado	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%

Notas: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) Biotecnología tradicional incluye técnicas de cultivos celulares y tejidos, marcadores moleculares, diagnóstico y otros. Biotecnología moderna incluye técnicas de ADN recombinante, transformación genética y genómicas funcional y estructural.

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

3.16 En síntesis, se puede concluir que todos los países en América Latina aplican técnicas biotecnológicas, pero en su mayoría estas son de tipo convencional. Países como Brasil, México y quizás Argentina tienen una capacidad elevada en términos del número y diversidad de técnicas que utilizan, así como la capacidad de implementar técnicas convencionales como modernas. Otros casos 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 de América Central, sumados a Bolivia, Paraguay y República Dominicana, reportan solo una capacidad muy limitada de aplicar técnicas convencionales, y prácticamente nula en lo que hace a las técnicas modernas. La reducida capacidad en estos últimos países se limita casi exclusivamente a aquellos proyectos y/o programas dirigidos por un individuo o equipo de trabajo en una institución, lo cual refleja más bien un desarrollo aislado de la biotecnología y no la implementación de actividades dirigidas a atender un objetivo estratégico por parte de estos países.

3.17 En cuanto al sector de aplicación, existe un claro predominio del desarrollo de productos agro-biotecnológicos vinculados a las plantas, los que representan aproximadamente un 56% del total de aplicaciones, mientras las aplicaciones vinculadas a animales, microorganismos y otros representan un 12%, 17% y 10%, respectivamente, y hay un 5% de aplicaciones en campos no identificados.⁷

3.18 El cuadro 15 presenta los datos de las categorías de productos por país. Al igual que en la distribución por técnicas, cada elemento de este cuadro representa la suma total de productos

⁷ Es importante notar que a pesar que algunos de los productos fueron clasificados como microorganismos, estos pudiesen ser modelos, aplicaciones para uso posterior en plantas, insectos y/o animales; por lo cual la importancia de los microorganismos pudiese estar sobreestimada. Asimismo, vale la pena anotar que la mayoría de los microorganismos que están siendo investigados, lo son para ser usados como insumos tecnológicos de procesos productivos específicos (levaduras, enzimas, inoculantes, bioinsecticidas).

atendido por 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 el cuadro 16. El panorama emergente de estos datos presenta algunos contrastes interesantes, en el sentido de que si bien era de esperarse que un país como Chile le preste una importancia significativa a la categoría de frutales y forestales, dada la importancia de estas industrias en el país, es sorprendente, que a pesar de la cantidad significativa de soja cultivada en la Argentina y de la gran magnitud de los beneficios económicos que este país ha obtenido de la utilización de las tecnologías GM – tolerancia a herbicidas – en este cultivo (ver Trigo y Cap 2006), solamente el 12% de aplicaciones corresponden al mismo. Esto puede ser una consecuencia del modelo de transferencia de tecnología prevaleciente donde el grueso de las innovaciones en OGMs son provenientes de los países desarrollados – a través de las empresas multinacionales – y el proceso de innovación local se focaliza en la incorporación de los nuevos genes en la base de germoplasma local utilizando métodos convencionales, y su transferencia a los sectores productivos.⁸

Cuadro 15. 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

Nota: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) 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.

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

⁸ Para una discusión en profundidad de lo ocurrido en la Argentina en el caso de la soja y otros cultivos OGM ver Trigo *et al.* 2002 y Trigo y Cap 2006.

Cuadro 16. Variedades por grupo de especies por país en proyectos relacionados (en %)

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
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

Nota: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) 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.

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

Cuadro 17. Distribución de las variedades por grupos de especies por región/país en proyectos biotecnológicos en América Latina (en %)

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

Nota: 1) Fuente: Elaboración propia basada en las encuestas hechas en los países como parte del estudio comisionado por el BID, 2006-2007, 2) 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.

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

3.19 Más allá de esto la información presentada indica una alta congruencia entre la importancia de los cultivos y las aplicaciones, lo cual se refleja con bastante claridad en el Cuadro 17, donde se presenta esta información agregada por regiones y/o países. En este sentido, la Región Andina le presta la mayor atención a las raíces 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%), seguido de los micro-organismos (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, microorganismos y flores/plantas ornamentales. En el caso de Brasil y México, ambos países le prestan una mayor atención a los microorganismos, frutales y especies forestales, y en el caso de México también aparecen con cierto peso los cultivos industriales. El énfasis que estos países le dan a los microorganismos, pudiese estar influenciado por las aplicaciones industriales tales como productos para el control de plagas, fijadores de nitrógeno y fermentación, y en el caso de Brasil, podría ser un estrategia por parte de las organizaciones encuestadas, particularmente las universidades, para mantener actividades de educación (grado y post-grado) y entrenamiento de recursos humanos, que no tuviesen implicaciones de bioseguridad y que, por lo tanto, son actividades de un costo relativamente mas bajo. Este énfasis también podría estar relacionado a procesos dirigidos a apuntalar la industria de los biocombustibles.

3.20 Los resultados discutidos arriba respecto a cultivos y rasgos, están dentro del rango de lo esperable, excepto por el poco peso de las aplicaciones referidas a los granos y oleaginosas y los rasgos mas salientes de las biotecnologías de “primera generación” – es decir las vinculadas a la mejora de las condiciones de producción y la reducción de los costos, tales como la tolerancia a herbicidas y la resistencia a insectos, etc. La falta de presencia de estas aplicaciones es de particular relevancia si uno toma en consideración el peso que tiene la región como “aprovechadora” de estas tecnologías a nivel productivo, donde no cabe duda de que es la región del mundo en desarrollo que mas se está beneficiando de esta etapa del ciclo tecnológico.⁹

3.21 En este sentido, cabría la reflexión de que esta situación es el reflejo de un conjunto de factores que convergen para que esto sea así. En primer lugar, esta el hecho ya mencionado del peso que tienen las empresas multinacionales en el desarrollo de estas tecnologías y el tipo de modelo de innovación que se está utilizando (importación de la tecnología y retro-cruza en las variedades adaptadas localmente), el cual, además de estar fundamentado en cuestiones económicas (economías de escala en la I&D), resulta efectivo por la gran flexibilidad que tienen las tecnologías en cuestión – en realidad se trata de un pequeño número de tecnologías (genes) que están siendo utilizados en una variedad de cultivos y nichos agro-ecológicos (países). Interesante notar que este mismo fenómeno ocurre en otras regiones del mundo.

3.22 Un segundo aspecto, tienen que ver con la interfase entre el proceso de I&D y los sistemas regulatorios –particularmente con el costo de cumplir con los requisitos de bioseguridad- y el hecho de que el grueso de la actividad en la región esté dentro de instituciones públicas. Estas, por cuestiones de disponibilidad de recursos y administrativas, están en desventaja *vis a vis* las empresas

⁹ 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 maíces OGM y el algodón Bt está siendo utilizado con bastante éxito en las agriculturas de Argentina, Brasil, Colombia y México (James 2006)

privadas en general y las multinacionales en particular, en cuanto a gestionar los procesos regulatorios, motivo por el cual pueden encontrar incentivos en dirigir sus esfuerzos hacia otras especies y aplicaciones, particularmente aquellas que no tengan limitaciones en aspectos de bioseguridad. Los eventos genéticos existentes actualmente 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, todos los eventos en América Latina son básicamente aquellos que tratan con las características agronómicas de cultivos industriales o extensivos como son el maíz, soja, algodón y canola. El costo relativamente elevado de cumplir con los requerimientos de bioseguridad, hacen que hasta el momento solamente se hayan liberado variedades comerciales en este tipo de cultivo al obtener economías de escala suficientes para garantizar la liberación comercial de estos productos. Por otra parte, la situación observada podría también resultar de una decisión explícita a nivel de los organismos nacionales de orientar sus esfuerzos hacia los cultivos y aplicaciones que no están siendo atendidos a nivel multinacional y optar por aprovechar las oportunidades de derrames tecnológicos que esas inversiones pudiesen estar generando.

3.23 Sintetizando la situación existente en los países latinoamericanos sobre las áreas de énfasis de la agrobiotecnología, los esfuerzos de investigación cubren una gran diversidad de cultivos, quizás un reflejo de la enorme biodiversidad genética en 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 que los sistemas de investigación hayan escogido diversificar la orientación del portafolio de investigación en la dirección de los cultivos que, *a priori*, aparecen como de mayor relevancia sub-regional o a nivel de país, es, de por sí, un aspecto interesante de la evolución del sector. En este contexto y mirando al futuro hay dos aspectos que deberían ser tomados en cuenta desde el punto de vista del diseño de las políticas para el sector. Por un lado, el número de cultivos considerados es bastante elevado, lo cual ha llevado a que el nivel de recursos por cultivo y/o por investigador sea muy reducido y probablemente por debajo de los umbrales de inversión requeridos para poder obtener resultados, lo cual, sin duda, va a afectar a la rentabilidad de la inversión nacional en estos temas. Por otro lado, resalta también el poco peso que tiene la región en el desarrollo de investigaciones referidas a los cultivos que hoy dominan el escenario de la biotecnología – soja, maíz y algodón – a pesar del valor económico que tienen en las producciones nacionales y el hecho de que la región es una de las que más y mejor ha aprovechado los productos de la etapa actual del ciclo de desarrollo de la biotecnología agropecuaria.

Principales productos de la investigación biotecnológica en la región

3.24 En relación a los productos de los sistemas de investigación (capacidades, recursos y aplicaciones) en biotecnología en la región, hay dos niveles que se deben considerar. Uno es la generación de nuevos conocimientos, nuevas herramientas y nueva tecnología. El segundo, son las aplicaciones a nivel de los sistemas productivos específicos, es decir, la utilización de innovaciones concretas en la producción de bienes y servicios.

3.25 En el área de la producción de nuevos conocimientos América Latina presenta una situación, al igual que respecto a los aspectos considerados anteriormente, de una comparativamente

baja productividad y al mismo tiempo una gran heterogeneidad entre los países y regiones. Si bien existen varios tipos de indicadores respecto de la producción científica, el de las publicaciones con referato parece ser el más objetivo en cuanto al nivel de productividad de un sistema. El cuadro 18 presenta la situación para los principales países de la región y su relación con otras regiones y países del mundo. En este sentido resalta el que por una parte, todo el conjunto de la región compara bastante desfavorablemente con el resto de los países del continente americano (Canadá y los Estados Unidos), y aún con lo que ocurre en la última década en España. Por otra parte, casi el 90% de la producción de la región está concentrada en unos pocos países (Brasil, Argentina, México, Chile y Venezuela) y un país – Brasil – representa el 45% de la producción total de la Región. Una situación similar se encuentra si el análisis se realiza en base a las citas bibliográficas de los artículos científicos producidos dentro de la región (cuadro 19). En este caso en predominio de los países grandes es aún más marcado, con Brasil llegando en el 2006 a representar más del 70% de todas las citas reportadas, pero lo más importante es lo que ocurre con la evolución de estos índices entre 1999 y el año 2006. En 1999 la producción de América Latina representaba en esta área aproximadamente el 70% de lo que producían los Estados Unidos; en 2006, este porcentaje ha caído a menos del 30%. La interpretación de estas tendencias no es lineal, pero si puede ser tomada como un llamado de atención acerca de lo que esta pasando con la “distancia” de lo que se hace en América Latina y la “frontera del conocimiento”. Hay crecimiento en cuanto a la creación de conocimientos, la producción total casi se triplica y en algunos casos de países individuales – Brasil, Argentina, Chile, Colombia, Venezuela – la proporción es aún mayor, pero parecería que se pierde terreno respecto de lo que ocurre con los centros mundiales de producción de conocimientos en este campo.

3.26 Lo que ocurre en cuanto a la producción de conocimientos se refleja, casi con mayor dramatismo en lo que ocurre con la actividad de patentamiento en el campo de la biotecnología; un indicador de mayor interés, quizás, por lo que significa en el campo de la biotecnología desde el punto de vista de la transferencia de conocimientos de los laboratorios al campo. El cuadro 20 presenta las solicitudes de patentes presentadas ante la oficina de patentes de los Estados Unidos al año 2005, un indicador parcial, sin duda, pero interesante dado el hecho de que en este sector generalmente se busca proteger los conocimientos con buen potencial de mercado en el sistema estadounidense, dado el alto grado de seguridad jurídica que este otorga, y además, por el hecho de que en muchos de los países de la región – como veremos mas adelante – los sistemas de protección de la propiedad intelectual relevantes para el sector de la biotecnología están aún en evolución. Nuevamente aquí la producción regional es, definitivamente, magra, y aún los países más importantes –Brasil, Argentina, México, Chile, Colombia – se ubican en clara desventaja *vis a vis* otros países importantes en el comercio agrícola mundial, como Canadá y Australia, o emergentes como la India.

Cuadro 18. Publicaciones en Ciencias Básicas y Aplicadas vinculadas a la Biotecnología Agrícola en Países de las Américas (promedio anual 1997-2006)

Países	Bioquímica, Genética y Biología Molecular	% A L / Total	Biología y Ciencias Agropecuarias	% A L / Total
Argentina	2094	45	357	45
Brasil	891	19	133	17
Mexico	753	15	126	16
Chile	314	7	45	6
Venezuela	139	3	40	5
Total América Latina	4151	89	700	89
Canadá	6682		634	
Estados Unidos	55418		4200	
España	4545		507	

Fuente: Traxler Greg. “Riesgos, oportunidades y beneficios de la biotecnología para los países de las Américas”. Foro Técnico Convocado por el IICA Diciembre 2007, San José Costa Rica.

Cuadro 19: Citas bibliográficas en el CAB Biological Abstract” (Incluye la biotecnología vegetal y animal)

País	1999	2003	2006	Total
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
R.B. Venezuela	75	455	369	899
Total América Latina	4308	11140	12000	21440
Estados Unidos	6155	43711	41646	91512

Fuente: www.cabdirec.org

Cuadro 20. Solicitudes de patentes ante la Oficina de Patentes de los Estados Unidos de Norte América (USTPO)
(Incluye biotecnología y áreas afines, hasta el año 2005)

Países	Total	Fracción del total [%]	Clases 435 y 800	Plantas
Argentina	105	0.094	32	1
Brasil	202	0.18	93	0
Chile	38	0.034	21	1
Colombia	22	0.020	6	1
Costa Rica	11	0.0098	3	7
Ecuador	4	0.0036	0	2
México	96	0.086	44	1
Perú	3	0.0027	1	0
Total América Latina	481	0.054	200	13
Canadá	4241	3.8	1873	22
Alemania	8765	7.8	3299	138
Austria	492	0.44	238	0
España	653	0.58	215	16
Australia	1437	1.3	735	34
China	550	0.49	276	0
India	895	0.80	309	21

Fuente: Jorge E. Mayer. *“Los Derechos de Propiedad Intelectual como herramienta de desarrollo económico en el ámbito de los recursos filogenéticos”*. Seminario Regional “Los Derechos de Propiedad Intelectual en el Ámbito de los Recursos Filogenético” del 18 al 20 de Octubre de 2006. Facultad de Derecho – UBA, Argentina.

Cuadro 21. Superficie cultivada con OGM en América Latina por país en 2006

País	Área con OGM (en miles de has.)	Cultivos comercializados
Argentina	19100	Algodón, Soja y Maíz
Brasil	15000	Soja y Algodón
Paraguay	2600	Soja
Uruguay	500	Soja y Maíz
México	100	Algodón y Soja
Colombia	50	Algodón, Maíz y Claveles
Honduras	50	Maíz

Fuente: James, 2007.

3.27 En cuanto al segundo aspecto, las aplicaciones a nivel de sistemas productivos específicos, existen en diversos casos importantes aplicaciones a nivel de industrias concretas, como la láctea, la horti-fruticultura, la vitivinicultura y otros sectores de la industria alimenticia, donde ya se están aprovechando innovaciones biotecnológicas basadas en microorganismos modificados genéticamente, o aplicaciones de cultivos celulares y de tejidos, para la mejora de la productividad de ciertos procesos, la calidad y/o la sanidad de los distintos productos. Sin embargo, no existen estadísticas que permitan documentar adecuadamente estos procesos. En este sentido el único indicador más o menos objetivo a este nivel es el referido a la existencia de cultivos genéticamente modificados, ya sea bajo cultivo o en proceso de evaluación de bioseguridad. En cuanto a la superficie cultivada con OGM, los países de la región tienen una participación más que relevante en lo que es el concierto mundial de este tipo de tecnologías, con siete de los catorce países que informan más de 50 mil Has, de este tipo de cultivos, con Argentina, Brasil y Paraguay ubicados entre los seis de mayor importancia en este sentido a nivel mundial (James 2007).

3.28 Dentro de la región, Argentina ocupa el primer lugar tanto en cuanto a extensión cultivada con estas tecnologías como en lo que hace a eventos bajo análisis por el sistema de bioseguridad, seguido por Brasil, ambos con una superficie por encima de los 10 millones de Has. (Ver cuadros 21 y 22). Del resto, solo cuatro países reportan cultivos en esta categoría, pero con superficies significativamente menores. En Uruguay, han sido aprobados para su liberación comercial, hasta este momento, 3 eventos (uno de soja y 2 de maíz) y se encuentran en etapas avanzadas de evaluación dos más de maíz, uno de arroz y otro de trébol blanco. En México la oferta tecnológica de variedades vegetales obtenidas por biotecnología vegetal es muy basta, con granos, hortalizas, frutales, plantas forrajeras y ornamentales modificadas, pero solo algodón y soja se cultivan a nivel comercial. En Colombia, los organismos responsables de bioseguridad y de semillas han aprobado, en los últimos años, tanto ensayos de campo como la liberación comercial de varios cultivos genéticamente modificados, incluyendo variedades transgénicas de algodón y maíz resistente

a insectos y tolerante a herbicidas¹⁰. En Honduras, hasta la elaboración de este informe, han sido permitidos para su comercialización dos variedades transgénicas de maíz, el Bt y el tolerante a glifosato.

Cuadro 22. Bioseguridad: eventos aprobados por tipo de aprobación 1996-2006

País	Medio ambiente Número de eventos aprobados (año de la primer aprobación)	Para cultivo Número de eventos aprobados	Para alimentación Número de eventos aprobados (año de la primer aprobación)	Como alimento Número de eventos aprobados
Argentina	10 (1996)	10	10 (1998)	10
Brasil	2 (1998)	2	2 (1998)	3
Colombia	4 (2000)	3	5 (2002)	5
Honduras	1 (2002)	1	1 (2002)	1
México	4 (1996)	4	36 (1996)	2
Paraguay	1 (2004)	1	1 (2004)	1
Uruguay	5 (1997)	5	3 (1997)	3
Año				
1996	3	3	8	2
1997	2	2	1	1
1998	5	5	6	5
1999	1	1	2	0
2000	3	3	1	0
2001	1	1	5	2
2002	2	1	5	1
2003	2	2	7	2
2004	4	4	12	5
2005	2	2	5	4
2006	2	2	5	0
Total	27	26	57	22

Fuente: James, 2006.

3.29 En el resto de los países prácticamente no existen actividades en este sentido, en parte como resultado de que no hay productos que resulten de interés para sus condiciones productivas y, en otros casos, como consecuencia de conflictos políticos derivados del debate público respecto de este tipo de tecnologías. Desde este punto de vista los dos países donde la situación de los cultivos

¹⁰ Desde el año 1998 el CTN de Bioseguridad Agrícola del ICA ha recibido y procesado desde su establecimiento 12 solicitudes, de las cuales 9 han sido aprobadas, cada una con sus especificidades como cultivo comercial, ensayos de campo en contención, investigación confinada, dos se encuentran en evaluación y uno ha sido aplazado (Schuler, 2006:37).

OVM ha presentado mayor cantidad de conflictos o restricciones y condicionan su desarrollo son Brasil y Chile. Si bien Brasil se encuentra entre los principales productores de granos OGM, la aplicación de innovaciones biotecnológicas ha sido limitada por cuestiones de política interna. Un hecho a destacar fue la falta de seguridad jurídica, que llevó el Congreso a aprobar una segunda ley de bioseguridad en 2005¹¹, para tratar de resolver los conflictos legales, y la demora en la aprobación de plantas transgénicas y productos veterinarios para uso comercial ya aprobados en otros países en los últimos años. Una situación similar, aunque algo más restrictiva ocurre en Chile donde no se ha liberado aún comercialmente en su totalidad ninguna variedad OGM, solo permite la aplicación biotecnológica comercial en el país para la producción de semillas transgénicas y su posterior exportación, aprovechando la ventaja de la contra-estación (winter nursery). Esta actividad es ejercida por subsidiarias locales de grandes empresas transnacionales productoras de semillas, tanto de origen biotecnológico como tradicional. El desarrollo de la biotecnología agropecuaria en Chile y en Brasil, particularmente enfrentan una clara situación de contrastes entre interesantes avances en cuanto a capacidades y un muy poco claro escenario en cuanto a las posibilidades de aprovechamiento de las nuevas tecnologías.

3.30 En relación a los cultivos OVM, un aspecto crítico que debe ser resaltado tiene que ver con el origen de estas innovaciones. Independientemente del buen desempeño que exhibe la región en cuanto a la incorporación de este tipo de tecnologías en sus sistemas productivos, es importante destacar que hasta el momento todas las innovaciones que se encuentran en el campo han sido introducidas por el sector privado multinacional y este sector también domina el “pipeline” en lo referente a las pruebas de campo, representando cerca del 80% del total de eventos que han sido sometidos a consideración de las autoridades de bioseguridad de los distintos países, mientras que las instituciones nacionales (institutos de investigación y universidades) representan alrededor del 5%, y ninguno de sus productos ha llegado a la etapa de liberación comercial.¹²

3.31 En síntesis, desde el punto de vista de los productos hay un claro contraste entre lo que tiene que ver con la producción de conocimientos y la actividad de patentamiento, que podrían ser indicadores indirectos del potencial innovativo de los sistemas nacionales y la región como “utilizadora” de tecnologías generadas externamente. Por una parte, se refleja una situación de sistemas débiles, que parecerían estar alejándose, progresivamente, de la “frontera del conocimiento” en el área, algo que no debería sorprender en vista de los relativamente reducidos niveles de inversión que se dan en la región, aún en el caso de los países de mayor desarrollo relativo. Por otra parte, la región aparece, sin mayor discusión, como la de mayor importancia del mundo en desarrollo en cuanto al aprovechamiento de los derrames tecnológicos en relación a lo que es, hasta ahora el “producto bandera” del sector de la biotecnología agropecuaria, es decir, los cultivos OVM, donde varios de los países de la región se ubican entre los más dinámicos del mundo por su utilización. Esto, muy probablemente, como resultado de las ventajas que le confiere la riqueza de su base de recursos naturales y la congruencia que existe entre estos y los requerimientos que tienen en este sentido las tecnologías predominantes en esta primera etapa del ciclo tecnológico. En estas consideraciones no deja de llamar la atención, sin embargo, el hecho de que la importancia de estos cultivos a nivel productivo y los beneficios económicos que han traído a los países adoptantes, no se esté reflejando en un mayor dinamismo en las inversiones en el sector.

¹¹ La prima ley fue aprobada in 1995.

¹² Ver Traxler Greg. “*Riesgos, oportunidades y beneficios de la biotecnología para los países de las Américas*”. Foro Técnico Convocado por el IICA Diciembre 2007, San José Costa Rica.

4. HACIA UNA ESTRATEGIA PARA EL FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES EN BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN LOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA

4.1 Cualquier estrategia para fortalecer las capacidades en biotecnología agropecuaria, requiere considerar acciones en distintas áreas de políticas y, muy probablemente, no exista un sendero óptimo sino una variedad de ellos, dependiendo de cuales sean las condiciones de cada caso en particular. El tema clave, sin duda, es cual es la mezcla óptima en cuanto a orientaciones, énfasis e instrumentos frente a cada situación. Los factores que influyen en estos aspectos son muchos, pero dos tipos de consideraciones sintetizan, en lo general, las principales dimensiones que afectan la elección de las políticas e instrumentos más efectivos en cada caso en particular (ver Trigo, E.J. 2003). El primer componente, se relaciona con las capacidades científicas y tecnológicas de cada país. Es decir, el complejo de recursos institucionales, humanos y financieros, que un determinado país dispone para desarrollar por si, o acceder al conocimiento existente y transformarlo en alternativas tecnológicas relevantes para sus sistemas productivos. El segundo aspecto, está relacionado con el tipo de oportunidades de mercado que existen para los procesos de I&D, lo cual refleja el potencial existente para el proceso de desarrollo tecnológico y la consecuente capacidad para hacer frente a las inversiones requeridas por el mismo. La intersección de estos dos conjuntos de dimensiones sintetiza tanto el cuadro de las oportunidades como de las restricciones que un país en particular enfrenta a la hora de definir una estrategia para el desarrollo de su sector de biotecnología agropecuaria. Las capacidades científicas y tecnológicas existentes en un determinado momento son, en cierta medida, las “condiciones iniciales” del proceso. Las perspectivas económicas plantean el conjunto de limitantes que se deben enfrentar, particularmente desde el punto de vista de la rentabilidad de las inversiones.

Capacidades científicas y tecnológicas

4.2 Aún cuando la biotecnología representa un cambio tecnológico de carácter radical, su desarrollo no puede ser discutido independientemente de lo que ocurre con las capacidades tecnológicas “convencionales”. En el corto y mediano plazo, la evolución mas probable no es una situación de enfoques convencionales vs. biotecnológicos, sino mas bien un esquema de convergencia donde la biotecnología es progresivamente incorporada en lo que podría denominarse la “función de producción de la tecnología agropecuaria”. Más aún, el potencial de las nuevas tecnologías va a continuar siendo altamente dependiente de los actuales sistemas de transferencia de tecnología, como por ejemplo el sistema de semillas y particularmente la fortaleza de sus programas de mejoramiento de variedades. En ausencia de estos, los intentos de incorporar nuevas técnicas y productos serán poco más que ejercicios académicos, ya que no existirán los mecanismos concretos para hacer llegar a los agricultores las nuevas opciones tecnológicas. Por otra parte, dada la importancia de las ciencias básicas en el desarrollo de las aplicaciones biotecnológicas, cuanto mas desarrollada sea la base científica de un país, mayores serán sus posibilidades de aprovechar a pleno las oportunidades que ofrecen las nuevas biotecnologías. Dentro de este marco la situación actual de los sistemas de investigación agropecuaria, incluyendo sus vinculaciones con el resto de los sistemas

nacionales de ciencia y tecnología, es un indicador altamente relevante de lo que un país puede, o no, hacer en cuanto al desarrollo de su sector de la biotecnología agropecuaria.

4.3 El estado actual del sistema de I&D de cualquier país, no es otra cosa que el reflejo de las inversiones pasadas en el mismo, las cuales en muchos casos están altamente relacionadas al tamaño e importancia de sus sectores agropecuarios. Sin embargo es importante destacar que la relación entre los sistemas de investigación agropecuaria y el tamaño del sector agropecuario de cada país en particular, no es una relación lineal. La mayoría de los sistemas de investigación agrícola existentes en la actualidad han evolucionado a partir del supuesto de que lo que se requería para mejorar la productividad agrícola de los países en desarrollo, era una incorporación masiva de tecnología agropecuaria, y dado de que este tipo de tecnologías no “viajan bien” – son, por lo general, altamente específicas a cada localidad – lo que hacia falta eran instituciones de investigación a nivel local, que trabajaran en la adaptación del conocimiento existente al complejo de condiciones agroecológicas de cada país. Esta visión, desarrollada a partir de las ideas presentadas por T.W. Schultz’s en su trabajo *Transforming Traditional Agriculture*, ha sido la base de la expansión de las capacidades de investigación agropecuaria en los países en desarrollo en general y en América Latina en particular durante los últimos 50 años. Estos esfuerzos se basaron en estructuras que en muchos casos ya existían y han tenido en su mayoría un significativo apoyo de parte de la comunidad internacional de donantes. Por otra parte, es importante resaltar que estas inversiones tenían el concepto de la tecnología agropecuaria como “bien público”, como la lógica subyacente de las inversiones y se desarrollaron en el contexto mas amplio de las políticas del “estado del bienestar”, en donde las inversiones públicas desempeñaban un papel crítico en la promoción del desarrollo, no solo, o necesariamente, vinculado a objetivos y criterios relativos al mejoramiento de la producción y la productividad agrícola, sino también, y en casos de manera predominante, a objetivos sociales mas amplios, tales como la reducción de la pobreza y el desarrollo de los recursos humanos y la base científica como un objetivo en si misma. [Piñeiro & Trigo, Byerlee & Traxler (2001), Pardey (2001)].

4.4 Como consecuencia de estos procesos las estructuras y capacidades de los actuales sistemas nacionales de investigación agrícola representan un punto de partida como indicadores de las capacidades existentes para explotar el potencial de las nuevas biotecnologías y, en términos generales se puede hacer una categorización de estas capacidades tomando como base algunos indicadores generales, tales como (i) el número de investigadores agropecuarios por cada millón de Has., (ii) el número de publicaciones en ciencia agropecuarias, y (iii) el grado de desarrollo de los programas de mejoramiento en el país, usando los números de PVP otorgados y /o algún otro indicador de producción de variedades. Esta categorización se puede afinar para reflejar aspectos mas específicos respecto de la biotecnología agropecuaria, a partir de dos criterios adicionales (i) la naturaleza de las capacidades existentes en cuanto al nivel que incorporan las nuevas tecnologías, tomando como indicador el número de aplicaciones reportadas en la encuesta desarrollada por el proyecto, y (ii) cuanto ha avanzado el país en la aplicación de esas capacidades en términos del desarrollo y comercialización de los productos de la biotecnología, tomando como indicador la experiencia que se ha desarrollado en lo que hace al desarrollo y aplicación de las normas de bioseguridad en relación a los OVMs.

4.5 Sobre la base de los criterios mencionados se pueden delinear cuatro grandes categorías en relación a la dimensión de las capacidades científico – tecnológicas:

- (a) Importadores no selectivos de tecnología. Países sin capital institucional acumulado, donde la difusión de las nuevas tecnologías – convencionales y/o biotecnológicas – ocurre a partir de procesos espontáneos o iniciativas individuales, fuera de cualquier marco institucional.
- (b) Importadores selectivos de tecnología. Países que (i) cuentan con una infraestructura en el campo de la investigación agrícola; (ii) tienen algunas capacidades locales de mejoramiento en el campo vegetal e introducen nuevas variedades a través de la importación y el testeo adaptativo a nivel local; (iii) mayormente con el apoyo de donantes externos, han iniciado un proceso de desarrollo de capacidades en el área de la biotecnología, ya sea en términos de la incorporación de aplicaciones de tipo tradicional (por ejemplo, cultivo de tejidos), programas de capacitación de recursos humanos, e incluso actividades tendientes a la implementación de una estrategia nacional para el desarrollo del sector; y (iv) tienen tanto marcos regulatorios en el área de bioseguridad y propiedad intelectual, pero carecen de experiencia en cuanto a su aplicación.
- (c) Usuarios de herramientas tecnológicas. Este grupo incluye países con instituciones establecidas y sistemas de mejoramiento consolidados, que tiene un ritmo más o menos permanente de liberaciones de nuevas variedades a partir de sus propios desarrollos y usan herramientas biotecnológicas en sus actividades. El uso de estas últimas técnicas abarca un amplio espectro desde el cultivos de tejidos y células, hasta el mejoramiento asistido por marcadores y la transformación genética, aunque estos últimos solo en casos particulares relacionados mayormente a cultivos de plantación y exportación que cuentan con sistemas específicos de apoyo tecnológico. En estos casos los sistemas de investigación agropecuaria tienen un alto pero dispar grado de desarrollo. Los países en esta categoría tienen alguna experiencia en el manejo de OVM, incluso a nivel liberaciones al ambiente de este tipo de cultivos.
- (d) Innovadores. Los países en esta categoría cuentan con sistemas de I&D de amplia cobertura y desarrollan actividades desde la investigación básica – incluyendo el desarrollo de nuevas técnicas – hasta el desarrollo de productos específicos, cubriendo un amplio espectro de cultivos y especies (por ejemplo, el desarrollo de marcadores moleculares para la transformación de cultivos, estudios de genómica, etc.). Sus sistemas de ciencia y tecnología pueden desarrollar investigaciones de frontera y tienen establecidos los canales de interacción con los sectores productivos para mantener una vinculación continua con los mercados de insumos y productos. Generalmente estos sistemas muestran también vínculos bien establecidos con centros de excelencia e instituciones de investigación avanzada de los países desarrollados, los que frecuentemente están materializados en proyectos de trabajo conjuntos.

El tamaño de los mercados tecnológicos

4.6 El segundo componente de lo que podría ser la matriz de estrategias alternativas en cuanto a las opciones para el desarrollo de la biotecnología en un país específico, lo constituye, como se menciona arriba, el tamaño actual, o potencial, de los mercados hacia los cuales se pueden dirigir las inversiones en el desarrollo de nuevas tecnologías. Si bien es cierto que con las tendencias actuales a la globalización del comercio, los mercados locales tenderán, inevitablemente a tener un peso cada vez menor como determinantes de la rentabilidad potencial de las inversiones en tecnología, lo cierto es que por ahora y salvo para algunos commodities, los mercados locales parecen ser los factores determinantes, particularmente en lo que hace a los productos de la biotecnología. En el caso de los OVMs, las complejidades regulatorias hacen que esto sea así, particularmente en las aplicaciones vinculadas a la producción de alimentos; en otros sectores del mercado, como podrían ser los diagnósticos, todavía no se puede hablar de la existencia de mercados “globales”, aunque poco a poco comienzan a existir desarrollos en esta dirección. En vistas de esta situación, parecería que por ahora y a los efectos de la identificación de las opciones estratégicas abierta a los distintos países, indicadores vinculados al tamaño de las potenciales áreas de difusión de las tecnologías en los propios países, parecen los indicadores más apropiados para este análisis. En este sentido, se proponen dos medidas, que si bien en alguna forma están relacionadas, cuando se toman en conjunto proveen una buena medida del tamaño “real” de los mercados para este tipo de tecnologías. El primer indicador es el de la disponibilidad de tierra arable, la cual provee un indicador del “techo” de difusión al que se puede llegar. Para ello se propone utilizar la disponibilidad de tierra arable y bajo cultivos permanentes, según los datos de FAOSTAT, complementando esta medida con información sobre el mercado doméstico de semillas, como un indicador de la institucionalidad efectiva del sector agropecuario en particular para absorber tecnologías. Desafortunadamente esta última información está disponible solo para un pequeño número de países por lo que su valor a la hora del análisis es muy relativo.

Opciones de política

4.7 El cuadro 23 presenta un marco de posibles “situaciones políticas” usando las categorías de capacidades discutidas en las dos secciones anteriores y el tamaño potencial de mercado de acuerdo con el área de difusión de productos biotecnológicos. En la tabla, las celdas sombreadas representan situaciones iniciales o de muy difícil ocurrencia. Las flechas indican el desarrollo que resultaría de la aplicación de políticas activas, en un país determinado, para extender el uso de la biotecnología en la I&D agropecuaria. El énfasis está puesto en un “mayor desarrollo”, en el que los sistemas de investigación pasen de un nivel a otro, por ejemplo de utilizar marcadores moleculares en el mejoramiento vegetal a una situación donde se desarrollen nuevos marcadores o se identifiquen nuevos genes. Estos desarrollos son representados en la tabla por las flechas con líneas continuas y pasan de una celda a otra. De la misma manera, estos desarrollos pueden producirse en el interior de las celdas, es decir, sin pasar de una situación a otra, por ejemplo, fortaleciendo o expandiendo una capacidad existente (aumentando la cobertura de un cultivo o la escala de operaciones de una tecnología dada, etc.), estos desarrollos son representados en el cuadro por las flechas discontinuas y pueden ocurrir en todas las situaciones (celdas). En los siguientes párrafos, se analizan las principales “situaciones de políticas”, destacando las opciones e instrumentos relevantes para cada caso en particular. Para simplificar, las opciones son sintetizadas en tres situaciones

principales, con el caso intermedios subdividido de acuerdo al tamaño potencial del sector agropecuario de los países (tabla 3).¹³

4.8 Desarrollando el marco para un mayor uso de productos biotecnológicos: (❶) esta situación corresponde a la posición mas baja de la escala, incluye a los países que tienen instituciones con capacidades débiles para el mejoramiento de cultivos, las cuales se encuentran relativamente aisladas de los mercados de insumos. Las celdas relevantes son aquellas donde los mercados son “pequeños” o “intermedios”. Pues, resulta muy difícil que existan situaciones de debilidad institucional, como condición inicial, frente a “grandes mercados”. Las políticas relevantes en estas situaciones están dirigidas a desarrollar las capacidades de mejoramiento tradicional, un nivel básico de bioseguridad y propiedad intelectual, y un sistema de distribución público y privado.

4.9 Los dos factores limitantes que necesitan especial consideración para la implementación de políticas en estos casos son: (i) la dificultad de asegurar un nivel sustentable de inversión en los procesos de investigación agrícola; y (ii) las debilidades estructurales de las instituciones reguladoras que están reflejadas en las posibilidades efectivas de implementar medidas de bioseguridad y propiedad intelectual.

Cuadro 23. Situaciones políticas para mejorar el uso de la biotecnología en países en desarrollo

	"Mercado Pequeño" ¹	"Mercados Intermedios" ²	"Mercados Grandes" ³
Importadores no selectivos de tecnología	❶	❶	
Importadores selectivos de tecnología	❷	❸	❹
Aprovechadores de herramientas	❷	❸	❺
Innovadores			❺

1. Sector agropecuario orientado mayormente al mercado interno, no existe ningún sector de tamaño suficiente para mantener de manera sostenible un programa de mejoramiento. Sistemas de semillas de escaso desarrollo y basados en la importación.
2. Sector agropecuario orientado mayormente al mercado interno, pero con subsectores (básicamente de en cultivos de exportación) con tamaño suficiente para hacer sostenible un programa de mejoramiento. Existe un mercado de semillas, con participación del sector público y el sector privado en algunos cultivos.

¹³ Como una regla general, las políticas para cada nuevo caso son “acumulativas”, es decir, cada “nueva” situación es construida en el pasado y cuenta con desarrollo complejo de cuestiones a ser confrontadas.

3. Sector agropecuario grande y diversificado. Mercados de semillas bien organizados, con la participación del sector público y el privado (nacional y multinacional).

4.10 Mejorando la eficiencia y los productos de la investigación agrícola, a través del incremento el uso de herramientas biotecnológicas (②mercados pequeños, ③mercados intermedios, y ④grandes mercados). Esta situación atraviesa todos los tamaños de los mercados y es, probablemente, la de ocurrencia más frecuente. La característica básica en estos casos es la posibilidad de explotar la potencial obtención de los beneficios de las tecnologías existentes e incluye aquellos países que cuentan con programas de mejoramiento de cultivos, como así también niveles básicos de bioseguridad y legislación sobre propiedad intelectual. Todo lo cual define la situación de un “usuario de herramientas”, donde las técnicas biotecnológicas y los productos se encuentran actualmente en uso, por ejemplo, en laboratorios de cultivos de tejidos e industrias del sector. En los casos más avanzados, cultivos OVM no desarrollados en el país ya han sido incorporados al germoplasma comercial local y pueden estar en el estado de liberación a campo.

Cuadro 24. Síntesis de objetivos y herramientas para cada “situación de políticas”

Estatus de la política	Principales orientaciones de política
<p>Desarrollando el marco para un mayor uso de productos biotecnológicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar las instituciones de transferencia tecnológica y de investigación adaptativa en agronomía y mejoramiento vegetal, con el objeto de desarrollar las capacidades convencionales (Mejora del sistema de transferencia tecnológica). • Establecimiento de un sistema regulatorio que facilite el acceso a los productos biotecnológicos (mediante la creación y aplicación de sistemas de bioseguridad, propiedad intelectual y un sistema de semillas que considere la información generada en aprobaciones realizadas en otros países. • Implementación de políticas de información a la población sobre los productos biotecnológicos, mas precisamente los transgénicos sin su etiquetado. • Aplicación de políticas de promoción a la entrada de recursos externos para el desarrollo del mercado biotecnológico.
<p>Mejorando la eficiencia y los productos de la investigación agrícola, a través del incremento el uso de herramientas biotecnológicas¹⁴</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar las instituciones nacionales de transferencia tecnológica e I&D agropecuaria. • Promoción de una legislación de protección de patentes amplia y leyes de mejoramiento vegetal (PBR) bajo UPOV 1991 • Promoción de sistemas de evaluaciones fuertemente basados en información generada en aprobaciones realizadas en otros países. • Inversión de recursos públicos (propios) y de donantes en la transformación de cultivos. • Creación de mecanismos para facilitar la asociación público-privada en proyectos de investigación biotecnológica (entre instituciones nacionales e internacionales). Por ejemplo, financiando proyectos de investigación en el sector privado (cofinanciamiento, subsidios, créditos impositivos para la I&D, etc.). • Aplicación de campañas de información a la población sobre las características de los productos transgénicos, sin su etiquetado.
<p>Consolidando y aprovechando el desarrollo de innovaciones basadas en las innovaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar y promover la investigación básica y estratégica dirigida a mejorar la eficiencia y el estado de los desarrollos tecnológicos, promocionando proyectos genómicos multinstitucionales en cultivos clave y aplicando medidas de política explícitas para facilitar la participación del sector privado en I&D, la creación de empresas de base tecnológica (subsidiros- incubadoras) y la articulación entre las institución de I&D y la transferencia de tecnología en el área de la biotecnología, que pueden involucrar OVMs, con una activa participación de las instituciones públicas en los mismos. • Consolidar el ambiente de inversión, incluyendo inversión directa, bioseguridad y propiedad intelectual, desarrollando mecanismos fuertes de propiedad intelectual (Aplicación de una legislación de protección de patentes que considere el patentamiento de genes y de leyes de mejoramiento vegetal [PBR] bajo UPOV 1991) e implementando sistemas de evaluación de la bioseguridad que estén fuertemente basados en aprobaciones realizadas en otros países. • Aplicar políticas tendientes a mantener informada a la población sobre las características y los avances en la producción de OGM.

¹⁴ Las políticas propuestas para este escenario estarían diferenciadas de las orientadas para aquellos países con mercados “pequeños” o “intermedios” (que tendrían por finalidad crear el ambiente para el potencial acceso de beneficios incluidos en inversiones en I&D) de las orientadas a países con “grandes mercados” que tendrían por finalidad crear y fortalecer las capacidades para la explotación de la tecnología incorporadas en plantas y animales. Esta diferenciación, impactaría solo en la profundidad de las políticas y no en las características esenciales de las mismas debido a que el escenario general es similar.

4.11 En este escenario, la aplicación de políticas tendentes a desarrollar el tamaño del mercado resulta de significativa importancia. En la mayoría de las situaciones el foco está tanto en el crecimiento como en las capacidades de explotar las tecnologías tales como los marcadores moleculares y la transformación genética en su interfase con los insumos y productos de mercado. En este contexto, los aspectos que deben ser considerados incluyen, entre otros, los siguientes:

- La definición de estrategias nacionales para guiar la inversión pública y de donantes.
- Mecanismos para promover la participación del sector privado como proveedor de servicios de investigación, tecnologías y productos.
- El desarrollo de mecanismos organizacionales y de manejo que faciliten la colaboración interinstitucional, tanto entre las instituciones del sector público como para la articulación público-privada.
- La institucionalización en la gestión de la propiedad intelectual tanto en el nivel de investigación como en el de producto, incluyendo el registro de variedades y los sistemas de calidad de semillas.
- El fortalecimiento de la legislación y las capacidades en bioseguridad y la generación de interconexiones entre el ámbito científico y la información técnica.
- El desarrollo de sistemas de segregación de OGMs y productos convencionales (etiquetado y requerimientos de infraestructura).

4.12 En el caso de los mercados “pequeños” e “intermedios” (② y ③), las políticas serán muy sensibles a las economías de escala y la necesidad de focalizar el área de aplicación de las nuevas tecnologías, al igual que la reducción en el costo del desarrollo de productos. Acuerdos de investigación colaborativa, bioseguridad regional y propiedad intelectual y la producción de semillas OVM pueden comenzar siendo elementos relevantes, dependiendo de ciertas consideraciones geopolíticas tales como la consolidación de la integración regional o los acuerdos de mercado (por ejemplo, MERCOSUR, el Pacto Andino, la Comunidad Americana Central en América Latina y el Caribe).

4.13 En el escenario④, la magnitud del área de difusión de las nuevas tecnologías implicaría la ausencia de restricciones, inversión y herramientas dirigidas a movilizar recursos, tanto del sector público como privado con el objeto de explotar las economías de escala y de tamaño. Los países con mercados pequeños o intermedios también pueden comenzar unos procesos innovativo, y, consecuentemente, sus políticas estratégicas pueden también considerar variables de mercado relacionadas con la agricultura, e incluir estos lineamientos en la exportación de actividades. Además, las políticas orientadas a generar un ambiente atractivo para las inversiones, en general, y las inversiones extranjeras, en particular, son instrumentos críticos para asegurar condiciones de rentabilidad y lograr así una rápida transferencia de tecnologías relevantes a los países con características agroecológicas específicas.

4.14 Consolidando y aprovechando el desarrollo de innovaciones basadas en la biotecnología (5). Estos casos incluyen países que cuentan con grandes mercados potenciales y una probada tradición en investigación agropecuaria, con un diversificado sistema de Ciencia y Técnica, y con significativas capacidades en investigación biológica básica y aplicada. Dos tipos de políticas son relevantes en esta situación. Una, relacionada con la movilización de recursos y herramientas para incentivar la eficiencia de las articulaciones interinstitucionales público-privadas, al igual que la I&D privada. Otra, relacionada con mejorar el ambiente para la inversión, en general, y la inversión extranjera directa, en particular.

Aplicación de la propuesta de análisis a los países de América Latina

4.15 El lugar para un país dado en las “situaciones políticas” descritas anteriormente, requiere de información específica sobre el sistema de ciencia y técnica en particular, de otras capacidades institucionales, y de la estructura y dimensiones del sector agrícola nacional. Parte importante de esta información ha sido presentada en el capítulo anterior, recopilada en las encuestas y obtenida de fuentes secundarias. Los indicadores utilizados para la aplicación de esta tipología son:

- El estatus de los programas de mejoramiento de cultivos. Este indicador se define a partir de la propuesta de Traxler y Byerlee (1995), basada en las capacidades de mejoramiento en trigo y arroz, ajustados según la información presentada por Traxler (2008) acerca del origen y estado de los sistemas de mejoramiento y de las inversiones en mejoramiento vegetal realizadas en los países de Latinoamérica, y la información incluida en los cuadros 15, 16 y 17 del capítulo anterior.¹⁵ A partir de esta información se proponen dos niveles de desarrollo. Un nivel (xx) corresponde a los países con programas de mejoramiento que cuentan con experiencia en la liberación de variedades de sus propios cruzamientos (estados 2 y 3 en la clasificación original de Traxler-Byerlee), el segundo nivel (x) incluye las capacidades de testar las variedades importadas (estado 1 en la clasificación de Traxler-Byerlee). Aquellos países donde los cultivos de trigo y arroz no son importantes, se utiliza un indicador adicional basado en los programas de mejoramiento en maíz. En estos casos, los países donde más del 50% de las variedades liberadas son resultantes de cruzamientos propios son clasificados con (xx) y las restantes con (x). Finalmente, y como un chequeo de referencia se utilizó también la categorización de sistemas de semillas realizada por Trigo y Piñeiro (2004).
- Nivel de capacidades actuales en biotecnología. Este es valorado a través de un juicio subjetivo sobre la base de la existencia en los países de diferentes

¹⁵ Los autores identifican tres categorías principales. Estado 1: son aquellos que no tienen programas de cruzamiento, pero testean la importación de variedades mejoradas como bases para la identificación y liberación de materiales útiles en sus ambientes; Estado 2, cuentan con programas de cruzamiento operativo con una continuada experiencia en la liberación de variedades, finalmente en el Estado 3, incluye instituciones de transferencia tecnológica con investigaciones de pre-mejoramiento que desarrollan una significativa cantidad de materiales progenitores de sus programas de entrecruzamiento.

recursos, considerando esencialmente la información consignada en los cuadros incluidos en la sección 3.2. del capítulo anterior (principalmente los cuadros 10, 11 y 12). A éstos, se les a asignado valores x, xx y xxx dependiendo de que cuenten con capacidades incipientes en biotecnología (como por ejemplo el cultivo de tejidos), una mayor diversificación de técnicas (un rango mas amplio en la utilización que incluya, por ejemplo, marcadores moleculares, etc.) y, finalmente, la capacidad de tomar investigación básica para desarrollar innovaciones biotecnológicas (proteómica, genómica, metodologías, sistemas de marcadores, etc.), respectivamente. El número de Citas bibliográficas en el “CAB Biological Abstract” (2006) en referencia a estas capacidades es utilizado como indicador complementario de los países particularmente fuertes en el área de la biotecnología.

- Experiencia en mercados biotecnológicos agropecuarios. Esto es valorado en base a la cantidad de variedades transgénicas liberadas a campo y la magnitud transgénicos a liberación comercial. Además de la consulta a información secundaria, se ha tenido en cuenta para el análisis de este indicador la información proporcionada en los cuadros 6, 7 y 22 del apartado anterior.

4.16 Para dimensionar el tamaño del mercado, proponemos el uso del área de difusión potencial de las tecnologías medidas en términos del total del área cultivable y del área de cultivos permanentes. Los países con mas de 10 millones de has. entran en la categoría de “grandes mercados”, los países con entre 3 y 10 millones de has. constituyen los países con mercados “intermedios”, aquellos con menos de 3 millones de has. son considerados “pequeños mercados”. La dimensión del mercado de semillas podría ser usado también como información complementaria en el total de la superficie cultivada, pero este valor presenta la limitación de estar disponible sólo para una pequeña cantidad de países.

Cuadro 25. Resumen de indicadores para la determinación de la situación de los países de AL y la posible evolución de sus sectores de biotecnología agropecuaria

Países	Mejoramiento de cultivos	Capacidades en biotecnología			Tamaño del mercado		Recursos humanos (investigadores en biotecnología por millón de hab.)	Índice de Logro Tecnológico	
		Nivel de capacidad	Citas bibliográficas (CAB Biological Abstract, 2006)	Ensayos de campo (OGM)	Variedades liberadas comercialmente (OGM)	Superficie cultivable			Mercado interno de semillas
Brasil	xx	xxx	7587	667	2	L	1500	2.17	0,311
Argentina	xx	xx	609	883	10	L	930	1.52	0,381
México	xx	xx	546	284	4	L	350	7.74	0,389
Colombia	xx	xx	432	22	3	M	40	5.32	0,274
Chile	xx	xx	298	-	-	S	120	12.71	0,357
R. B. Venezuela	xx	xx	369	-	-	M	n.a.	1.30	s.d.
Costa Rica	xx	xx	68	-	-	S	n.a.	24.25	0,358
Uruguay	xx	xx	41	4	5	S	70	37.17	0,343
Perú	xx	x	24	-	-	M	30	6.64	0,271
Paraguay	x	x	-	¿?	1	M	70	0.77	0,254
Bolivia	x	x	15	-	-	M	35	7.67	0,277
Guatemala	x	x	4	3	-	S	n.a.	3.71	s.d.
Rep. Dominicana	x	x	0	-	-	S	7	4.56	0,244
Ecuador	x	x	0	-	-	S	12	3.43	0,253
El Salvador	x	x	0	-	-	S	n.a.	0.14	0,253
Honduras	x	x	0	4	1	S	n.a.	0.29	0,208
Nicaragua	x	x	1	-	-	S	n.a.	3.60	0,185
Panamá	x	x	0	-	-	S	n.a.	6.67	0,321

Notas: a) Fuente es elaboración propia de los autores con la excepción de los ensayos de campo en Uruguay que es basada en fuentes calificadas. b) No existen registros acerca de si los eventos que actualmente se utilizan en Paraguay se evaluaron independientemente, o se adopto como válida la evaluación de los países de origen de la tecnología, por lo tanto se desconoce el número de ensayos de campo en Paraguay. Elaboración propia de los autores.

4.17 Tomando como base la información presentada en el Cuadro 25, los países de la región se distribuirían según las distintas situaciones de política tal se presenta en el Cuadro 26. Como toda clasificación de este tipo, y dado el tipo de indicadores que se utilizan, tiene cierto grado de subjetividad, particularmente respecto de situación que está en “transición”. En este sentido es de remarcar que algunos países, si bien se ubican en la misma celda, su situación debe ser diferenciada del resto. Tal es el caso, de situaciones como la de Brasil, la que probablemente representa el país mas cercano de la región a ubicarse en la celda correspondiente a los “innovadores”, o países como Costa Rica y Uruguay, que muy probablemente podrían también se categorizados, como aprovechadores de herramientas, si uno toma en cuenta indicadores como el índice de logro tecnológico, o las citas bibliográficas y los ajusta por el peso negativo que puede tener en estos casos el tema del reducido tamaño de sus mercados (una variable directamente dependiente de su dimensión territorial).

Cuadro 26. Situaciones de políticas prevalecientes en los países de América Latina con relación a la biotecnología agropecuaria

	"Mercado Pequeño" ¹	"Mercados Intermedios" ²	"Mercados Grandes" ³
Importadores no selectivos de tecnología	Rca. Dominicana, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Guatemala, Panamá	Bolivia, Ecuador	
Importadores selectivos de tecnología	Costa Rica, Uruguay	Paraguay, Perú	Venezuela
Aprovechadores de herramientas		Colombia, Chile	Brasil, México, Argentina
Innovadores			

Fuente. Elaboración de los autores en base a la información presentada en el Cuadro 25.

5. LOS MARCOS INSTITUCIONALES Y DE POLÍTICAS PARA EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN AMÉRICA LATINA: LAS DIMENSIONES DE UN SISTEMA EN TRANSICIÓN

5.1 En las secciones anteriores se ha realizado un diagnóstico cuantitativo de las características de la biotecnología en diferentes aspectos de la biotecnología en los países de América Latina y el Caribe. Dicho análisis concluyó con una sistematización de la información recopilada presentando diferentes escenarios de “situaciones políticas” para cada uno de los países. Finalmente, se plantean las principales políticas a implementar con el objetivo de desarrollar (o comenzar a hacerlo) las capacidades biotecnológicas nacionales.

5.2 Si bien los escenarios sociales en general, y políticos en particular, se encuentran inmersos en una pluralidad de factores consideramos que las áreas neurálgicas para el desarrollo de la biotecnología están esencialmente abarcadas en seis áreas de política. Estas son: (i) las políticas de investigación e inversión pública; (ii) los mecanismos para la articulación científico-tecnológica; (iii) los sistemas de propiedad intelectual; (iv) los sistemas de bioseguridad; (v) la inocuidad alimentaria y la protección de los consumidores; y (vi) la transferencia tecnológica y el sector privado. En efecto, sobre la base de estas cuestiones han sido planteadas las políticas a implementar en cada uno de las situaciones de política sobre las que se profundizó en el capítulo anterior.

5.3 En los apartados siguientes, se resume como han evolucionado las políticas y marcos institucionales vinculados a las seis áreas de política mencionadas, tratando de aportar a la construcción de un mapa de las condiciones instituciones existentes para el desarrollo y aplicación de la biotecnología agropecuaria en los países de la región. El objetivo último de este análisis es contrastar las políticas aplicadas en los países de América Latina con los escenarios y las políticas propuestas en el apartado anterior, a los efectos de profundizar sobre las concordancias y las contradicciones en política biotecnológica en los países en particular y en la región en general.

5.4 A los efectos de sistematizar las políticas aplicadas en cada país, éstas han sido agrupadas según sean: promocionales, neutras y preventivas, dependiendo el grado de tratamiento explícito de los distintos temas y la naturaleza de los instrumentos utilizados. Como base para este análisis se han utilizados los informes realizados en el marco del proyecto (que aportaron información cualitativa sobre las características de las inversiones y las fuentes de financiamiento), los resultados de las encuestas efectuadas en el marco del mismo proyectos – y que ya han sido presentados en el apartado, 4.4. – y otras fuentes de información secundaria (publicaciones, informes, etc.).

Políticas de investigación e inversión pública

5.5 De acuerdo con el nivel de inversión pública vinculada al desarrollo de productos agrobiotecnológicos se reconoce la existencia *promocionales* en la medida en que existe una decisión explícita de destinar recursos en las investigaciones vinculadas a los desarrollos

biotecnológicos en general y de OGMs en particular. En el grupo de políticas *neutras* se incluyen todas aquellas acciones que si bien implican la asignación de recursos para el desarrollo agrobiotecnológico están asociadas con la adaptación de innovaciones extranjeras a las características de cultivo local, o no destinan fondos públicos al desarrollo de innovaciones agrobiotecnológicas pero tampoco impiden que las mismas sean desarrolladas en el territorio nacional. Las políticas *preventivas*, en cambio, limitan mediante herramientas explícitas de política la asignación de recursos para el desarrollo y adaptación de innovaciones agrobiotecnológicas (Ver cuadro 27).

Cuadro 27. Políticas de inversión en investigación para los cultivos GM

Políticas promocionales	Políticas Neutras	Políticas preventivas
Se invierten recursos públicos (propios) y de donantes en la transformación de cultivos.	No se utilizan fondos públicos para financiar proyectos biotecnológicos pero no se ha hecho explícita una manifestación en contra de estas tecnologías. Se permite la inversión de donantes en la transformación de cultivos.	No se invierten recursos públicos ni se permite la inversión de donantes en los procesos de transformación de cultivos.

Fuente: elaboración propia.

5.6 Como se observa en el cuadro 28, Argentina, Uruguay, Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, México, Paraguay y Venezuela presentan políticas esencialmente promocionales, esto es así por existencia de asignaciones específicas de fondos públicos para el desarrollo de la biotecnología, mas precisamente OGM, y la promoción de estas actividades en los sistemas nacionales de innovación (SNI). Estos países presentan, con diferentes niveles de desarrollo, estructuras institucionales públicas para el financiamiento de investigaciones en biotecnología, que por cierto, incluye componentes determinados para el sector agropecuario.

5.7 Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá y Perú; en cambio, fueron consideradas dentro del espacio de las políticas neutras, debido a que si bien en algunos casos el gobierno financia investigaciones en esta área y permite su financiamiento externo, no cuentan con estructuras tan consolidadas como las de Argentina y Uruguay. Un aspecto tenido en cuenta en esta clasificación, para México, Brasil, Colombia y Paraguay es la liberación comercial de OGM, pues este dato permite estimar que parte de los fondos destinados al desarrollo de productos biotecnológicos tendrían como finalidad la adaptación de variedades extranjeras al ambiente local. En este grupo, también se identifican casos en los que algunos países cuentan con estructuras de financiamiento para el desarrollo de innovaciones pero con una marcada debilidad en tanto las estructuras públicas de financiamiento, o aún peor, directamente sin programas específicos de financiamiento para el desarrollo o adaptación de productos biotecnológicos.

5.8 Finalmente, se destaca que no se ha encontrado ningún país que restrinja o prohíba el financiamiento de investigaciones biotecnológicas, al menos explícitamente. Más allá de las limitaciones propias de los SNI de cada país, esta particularidad resulta positiva en tanto el futuro desarrollo e inclusión de estas innovaciones en los ámbitos nacionales.

5.9 Otra cuestión a marcar del escenario regional es la existencia de un grupo importante de países en los que se identifican políticas promocionales, las cuales estarían directamente asociadas con las posibilidades de uso de estas tecnologías por el sistema productivo local. Este aspecto resulta interesante destacar, debido a que un aumento de los recursos y un fortalecimiento de la estructura local permitiría avanzar en la obtención de los beneficios que ha reportado la biotecnología a partir de la adaptación de variedades extranjeras.

Cuadro 28. Políticas de la investigación pública respecto de las aplicaciones biotecnológicas

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Argentina	Parte de los fondos públicos para las actividades de ciencia, tecnología e innovación son canalizados mediante la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). En biotecnología agrícola la principal institución es el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria –INTA-, que trabaja con OGM.	Promocionales
Bolivia	Programa de Servicios Agropecuarios –PSA-. Financiado a través del BID, ha solventado el desarrollo de laboratorios biotecnológicos en numerosas instituciones públicas. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2004-2009, el cual cuenta con un programa de biotecnología dentro de los programas nacionales.	Neutras
Brasil	El Consejo Nacional de Investigaciones-CNPq- cuenta con un Programa Biotecnológico de Apoyo a la competitividad Internacional de la Agricultura–BIOEX, EMBRAPA cuenta con el programa de Desarrollo de la Investigación Básica en Biotecnología, existen también los fondos sectoriales que destinan recursos al desarrollo de la biotecnología en el país y parques tecnológicos dedicados al desarrollo de productos biotecnológicos. El país destina fondos públicos para la transformación de cultivos.	Promocionales
Chile	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico –FONDEF- (CONICYT); Fondo de Desarrollo e Innovación –FDI- (CORFO); Fundación para la Innovación Agraria –FIA- (Ministerio de Agricultura). Consorcios de Desarrollo Biotecnológico. Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo, FONTEC y Fondos de Desarrollo Institucional –FDI- Corporación de Fomento de la Producción, Fundación para la Innovación Agraria –FIA- (Ministerio de Agricultura).	Promocionales
Colombia	El programa Nacional de Biotecnología (de COLCIENCIAS), financia centros de investigación tanto públicos como privados (entre 1991 y 2001 dedicó un total de C\$7595 millones). Específicamente en el sector agrícola, cabe destacar el accionar del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como una de las principales instituciones que trabajan en la transformación de cultivos. Universidades públicas y privadas (U. Nacional, U. de Antioquia, U. industrial de Santander, U. Javeriana y U. de los Andes) <u>corporaciones de investigación pública (Corpoica)</u>	Promocionales
Costa Rica	Programa Nacional de Biotecnología del Ministerio de Ciencia y Tecnología y la Universidad de Costa Rica.	Promocionales
Ecuador	La principal fuente de financiamiento de la investigación en biotecnología proviene de Organismos Internacionales y recursos propios. No se reconocen fondos específicos para el desarrollo de OGMs.	Neutras
El Salvador	Existen algunos programas de financiamiento o apoyo para proyectos en el sector agropecuario, aunque ninguno está enfocado a biotecnología agrícola	Neutras
Guatemala	En Guatemala existen 107 proyectos vinculados con la biotecnología, la mayoría es financiada por Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) a través de fondos del BID.	Neutras
Honduras	No existen programas específicos de investigación en biotecnología	Neutras

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Cuadro 28 (cont.). Políticas de la investigación pública respecto a los OGMs

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
México	La mayor parte de investigación biotecnológica en México es financiada por fondos públicos administrados por el CONACYT (Fondos institucionales, fondos sectoriales y fondos mixtos). Los centros que tienen mayor proyección internacional han sido muy exitosos en captar recursos de fundaciones privadas internacionales a través de contratos y convenios.	Promocionales
Nicaragua	El financiamiento es muy escaso y la principal fuente de recursos es el gobierno, aunque se captan recursos complementarios por venta de servicios y alianzas y financiamiento de organismos internacionales.	Neutras
Panamá	No existen fuentes de financiamiento específicas para el desarrollo de la biotecnología en el país. Si para el desarrollo de la I&D, entre los que se encuentran: fondos para el fomento de I+D, fondos sectoriales, fondo para la investigación y desarrollo científico y fondo de Cooperación Internacional.	Neutras
Paraguay	Los recursos que se destinan a la investigación y desarrollo en el área de la biotecnología son escasos y con tendencias decrecientes, y, aún cuando existen algunos esfuerzos de I&D, principalmente concentrados en el Ministerio de Agricultura y sus Centros de Investigación (IAN y CRIA), y la Universidad Nacional de Asunción, estos son puntuales y sin mayor vinculación con los sectores productivos. Cabe destacar la creación del Instituto para la Incorporación de Biotecnología (INBIO), el cual administrará los recursos provenientes del pago de regalías por el uso de la soja tolerante a herbicidas y su exportación, que puede colaborar a revertir la situación financiera de la biotecnología en el país.	Promocionales
Perú	La participación pública en la investigación biotecnológica es escasa, al igual que de otras fuentes de financiamiento. Esta situación debe cambiar pronto al entrar en operación los nuevos fondos concursables de I+D e innovación abiertos para proyectos de institutos, universidades y empresas (Programa BID y Fondos del MEF), y donde la biotecnología tendrá un importante lugar.	Neutras
Uruguay	Existe una activa participación del gobierno en el financiamiento de la I&D biotecnológica. Además, el BID y otros organismos internacionales (FAO, JICA, SAREC, etc.) han tenido una importante participación en el financiamiento de actividades biotecnológicas.	Promocionales
Venezuela, R.B.	Las fuentes de financiamiento de la biotecnología agrícola son variadas. El Estado Venezolano es el principal promotor y financista. Además, existen diferentes programas de cooperación tanto públicos como privados, nacionales e internacionales, que apoyan la creación de recursos humanos, de investigación y desarrollo y de aplicación de la Biotecnología y Bioseguridad.	Promocionales

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Mecanismos para la articulación científico-tecnológica

5.10 Como se ha indicado arriba, el desarrollo de la biotecnología responde a un proceso mucho más “horizontal” que los esfuerzos convencionales. El descubrimiento del ADN^r y los principios de la ingeniería genética se desarrollan en el marco de una estrecha interacción entre un número de disciplinas científicas básicas (biología, genética, química y bioquímica, psicología, etc.) y son de aplicación en un amplio rango de áreas dentro de la salud, el medio ambiente, la industria manufacturera y la agricultura, entre otras. En este sentido las capacidades biotecnológicas son de naturaleza genérica y su ambiente institucional es el de una ciencia básica que, generalmente, no cuenta con líneas operativas hacia los sistemas de transferencia tecnológica agropecuaria. Es verdad que una vez que estas nuevas construcciones genéticas están disponibles para los sistemas de transferencia tecnológica con algún valor económico existe la necesidad de incorporarlo en las bases de germoplasma abiertas de variedades comerciales existentes y evaluar su producción en gran escala para adaptar el nuevo producto a las condiciones ecológicas locales y a las prácticas culturales. Los productores no los aceptaran a menos que estén incluidos en una plataforma genética con un nivel de producción y productividad aceptable. Pero el desarrollo de innovaciones *per se* (el descubrimiento de nuevo genes, marcadores, funciones, etc.) no necesita estar formalmente integrado en las actividades de desarrollos tecnológico aguas abajo. Lo relevante, sin embargo, es que existe la necesidad de crear condiciones e iniciativas para que las instituciones de investigación y las diferentes capacidades disciplinarias interactúen (como por ejemplo, biólogos, científicos agropecuarios, eventualmente especialistas informáticos, etc.), de una manera mucho más formal y deliberada. Otra manifestación de esta característica y necesidad es la importancia que ha cobrado el proyecto como instrumento operativo, y un ejemplo claro de esto es como se han manejado las iniciativas en el área de la genómica y cómo la mayoría de los continuos esfuerzos de envergadura realizados por un gran número de instituciones, por lo general involucra diferentes países¹⁶.

5.11 Entre los países de la región un número importante, que incluye a Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Perú, Paraguay, Uruguay y Venezuela tienen políticas más o menos explícitas en cuanto al desarrollo de vinculaciones inter-institucionales por parte de sus instituciones de investigación. Por lo general, estas políticas son de tipo general para todo el sector científico y tecnológico, pero en algunos casos donde existen documentos formales de políticas para el sector de la biotecnología –Argentina, Brasil, Chile, entre otros – la vinculación inter-institucional dentro del país y con centros de excelencia internacionales, se plantea como una de las estrategias a seguir para el desarrollo del sector. Igualmente en casi todos los países mencionados existen instrumentos de financiamiento público que toman la modalidad de consorcios inter-institucionales – públicos y privados – como uno de sus ejes de trabajo; la mayoría de estos mecanismos están apoyados por proyectos con financiamiento externo proveniente del Banco Mundial o el BID. La importancia de estos mecanismos, se refleja claramente en el alto número de articulaciones institucionales que se reportan en los países analizados (ver cuadro 29), de donde surge claramente,

¹⁶ El Proyecto Internacional de Secuenciación del Genoma de Arroz (IRGSP), aunque iniciado en Japón, involucra una compleja red de cooperación internacional entre Corea, China, Taiwán, India, Francia, Estados Unidos y Brasil (<http://www.rockfound.org>). En igual línea se encuentran los proyectos de genoma de y caña de azúcar actualmente en Brasil con el esfuerzo de 20 instituciones diferentes del sector público y privado.

que con la excepción de Brasil, los países con sistemas de investigación e innovación más avanzados, tienden a tener un mayor número de alianzas inter-institucionales.^{17 18}

5.12 La magnitud y diversidad de vinculaciones que reflejan los números del cuadro 29, permite afirmar que la región está evolucionando, en cuanto a sus mecanismos institucionales, en la dirección adecuada. Se debe resaltar, sin embargo, que lo prevaleciente aún es la vinculación desde el punto de vista de fortalecer los procesos de investigación, ya sea a través de acceder a recursos humanos, tecnologías estratégicas, o, mas frecuentemente, financiamiento, y no avanzar sobre las capacidades de transferencia de tecnología / “llegada al mercado”. En este sentido, la región aún muestra una clara debilidad.

¹⁷ Este nivel relativamente bajo de alianzas, pudiese ser explicado por el grado de madurez y la alta capacidad del sistema de investigación, y por el hecho de que, de manera creciente las alianzas en este campo incorporan cláusulas de confidencialidad que pueden ser consideradas demasiado restrictivas o poco convenientes, o, sencillamente, que la encuesta sobre la que se basan estos resultados no capturo las diferentes modalidades de alianzas innovadoras en el país, o una combinación de todas las explicaciones mencionadas.

¹⁸ Más allá de esto, muy probablemente, estas alianzas se volverán mas criticas en la medida que el sector público avance en la producción de tecnologías OVM en cultivos específicos. En este punto, la capacidad científica y de gestión para cumplimentar las normas de bioseguridad se vuelve determinante, y el establecer alianzas con los sectores mas capacitados en este tipo de actividades – incluyendo la transferencia de tecnología – puede ser el único camino para que los productos del sector público lleguen a los productores. Como facilitar esto es un tema a considerar en un futuro cercano como parte de los procesos de diseño e implementación de las políticas para el sector.

Cuadro 29. Alianzas estratégicas con instituciones de investigación avanzadas

País	Centros Internacionales		Multinacionales		Compañías Nacionales		Cooperativas		Otros		Univ. Extranjeras		Univ. Nacionales		Total		
	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	Priv.	Púb.	
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		40		12	2	15	2	23	2	51		59	4	44	10	244	254
Costa Rica		3								4		4			0	11	11
Ecuador	4	6	5	2	5	3	5	3	1			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
Total	15	156	14	38	17	96	16	95	16	143	10	189	34	185	118	983	1101

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

Políticas referidas a la propiedad intelectual

5.13 En cuanto a las cuestiones referidas a la propiedad intelectual, los criterios generales que se utilizan para clasificar las políticas implementadas, son el contenido y estado de la legislación sobre propiedad intelectual (patentes en particular) y las situación de adhesión a la UPOV (acta de 1978, o de 1991) (Ver cuadro N°30).

Cuadro 30. Lineamientos políticos posibles sobre el marco legal de la Propiedad Intelectual en los cultivos GM

Políticas promocionales	Política Neutras	Políticas preventivas
Protección de patentes amplia y leyes de mejoramiento vegetal (PBR) bajo UPOV 1991	Protección de patentes generales o restringidas y PBR bajo UPOV 1978, con la excepción del agricultor	Sin legislación de patentes, o en proceso pero no reglamentadas (o en ejercicio)

Fuente: elaboración propia.

5.14 El cuadro 31 presenta la situación dentro de los países de la región, según la información disponible. Se observa que en lo referido a la propiedad intelectual, la región en su conjunto se ubica en una situación preventiva o neutra (8 de los países aplican políticas preventivas o restrictivas y 9 presentan políticas neutras), ya que ninguno de los países latinoamericanos se encuentra adherido a UPOV 91 solo algunos han comenzado discutir los mecanismos necesarios para su incorporación (tal es el caso de Bolivia) y que en varios de los países la legislación de patentes se podría considerar como – al menos en su letra – de tipo promocional, ya que si bien son restrictivas en algunos aspectos (impedimentos al patentamiento de variedades o animales), si permiten la protección de genes y otros aspectos de importancia (tal es el caso de Argentina, Colombia, México y Uruguay).

5.15 Por su parte, Venezuela, Perú, Brasil, Chile, Costa Rica, el Salvador, Guatemala y Honduras, pueden considerarse dentro del campo de lo **preventivo**, aunque existe una marcada heterogeneidad en el carácter de “preventivo” asociado a cada uno de ellos y el nivel de “prevención” es diferente según los casos. Así por ejemplo Costa Rica, Honduras, Guatemala y el Salvador carecen de un marco regulatorio para las obtenciones vegetales y en cambio Chile y Brasil cuentan con la legislación adecuada pero la liberación comercial de variedades genéticamente modificadas encuentra serias restricciones en el marco legal y en el contexto político. Casos mas paradigmáticos, son Perú que directamente prohíbe el patentamiento de genes y no ha firmado el ACTA de la UPOV y Venezuela que tampoco ha firmado el acta y prohíbe explícitamente en la constitución del país el patentamiento de cualquier tipo de gen.

Cuadro 31. Políticas de Propiedad intelectual

<i>País</i>	<i>Síntesis descriptiva de la política implementada</i>	<i>Tipo de política</i>
Argentina	Existen dos sistemas: i) legislación de patentes; y ii) legislación de semillas y creaciones fitogenéticas (basadas en UPOV 78). Plantas, animales y procedimientos biológico-reproductivos no son patentables, pero sí los genes. Aunque, la estructura legal existe, desde el punto de vista operativo la situación es muy diferente, esencialmente como consecuencia de la falta de implementación de la ley de semillas y de cómo ha aumentado el mercado "ilegal" de semillas minando la propiedad intelectual de las innovaciones biotecnológicas.	Neutra
Bolivia	Bolivia adhiere a UPOV 1978 y esta tratando la posibilidad de incorporar los cambios de UPOV 91. Los genes no son patentables en el marco legal del país.	Neutra
Brasil	En 1996, se reconoce por ley el patentamiento de los procesos biotecnológicos, no para plantas o animales. Si bien está en funcionamiento la ley de semillas, las actuales innovaciones biotecnológicas han evolucionado quedando fuera del sistema de protección de la propiedad intelectual. En este sentido, los productores brasileños han acordado mediante un acuerdo privado con Monsanto el pago de royalties por el uso del gen RR.	Preventivas
Chile	Regulado, principalmente, por dos leyes la Ley sobre derechos de obtentores de variedades vegetales (Ley 19.342, UPOV 78) y la Ley sobre propiedad industrial (Ley 19.039). Son patentables los procesos biotecnológicos y productos que consistan en materia viva o que la contengan. La cantidad de patentamiento de productos biotecnológicos es baja.	Neutra
Colombia	Mediante Ley 243 de 1995 se establecen los derechos de obtentores vegetales y en 1996 el país se adhiere al acta de la UPOV de 1978. Los genes modificados, el ADN recombinante, el ADNc, los vectores que comprenden genes y que no existen como tales en la naturaleza y las células con genes foráneos son patentables en el país.	Neutra
Costa Rica	No forma parte de la UPOV y No existen todavía medidas específicas para la protección de los derechos de obtentor de variedades vegetales.	Preventivas
Ecuador	El país adhirió al acta de la UPOV 78. Existe una Ley de semillas pero esta se encuentra sin modificaciones desde 1979. Se pueden patentar genes	Neutra
El Salvador	No se cuenta con una legislación para la protección de derechos de obtentor de variedades vegetales, pero al no estar excluidas expresamente de la posibilidad de protección por patente, puede concluirse que puede obtenerse título de patente para éstas.	Preventivas
Guatemala	No existe regulación específica sobre biotecnología y bioseguridad en el país.	Preventivas
Honduras	Aún no existe un régimen para la protección de obtenciones vegetales (se ha elaborado un proyecto al respecto, pero este no ha prosperado)	Preventivas

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Cuadro 31 (cont.). Políticas de Propiedad intelectual respecto de los OGMs

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
México	En octubre de 1996, México, mediante la Ley Federal de Variedades Vegetales, estableció las bases jurídicas para la protección, comercialización y fomento de la innovación en semillas y material vegetativo (UPOV 78). Actualmente, se pueden obtener patentes para prácticamente cualquier invención, incluyendo microorganismos, animales y plantas transgénicas, componentes de organismos vivos y sus usos, así como material biológico, en su forma purificada y aislada.	Neutra
Nicaragua	Las obtenciones vegetales se encuentran reguladas por la Ley de Producción y Comercio de Semillas (Ley 280) y la Ley de Protección para las obtenciones vegetales (Ley 318). La Ley de Patentes de Invención, modelo de utilidad y diseños industriales permite el patentamiento de genes.	Neutra
Panamá	Panamá cuenta con un régimen especial de protección de las obtenciones vegetales (Ley 23 de Obtenciones Vegetales). No existen impedimentos legales para el patentamiento de genes (por falta de especificaciones al respecto en la Ley).	Neutra
Paraguay	La Ley N° 385/94 de Semillas y Protección de Cultivares y su Decreto Reglamentario N° 7.797/2000, permite obtener título de obtentor en todos los géneros y especies. Desde el punto de vista de las patentes, de acuerdo con la Ley N° 1630/00 y su Decreto Reglamentario N° 14201/2001, no existen limitaciones a que sea patentado un gen.	Neutra
Perú	Las patentes sobre genes y secuencias de nucleótidos no son permitidas. Por otra parte, la no suscripción del UPOV significa que los obtentores de nuevas variedades no tienen la garantía del uso exclusivo de dichas nuevas variedades.	Preventivas
Uruguay	Los derechos de obtentor se encuentran regulados por la Ley 15.173/81 y la Ley 15.554/1984 (UPOV 78). Los genes son patentables.	Neutra
Venezuela, R.B.	Venezuela, no forma parte de la UPOV.	Preventivas

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

5.16 En lo referente a los grupos de países con políticas neutras puede destacarse una diferencia entre aquellos países que cuentan con mayores respecto de la patentabilidad de los genes y la existencia de iniciativas para adherir al acta UPOV de 1991.

5.17 En el grupo de los países con políticas neutras, Argentina, México, Nicaragua y Paraguay, presentan un sistema legal para la protección de la propiedad intelectual mas consolidado que el resto y explícitamente permiten el patentamiento de genes. Si bien este aspecto no sería suficiente para su inclusión en el grupo de políticas promocionales, pues se ha considerado como variable determinante la adhesión UPOV '91, las características generales de la política implementada permiten afirmar que su política tiene un carácter esencialmente permisivo y con vías a implementar políticas promocionales en el futuro.

5.18 En términos regionales, el escenario presenta marcadas diferencias entre los países al encontrarse extremos donde por un lado se presente una marcada ausencia de legislación o explícita negativa a la inclusión de los OGM en el país, y por otro se reconoce la existencia de un proceso hacia su promoción en la legislación nacional. Dado este escenario y los requerimientos temporales que demanda la consolidación de los marcos legales analizados en el marco del proceso de adaptación a las nuevas condiciones, seguramente en un periodo no muy largo se terminará definiendo una normativa mas clara de las líneas políticas adoptadas por cada uno de los países.

5.19 Otro aspecto a destacar sobre este tipo de políticas es la necesidad de considerar la confrontación de intereses que entran en juego para definir las políticas a implementar, también el marco legal más adecuado y su implementación.

Políticas de bioseguridad

5.20 Los sistemas regulatorios de bioseguridad surgieron como una respuesta a la aparente incertidumbre de la incipiente investigación y subsiguiente éxito en el proceso de transformación que dio origen a los organismos genéticamente mejorados. Esta preocupación y respuesta regulatoria que delinea el análisis de riesgo, fueron plasmadas en el Protocolo de Cartagena, como parte de la Convención de Bioseguridad. Vale la pena notar que en un principio el enfoque de los sistemas regulatorios de bioseguridad se centraron en el análisis de riesgo e impacto en el medio ambiente. Posteriormente, se añadieron consideraciones de la inocuidad alimentaria ('food safety') y en algunos países, consideraciones socio-económicas, éticas y filosóficas.

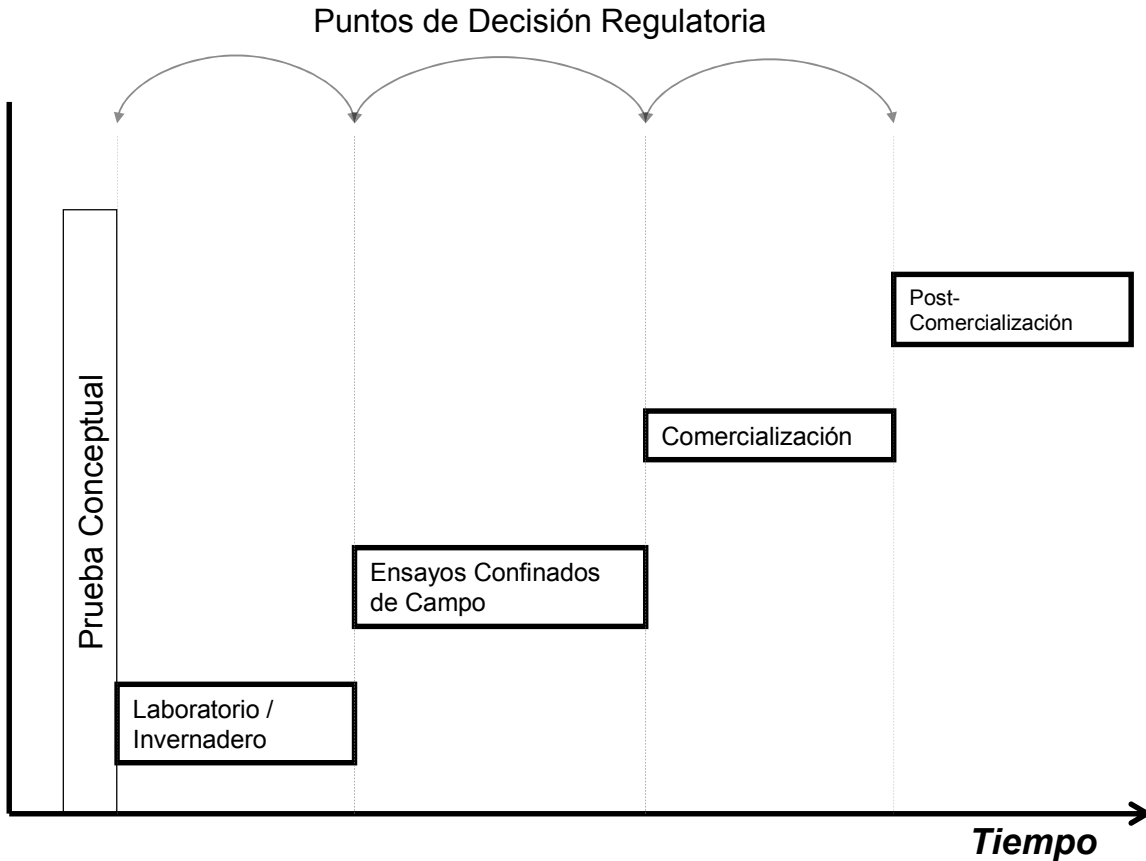
5.21 En los procesos de evaluación regulatoria se consideran dos asuntos principales: seguridad y eficacia. La seguridad se refiere al prevenir la introducción de tecnologías potencialmente dañinas al medio ambiente y a la salud humana y animal. La eficacia se refiere al prevenir la introducción de productos no eficaces o irrelevantes al productor. En los procesos regulatorios de bioseguridad se la ha dado mayor importancia a la seguridad ambiental y/o inocuidad alimentaria. En todos los casos, la robustez de los sistemas regulatorios depende de la confianza del público en el sistema mismo.

5.22 La experiencia regulatoria a nivel global con diferentes tipos de productos nos han mostrado que no existe una tecnología 100% segura. La idea es que los sistemas regulatorios determinen si un producto cumple con un estándar de seguridad pre-establecido. La determinación de que si un producto es “seguro” o no, estará aunado al proceso de mitigación y comunicación del riesgo para el producto en particular. La experiencia regulatoria a nivel global nos ha mostrado que el perseguir tener tecnologías 100% seguras – algo imposible- tiene un efecto negativo sobre los procesos de innovación y la disponibilidad de tecnologías para su posterior traslado a los productores. Es prudente entonces, juzgar las tecnologías basado en sus meritos y riesgos individualmente ya que las tecnologías OGM, tienen costos, beneficios y riesgos que pueden variar a través de las tecnologías, individuos, hogares, regiones y países.

5.23 Aunque existen diferentes filosofías regulatorias (por ejemplo el principio precautorio y/o la equivalencia substancial) es importante entender que los principios científicos entre un sistema u otro no cambian mucho. Lo que cambia entre las diferentes filosofías regulatorias es la toma de decisión y lo que se considera importante en la misma. Es importante también entender que todos los sistemas regulatorios de bioseguridad son básicamente procesos de aprendizaje compuestos de varias etapas, donde la toma de decisión contempla puntos de partida y finalización. La progresión exacta y el número de etapas en el proceso de bioseguridad varían de país a país. La Figura 1 muestra una serie de etapas regulatorias de bioseguridad en el tiempo. El punto de partida para una tecnología en particular depende de si el artículo a ser regulado fue desarrollado en el país o no. Un producto puede entrar a un sistema regulatorio en particular en cualquiera de los puntos de inicio/finalización descritos en la Figura 1. Normalmente, los productos generados fuera de un país comienzan con la aplicación al Comité Nacional de Bioseguridad o el ente regulatorio, para los ensayos confinados de campo, a menos que el producto sea para consumo directo o para ayuda humanitaria.

5.24 No es necesario completar todas las etapas regulatorias en un país en particular, o cada país debe necesariamente tener la capacidad de completar todas las etapas al mismo tiempo. Aun más, países pueden completar las etapas de evaluación de bioseguridad aun sin tener capacidad (científica y financiera) propia, tomando ventaja de las capacidades en otros países y a nivel regional. Este último es el razonamiento básico tras los esfuerzos de armonización y regionalización de los sistemas de seguridad, particularmente entre países pequeños y/o de capacidad limitada. Nótese que esta forma recursiva de regulación, implica que el sistema regulatorio aprende, acumula conocimiento e información a lo largo del tiempo. De hecho, cada etapa en la Figura 1, se convierte en un bloque que puede ser puesto encima del bloque previo. Por ejemplo, si un país decide que una tecnología en particular, debe comenzar por la etapa de “Ensayos Confinados de Campo”, el país debe examinar cual es el análisis de bioseguridad apropiado para la tecnología en particular y después para el bloque de “Comercialización” y “Revisión post-comercialización”.

Figura 1. Sistemas Secuenciales de Bioseguridad



Fuente: Elaboración propia de los autores.

5.25 Asimismo, es importante notar que todo sistema regulatorio tiene un costo. En el cuadro 32 presentamos estimados de los costos de cumplir con las regulaciones de bioseguridad en diferentes países del mundo. Note que estos costos no incluyen los costos de investigación y desarrollo ni la probabilidad de éxito de cada tecnología. Basado en nuestra experiencia, y a pesar de estos costos, no podemos concluir que los costos de regulación han tenido un efecto negativo en el flujo de tecnologías GMs a nivel global. Si hemos observado que en diferentes países, tecnologías han sido abandonadas o su transferencia al productor retrasada, citando los costos de regulación. En algunos países, el caso del Brasil tal como citamos anteriormente, se ha observado una migración hacia tecnologías convencionales, que no son reguladas.

5.26 Es altamente probable que el costo de cumplir con las regulaciones de bioseguridad no sea significativo con respecto a los beneficios netos, resultantes de la eventual adopción de la tecnología a nivel de campo, pero si pueden serlo el costo de oportunidad de los recursos inmovilizados como resultado de las complejidades de los procesos regulatorios. En este sentido, es muy probable que si se considera el costo financiero de los recursos “hundidos” en la etapa de I&D, cuya recuperación se ve demorada

por efecto de las regulaciones, este termine siendo el principal componente de poner un nuevo OGM en el mercado. Pero donde los costos de bioseguridad son aún mas importantes, es como “barreras de entrada” a la inversión y los productos, ya que no es solo un tema de disponibilidad de capital, sino que se debe disponer de la capacidad científica y organizativa para poder gerenciar efectivamente los procesos regulatorios. Esto es especialmente importante en aquellas tecnologías que pueden ser consideradas como “bienes públicos globales”, potencialmente “pro-pobres”, y que normalmente son producidos por el sector público y las compañías nacionales privadas, las que carecen de los recursos de tiempo, capital y organización, como para poder hacer frente a las complejidades del procesos regulatorio.

Cuadro 32: Estimados de los costos de cumplir regulaciones de bioseguridad

Tipo de Cultivo	Cultivo	País	Evento aprobado en países desarrollados	Costos estimados de bioseguridad (US\$)
Alimenticio	Maíz	India	Si	500,000 - 1,500,000
	Maíz	Kenya	Si	980,000
	Arroz	India	No	1,500,000 – 2,000,000
	Arroz	Costa Rica	No	2,800,000
	Frijoles	Brasil	No	700,000
	Mostaza	India	No y tiene que buscar aprobación regulatoria en mercados países desarrollados	4,000,000
	Soja	Brasil	Si	4,000,000
Fibras o no alimenticio	Papas	Sudáfrica	Si	980,000
	Papas	Brasil	Si	980,000
	Algodón	India	Si	500,000 – 1,000,000
	Jute	India	No	1,000, 1,5000

Nota: Compilación presentada por Falck Zepeda (2006) basada en estimados de Quemada(2004), Odhiambo(2003), Sampaio(2002), Sittenfeld (2002). Datos de la India basados en un estudio de Pray, Bengali and Ramaswamy (2004).

5.27 Las alternativas de política en bioseguridad son fuertemente dependientes del sistema de ciencia y técnica nacional y de acuerdo a cuán proactivas sean sus políticas biotecnológicas será el rango de sistemas regulatorios altamente preventivos - donde cada evento se analiza, independientemente de la experiencias e información disponible en otros países- a ‘promocionar’ sistemas abiertos, donde las evaluaciones del riesgo de otros países se aceptan completamente como parte del proceso de la aprobación. En medio de estas alternativas extremas, se encuentran diferentes alternativas que, en este análisis, hemos considerado como neutras por no estar completamente en ninguno de los grupos extremos expuestos (cuadro 33). Sobre la base de estos tres grupos de políticas, o concepciones para su desarrollo se han analizado las acciones y normativas implementadas en cada uno de los países latinoamericanos (cuadro 34).

Cuadro 33. Políticas de bioseguridad para cultivos GM

Políticas promocionales	Políticas Neutras	Políticas preventivas
Evaluaciones exclusivamente basadas en información generada en aprobaciones realizadas en otros países. Análisis de riesgo no asume ningún tipo de percepción <i>a priori</i>	Evaluaciones caso por caso en base a riesgos demostrados o incertidumbres científicas y riesgos esperados vinculados a la novedad del proceso de transformación.	Evaluación basada en la presunción de riesgo o daño efectivo resultante del hecho de que se trata de un proceso de transformación.

Fuente: elaboración propia.

5.28 De acuerdo a las fuentes de información considerada, y como se muestra en el cuadro N° 34, ninguno de los países que integran la región presenta una estrategia de análisis de bioseguridad que considere con gran fuerza los análisis realizados para las aprobaciones comerciales en otros países. Sin duda, la ausencia de políticas de estas características en todos los países de la región, tienen que ver con la “sensibilidad” política sobre estos temas, principalmente en aquellos países donde existe un importante debate sobre los transgénicos en la agricultura. En 12 países hemos encontrado políticas neutras y en cinco políticas preventivas.

5.29 En el grupo de países con aplicación de políticas neutras, Argentina, Honduras, Panamá, y Uruguay, son los países que mas próximos se encontrarían a realizar un tipo de política promocional. Esto es así, porque las evaluaciones realizadas, caso por caso, toman en cuenta para el análisis estudios y resultados de la liberación comercial de estas variedades en el extranjero aparte de los ensayos confinados de campo requeridos en algunos de estos países. Cabe destacar que tres de los cuatro (Argentina, Honduras y Uruguay), no han ratificado el Protocolo de Cartagena sobre bioseguridad. En México, Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua no se ha definido aún una política de bioseguridad, por lo que el retraso se ha considerado una estrategia que, tal vez, se encuentre mas cercana al tipo de políticas preventivas, sin todavía alcanzar un rango de estas características. Si bien es posible que sean muchos los aspectos que han generado este escenario, la ausencia de voluntad política para su resolución seguramente tiene que ver con la toma de precauciones (lo que no implica que únicamente estén relacionadas con precauciones en lo ambiental). Un caso destacable de este grupo es el de Chile, que pese a no haber ratificado el Protocolo de Cartagena y permitir el desarrollo de ensayos confinados de campo y liberaciones parciales, no ha permitido aún la liberación comercial de ninguna variedad OVM. Otro caso de particulares características es también el de Guatemala que pese a haber realizado ensayos confinados de campo con productos GM no cuenta aún con un marco legal sobre bioseguridad adecuado.

5.30 Finalmente, conforman el grupo de países con aplicación de políticas preventivas Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela. En todos los casos, y por diversas causas, la liberación comercial y uso de OGM se encuentra restringido. Tal vez el caso más característico de este grupo es el de Bolivia que restringe por Ley la utilización de OGM, aunque existe una exención emitida por el gobierno nacional para el cultivo de la soya

resistente a glifosato. De hecho la soya resistente a herbicidas esta siendo cultivada de manera comercial en Bolivia.

5.31 En términos generales, para la Región en su conjunto, podría afirmarse que muchos países se encuentran en el proceso de elaboración de la normativa sobre bioseguridad y hasta tanto no esté desarrollada, han optado por la aplicación de políticas neutras. Sin duda, muchos factores e intereses entran en juego al momento de definir la política sobre bioseguridad nacional y el resultado de cómo estos se diriman dará lugar a la política a aplicar, al menos, en el mediano plazo.

Cuadro 34. Políticas de la bioseguridad respecto a los OGMs

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Argentina	Se analiza caso por caso, poniendo especial atención a la consideración de los productos y no los procesos mediante los cuales estos han sido obtenidos. No ha ratificado el Protocolo de Cartagena.	Neutras
Bolivia	Ratificó el protocolo de Cartagena, en abril del 2002, pero no ha desarrollado el marco normativo completo aún para su implementación. Una limitación adicional puede ser la Ley 3525 del año 2005, que restringe el ingreso de semillas transgénicas y fomenta la producción ecológica de alimentos nacionales, dando preferencia a estos productos sobre los demás. El Gobierno de Bolivia emitió una exención al cultivo existente de la soya resistente a herbicidas debido a la importancia económica del cultivo.	Preventivas
Brasil	Ratificó el Protocolo de Cartagena en noviembre de 2003. Análisis caso por caso, con fuerte influencia de grupos ambientalistas en las aprobaciones comerciales de productos GM.	Preventivas
Chile	El país no ha ratificado el Protocolo de Cartagena. La aprobaciones han sido solo para evaluación, multiplicación y re-exportación, y no para consumo doméstico. No existe aún una regulación específica sobre bioseguridad pero existen importantes avances en este sentido.	Neutras
Colombia	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en mayo del 2003. Las autoridades competentes designadas estudian las solicitudes presentadas para aprobación de uso y comercialización de OGM y sus productos, los cuales involucran estudios de evaluación, gestión de riesgo y monitoreo.	Neutras
Costa Rica	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en febrero del 2007, se están realizando las adecuaciones en la legislación para la aplicación del Protocolo.	Neutras
Ecuador	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en enero del 2003. El país no tiene una ley específica que regule la biotecnología y su uso. Por el contrario, la Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional invoca el principio precautorio y establece prohibiciones para el uso, manejo, comercio o importación de cualquier producto alimenticio que sea o que contenga OGM.	Preventivas
El Salvador	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en septiembre de 2003. Se aplica una política precautoria aunque no existe, aún, una política específica sobre bioseguridad (hay un proyecto en evaluación para su aprobación).	Neutras
Guatemala	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en octubre de 2004. Existe un gran vacío legal sobre las cuestiones de bioseguridad.	Neutras

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Cuadro 34 (cont.). Políticas de la bioseguridad respecto a los OGMs

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Honduras	Honduras no ha ratificado el Protocolo de Cartagena. Existe una reglamentación elaborada por el Ministerio de Agricultura que potencialmente no sea comprensiva ni cumpla con requerimientos como ser participación pública de manera completa, pero no se presentan grandes restricciones para la aprobación de transformaciones.	Neutras
México	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en agosto de 2002. Tiene un acuerdo interinstitucional con EEUU y Canadá que posibilita el comercio de OGM.	Neutras
Nicaragua	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en agosto de 2002. No existe una política pública específica sobre Bioseguridad	Neutras
Panamá		
	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en mayo de 2002. Si bien existe el marco regulatorio se carece de recursos (principalmente humanos y financieros) para su aplicación, fundamentalmente en la evaluación del riesgo.	Neutras
Paraguay	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en marzo de 2004. No se ha completado aún la definición de la normativa legal y las cuestiones administrativas dentro de la cual las mismas se deben desenvolver.	Neutras
Perú	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en abril de 2004. Vacío legal en aspectos sectoriales, de acuerdo con la Ley que se aplica en biotecnología (27.104) “tampoco deberán admitirse aquellos OVM que no hayan sido probados en otro país y que, por tanto, exista un eventual riesgo en su uso”.	Preventivas
Uruguay	Uruguay no ha ratificado el Protocolo de Cartagena. Se realizan estudios caso por caso pero se considera de especial importancia la información generada en el extranjero.	Neutras
Venezuela, R.B.	Ha ratificado el protocolo de Cartagena en mayo de 2002. Existe un piso normativo general ampliado, pero aún no se ha regulado la seguridad de la biotecnología moderna, en general, se aplican políticas preventivas hasta tanto se haya desarrollado el marco legal adecuado.	Preventivas

Políticas referidas a la inocuidad alimentaria y la protección de los consumidores

5.32 Las políticas en el área de la inocuidad alimentaria y la protección de los consumidores se refieren esencialmente a las diferenciaciones que se exijan en la comercialización de OVM, particularmente los granos, ya que las otras aplicaciones – microorganismos, ayudas alimentarias, etc. – por lo general no se consideran como diferentes de los productos convencionales, aun cuando hayan sido sujeto de modificaciones genéticas. Los extremos de la aplicación de este tipo de política se encuentran en la inexistencia de una diferenciación entre los OGM y los no OGM, y la explícita prohibición de la comercialización de los OGM. En medio de estos extremos reconocemos la existencia de políticas neutras, que en diferentes mediadas buscan identificar aquellos productos que cuenten con OGM en sus componentes (Ver cuadro 35)

Cuadro 35. Políticas referidas a la inocuidad alimentaria y protección de los consumidores

Políticas promocionales	Políticas Neutras	Políticas preventivas
No hay distinciones entre OGM y no OGM, por lo tanto no se considera el <i>testing</i> . No se requiere etiquetado y no existen políticas oficiales respecto de la segregación de productos.	Se requiere etiquetado para los OGM, pero basado solamente en la detectabilidad del contenido de OGM o como base de canales de comercialización segregados.	Se prohíbe la venta de OGM o se requiere un sistema de etiquetados que resalten los aspectos negativos del producto.

Fuente: elaboración propia.

5.33 De acuerdo al análisis de diversas fuentes, y como se muestra en el cuadro N° 36, solo Argentina aplicaría políticas promocionales, es decir, no haría diferencia entre los productos biotecnológicos de los obtenidos tradicionalmente. Además es el único país de la región declarado formalmente en contra del etiquetado de los OGM.

5.34 En el otro extremo de las posibles políticas en este campo se encontrarían Bolivia, y El Salvador. En estos casos las limitaciones a la comercialización de OGM está abalada legalmente por la legislación nacional, tal es el caso de Bolivia y El Salvador. En Honduras, en cambio, si bien no existe una prohibición explícita a la comercialización de estos productos se presentan ciertas limitaciones a su comercialización y producción en el territorio nacional, muchas de las cuales no son exclusivamente por ser productos OGM, pero mas bien producto de las deficiencias en la comercialización de tecnologías de semillas (incluyendo híbridos) que han sido documentadas en diferentes publicaciones (Hintze, et al. 2003)

5.35 Los restantes países, presentan políticas neutras por no haber alcanzado alguno de los extremos mencionados en los párrafos anteriores. Sin embargo, podemos destacar que Colombia, Honduras, México y Uruguay aplican políticas menos fuertes que en el resto de los países, debido a que en general en estos países, no es requerido el etiquetado de los productos OGM o está restringido solo a un grupo y no a todos, tal es el caso de México.

Otro aspecto a destacar es que dos de estos países no han ratificado el Protocolo de Cartagena (Honduras y Uruguay) y el resto sí, pero han adaptado sus sistemas para “segregar” lo menos posible los productos GM. El resto de los países de este grupo, presenta una situación menos clara, así por ejemplo, Chile no ha ratificado el Protocolo de Cartagena ni tampoco requiere formalmente el etiquetado de productos biotecnológicos, pero no ha aprobado hasta el momento ninguna liberación comercial de OGM. En otros casos, la segregación de los OGM existe legalmente pero está no se aplica por ausencia de recursos o voluntad política, o la decisión sobre el etiquetado de OGM aún no se ha definido y se está debatiendo.

5.36 En términos generales, la situación en la Región presenta un escenario heterogéneo y en proceso de definición. Las decisiones adoptadas se vinculan esencialmente con aspectos institucionales y de carácter político, y en muchos casos las situaciones nacionales se encuentran en proceso de definición pero con indicios de una posible resolución en el mediano plazo.

Cuadro 36: Políticas sobre inocuidad alimentaria y protección a los consumidores

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Argentina	El gobierno esta formalmente en contra el etiquetado, y no ha ratificado el Protocolo de Cartagena y el diseño regulatorio es distintivo pero con un estándar de exigencia comparable. No existe una política oficial respecto de la segregación de mercados.	Promocionales
Bolivia	Hasta el momento en Bolivia no hay una disposición con respecto a inocuidad alimentaria de Organismos Vivos Genéticamente Modificados (OVM) importados. La Ley 3525 del año 2005, que restringe el ingreso de semillas transgénicas, con la anotada exención a la soya resistente al heroicidad glifosato. El país ha ratificado el Protocolo de Cartagena.	Preventivas
Brasil	Deben ser etiquetados algunos alimentos para consumo humano y animal que superen para su elaboración el 1% de OVM. Existe un trato diferencial para los productos que contienen OGM. Algunos Estados tienen políticas de segregación y se publicita el carácter de productores “libres de OVMs”	Neutras
Chile	No existe una política específica de etiquetado aunque cabe destacar que no ha sido liberado comercialmente al mercado local ningún OVM. El país no ha ratificado el Protocolo de Cartagena y no existe una política oficial en cuanto a la segregación de mercados.	Neutras
Colombia	Existe un requerimiento de etiquetado general, siguiendo las directrices del Protocolo de Cartagena. El mecanismo de seguridad es riguroso pero comparable con los no OVM. No hay políticas oficiales de segregación	Neutras
Costa Rica	No existe requerimientos de etiquetado por contenido de OVM, aun, no se les exige ser etiquetados. Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. No existen políticas en cuanto a segregación de mercados.	Neutras
Ecuador	Existe regulación que habla sobre el etiquetado de productos que contienen OVM pero esta no es aplicada a ningún producto existente en el mercado. Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. Existen restricciones legales a la comercialización de productos GM o que los contengan.	Preventivas
El Salvador	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. La Ley de Semillas, en su artículo 30, prohíbe la importación, investigación, producción y comercialización de semillas transgénicas	Preventivas
Guatemala	No tiene normativa en cuanto a etiquetado, aun cuando ha ratificado el Protocolo de Cartagena. No existe política en cuanto a segregación de mercados.	Neutras

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

Cuadro 36 (cont.). Políticas sobre seguridad alimentaria y percepción de pública de los consumidores

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Honduras	No existen requerimientos de etiquetado y no ha ratificado el Protocolo de Cartagena. En términos generales el mecanismo de control es comparable al resto de los productos y no hay política oficial de segregación.	Neutras
México	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. No se requiere etiquetar aquellos productos que cumplan con el principio de equivalencia sustancial respecto de su contraparte convencional, el resto sí.	Neutras
Nicaragua	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena y legalmente se requiere etiquetado aunque esto no ha sido implementado.	Neutras
Panamá	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. Existe normativa para la diferenciación pero se carece de recursos para su aplicación.	Neutras
Paraguay	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. No se requiere etiquetado para los OVM y no existe política en cuanto a la posible segregación de mercados.	Neutras
Perú	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena y no existe regulación sobre el etiquetado de los OVMs.	Neutras
Uruguay	No ha ratificado el Protocolo de Cartagena. No requiere etiquetado de los OGM.	Neutras
Venezuela	Ha ratificado el Protocolo de Cartagena. El etiquetado de OGM se encuentra en discusión pero actualmente no se aplica.	Neutras

Políticas vinculadas a la participación del sector privado y la transferencia de tecnología, incluyendo el sector semillas

5.37 La distinción entre los tres grupos de análisis está centrada en las acciones de política tendientes a favorecer, o no, el encadenamiento entre las capacidades científicas y tecnológicas y la incorporación de los nuevos conocimientos e innovaciones en los insumos de procesos productivos específicos. En este caso las *políticas promocionales* serían aquellas que prevén mecanismos de apoyo o subsidio para la creación de empresas de base tecnológica, la existencia de incubadoras de empresas especializadas en el área de las biotecnologías, y mecanismos para promover la articulación de las instituciones de investigación con capacidades “aguas abajo” de los procesos de innovación. Las *políticas neutras*, serían aquellos casos en donde existen mecanismos, pero solo de carácter general y las *preventivas*, tomarían en cuenta aquellos casos en los que no existen definiciones en estas áreas.¹⁹

Cuadro 37. Estrategias de política en la transferencia tecnológica y el sistema de semillas

Políticas promocionales	Políticas Neutras	Políticas preventivas
Existen políticas e instrumentos explícitos para facilitar la participación del sector privado en I&D, la creación de empresas de base tecnológica (subsidiros- incubadoras) y la articulación entre las institución de I&D y la transferencia de tecnología en el área de la biotecnología, que pueden involucrar OVMs, y se da una activa participación de las instituciones públicas en los mismos.	Hay mecanismos de articulación, pero de tipo general.	No existen programas que promuevan o faciliten la articulación en función de la transferencia de tecnología, ni la creación de empresas de base tecnológica

Fuente: elaboración propia.

5.38 Como se observa en el cuadro N° 39, Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México y Uruguay, puede decirse que tienen *políticas promocionales* desde el punto de vista de la existencia de mecanismos que promueven la participación del sector privado y reconocer el carácter estratégico de la vinculación entre centros de investigación y empresas y de las empresas de base tecnológica para el desarrollo del sector de la biotecnología, y contar con mecanismos e iniciativas específicas para el sector; mientras que el resto de los países se ubican dentro de las características de políticas neutras o preventivas. Independientemente de esta observación, sería necesario acotar que si bien la naturaleza de las iniciativas es bastante similar – incluso en muchos casos las fuentes de financiamiento para las mismas son similares: los bancos multilaterales (BID y Banco Mundial) y/o la cooperación internacional, por ejemplo la Unión Europea – la efectividad de estos

¹⁹ La consideración de la no existencia como “*preventiva*”, es, quizás, un criterio “fuerte”, ya que resalta más una debilidad los sistemas, que una definición expresa como puede ocurrir en otro tipo de políticas. Su justificación esta en la necesidad de tener una diferenciación respecto de las políticas “*neutras*”, donde si bien también se puede argumentar que lo que hay es una falta de definiciones, el hecho de que existan mecanismos generales le da a los sistemas un carácter diferenciado de las situaciones donde estos no existen.

mecanismos puede ser muy distinta, ya que este es un campo donde la magnitud de los recursos disponibles puede hacer una diferencia importante, dado los altos requerimientos de inversión que existen en el área de la biotecnología. Este tema sin embargo no ha sido considerado en este análisis, el cual se ha limitado a verificar la existencia o no de los distintos mecanismos promocionales e instrumentos de política.

5.39 Tres casos interesantes por sus contrastes son el de los Consorcios de Desarrollo Biotecnológico en Chile, los contratos de I&D EMBRAPA de Brasil que está efectuando con el sector privado y el surgimiento de BIOCERES S.A. en Argentina, como una iniciativa específicamente dirigida a articular capacidades público y privadas, tanto en lo que hace al financiamiento como a las cuestiones científico-tecnológicas propiamente dichas.

5.40 Así por ejemplo, en Chile el gobierno ha financiado y promocionado la instalación de los Consorcios de Desarrollo Biotecnológico son una iniciativa promocionada y financiada desde el Gobierno, para conformar a través de convocatorias propuestas de articulación entre institutos o centros de investigación públicos con capitales privados. Estas instituciones funcionan como empresas que realizan investigación de excelencia con aplicabilidad en el sector productivo; adopción, transferencia, comercialización y difusión de los resultados de su investigación, y formación e inserción de capital humano altamente calificado en áreas de importancia para la industria y las regiones de Chile. El propósito es conjugar la investigación de frontera con el patentamiento y la comercialización de los nuevos productos generados.

Los Consorcios cuentan con un aporte de recursos públicos que se ubica en torno a los 18.300 millones de pesos, unos 34,5 millones de dólares, para poner en marcha las iniciativas por un lapso de hasta cinco años. Como contraparte privada, se calcula que otros 13.700 millones de pesos (unos 25 millones de dólares), serán aportados por las empresas y las entidades tecnológicas participantes.

5.41 La Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria –EMBRAPA- es una institución pública creada en 1973 y vinculada al Ministerio de Agricultura, dotada de personería jurídica de derecho privado, con patrimonio propio, y cuenta con un área específica sobre Recursos Genéticos y Biotecnología que tiene por misión viabilizar soluciones para el desarrollo sustentable del agronegocio generando, adaptando y transfiriendo conocimientos y tecnologías en recursos genéticos, biotecnología, control biológico y seguridad biológica en beneficio de la sociedad brasileira²⁰. En este marco recientemente se ha creado un mecanismo de articulación público-privada para la transferencia de las tecnologías desarrolladas (tanto en lo referente a servicios como productos), el cual es implementado a través de la celebración de un contrato en el que las empresas se comprometen a, por ejemplo, contribuir en la transferencia de tecnología y apoyar el esfuerzo de investigación y desarrollo de tecnologías mediante la capacitación de recursos humanos, entre otros; por su parte EMBRAPA fortalece su capacidad para “llegar al mercado”, aspecto que, usualmente,

²⁰ “EMBRAPA Recursos Genéticos y Biotecnología” cuenta con un total de 289 empleados, de los cuales 130 son investigadores, 80 de apoyo técnico y 79 administrativos. Entre el equipo de investigadores, 92 se han doctorado.

representa una debilidad importante en las instituciones públicas – particularmente las que fueron desarrolladas para sus actividades en el campo de las tecnologías convencionales.²¹

5.42 Bioceres S.A, de Argentina, es otro ejemplo de la institucionalización de la importancia de las articulaciones en el desarrollo del sector agrobiotecnológico. Esta empresa, tiene por objetivo liderar, gerenciar y financiar proyectos de investigación y desarrollo que vinculen la ciencia con la producción, facilitando la vinculación público-privada. El aporte innovador de esta iniciativa es principalmente de carácter organizacional y su valor agregado está en el papel “facilitador” de la relación entre los problemas de la producción, investigadores, instituciones e inversores, que a través de un compromiso particular aportan todos al desarrollo de un proyecto común. El modelo de negocios radica en la capacidad de identificar problemas, demandas y oportunidades del sector productivo que puedan ser resueltas a través de una innovación biotecnológica y a partir de ese punto diseñar un proyecto de I&D y alinear los recursos científico – tecnológicos, institucionales y de financiamiento para su desarrollo. Como tal, Bioceres no realiza investigación, su papel es el de mediador entre el problema y su solución, aportando al proceso la capacidad gerencial tanto para alinear los recursos requeridos, como para el monitoreo de su implementación. Una vez definido el problema, Bioceres identifica quien o quienes pueden resolverlo, prepara el proyecto específico para hacerlo y luego asegura su financiamiento, generalmente parcelando la inversión requerida entre inversores individuales, quienes asumen la inversión de riesgo y participan de las utilidades futuras que la inversión pueda generar.

Hasta el momento Bioceres ha desarrollado un portafolio de proyectos que incluye la generación de plantas de maíz resistentes al virus de mal de río cuarto, en colaboración con el INTA- Castelar, por un monto de U\$S 250.000, el desarrollo de plantas de soja con resistencia a hongos, en colaboración con la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, por un monto de U\$S 105.000, la generación de plantas tolerantes a sequía y salinidad, Universidad Nacional del Litoral, por un monto de U\$S, 35.000, la generación de plantas de soja, trigo y maíz con tolerancia a sequía y salinidad, en el marco de un consorcio que incluye, entre otras instituciones, a la Universidad nacional de Rosario y el INTA, por un monto de U\$S 1.600.000, la generación de herramientas moleculares para el mejoramiento de plantas, con la Universidad Nacional del Litoral, por un monto de U\$S 100.000, y ha entrado en un acuerdo de largo plazo con el INTA para el desarrollo de su programa de mejoramiento de trigo (BIOINTA), por un monto de U\$S 2.000.000. Asimismo, y dentro de una perspectiva de mas largo plazo, conjuntamente con Bio-Sidus SA y el CONICET, es parte del proyecto para la puesta en marcha del Instituto de Agro-biotecnología de Rosario, (INDEAR), que a partir de una inversión inicial de U\$S 5.000.000 apunta a transformarse en una institución de referencia en el campo de la biología molecular, la genómica funcional, y la proteómica aplicadas a la innovación tecnológica para el sector agropecuario argentino (www.bioceres.com.ar, e información provista por Bioceres SA).

²¹ Este tipo de iniciativas también se da en varios otros países, incluyendo Argentina, Uruguay y Colombia, entre otros.

5.43 Respecto de los sistemas de semillas de los países analizados, hemos optado por analizarlos según Trigo y Piñeiro (2004) basados en Jafee y Srivastava (1992). Los autores proponen que los sistemas de semillas evolucionan en el tiempo a lo largo de un patrón mas o menos establecido, dentro del cual las funciones y actores desempeñan e interaccionan en un marco de creciente complejidad y formalización. En términos generales, aparte de las cuestiones técnicas referidas a los cultivos o especies en particular (i. e. si se trata de especies autóгамas o híbridos, etc.), tres aspectos aparecen como determinantes de la evolución de los sistemas de semillas. Estos están referidos al grado de desarrollo de los programas de mejoramiento, el tamaño de los mercados y la naturaleza de los marcos institucionales que regulan el funcionamiento de la actividad. Todos estos factores determinan el comportamiento de los mercados de semillas desde el punto de vista de cómo se estructura la oferta y la demanda, la cobertura de los mismos, el tipo de actores involucrados y las funciones que se desarrollan. Básicamente se pueden identificar cuatro grandes estadios²², o niveles de desarrollo, a saber:

- Sistemas de subsistencia. No existen actividades formales de mejoramiento de variedades y, por lo tanto, no hay fuentes de material genético alternativo a las variedades tradicionales que manejan los agricultores, ni arreglos institucionales para el aseguramiento de la calidad, que no sean los de uso tradicional a nivel de productores individuales o comunidades.
- Sistemas emergentes. Existen actividades formales de mejoramiento, esencialmente en los cultivos alimenticios básicos, ya sea a partir de las variedades tradicionales locales o de los materiales de los Centros internacionales del CGIAR, en los cultivos en que estos trabajan. Estas actividades son desarrolladas en su mayoría por las instituciones nacionales de investigación, con apoyo de la cooperación internacional y algunas ONGs pero la liberación de variedades locales es una actividad esporádica y basada en germoplasma de los centros internacionales o de otros orígenes externos. Las actividades de producción, multiplicación, control de calidad y distribución son desarrolladas por entes públicos (paraestatales o instituciones o unidades de proyectos de desarrollo rural) o entidades cooperativas, pero también existen algunas empresas comerciales que participan de las mismas, enfocadas primordialmente hacia los productores de mayor tamaño y las regiones con mejor acceso e infraestructura. Complementariamente, existen importaciones de semillas para algunos de los principales cultivos comerciales y de exportación o de alto valor. En la mayoría de los casos que cuadran en este nivel existen normativas para el registro de variedades y control de calidad, pero son de bajo nivel de aplicación y/o cumplimiento y no hay regímenes establecidos para la protección de la propiedad intelectual. Esto último y la baja cobertura del mejoramiento local en términos de

²² Pray y Ramaswamy (1991), analizando los factores que afectan las condiciones de la oferta y demanda de semillas mejoradas y en base a un análisis de la experiencia de la India (Desai, 1985), también identifican cuatro grandes estadios de desarrollo de la industria de semillas, bastante similares, en lo esencial a los propuestos por Jafee y Srivastava.

cultivos, así como, la reducida participación de firmas comerciales, son los rasgos distintivos de este nivel.

- Sistemas comerciales en diversificación. La diversificación de las actividades de I&D, la integración del sector privado a todas las etapas del proceso, particularmente en lo que hace a multiplicación, procesamiento y distribución en mayor grado de efectividad de implementación de las instituciones regulatorias, incluyendo las referidas a la propiedad intelectual, son los elementos distintivos a este nivel. En la mayoría de los casos, el sector público continúa siendo el principal componente del sistema de desarrollo de nuevas variedades, pero el sector privado participa de la I&D, particularmente el desarrollo de híbridos y, en menor medida, en los otros casos y se desarrollan vínculos público-privados para la producción y multiplicación de semillas. Un factor importante en la transición hacia este nivel está, generalmente, sustentado en aseguramiento de calidad, como resultado, en parte, de una mayor y mejor cobertura de los sistemas de distribución y promoción, mayor competencia entre los oferentes privados de semillas y una mayor coordinación y disponibilidad de otros insumos, como fertilizantes y defensivos en general.
- Sistemas maduros. El principal elemento diferenciador entre los sistemas maduros y los sistemas comerciales, es la escala de los mercados y la amplitud de la cobertura de cultivos y el grado de involucramiento del sector privado en las actividades. En este último nivel, el sector privado asume buena parte de las actividades de mejoramiento, no solo en el desarrollo de híbridos, sino también en los cultivos tradicionales. El sector público continúa siendo una fuente importante de materiales, pero las variedades terminadas son, en su mayor parte, desarrolladas por empresas privadas, incluso a través de convenios formales con las instituciones públicas. El énfasis de las inversiones del sector público se dirige hacia la investigación básica, la identificación y conservación de los recursos genéticos y el mejoramiento como tal estará restringido, mayormente, al desarrollo de variedades en cultivos “huérfanos”, o mercado de interés social. La totalidad de la producción, multiplicación, procesamiento y distribución es llevada a cabo por el sector privado y, en algunos casos (dependiendo de la naturaleza de los marcos regulatorios) el aseguramiento de la calidad y certificación es parte de las políticas de competencia entre las empresas.

5.44 Cabe aclarar que, en la realidad, la diferenciación entre los estadios raramente se da de manera clara y precisa desde el punto de vista de los países tomados en su conjunto. La situación más común es una en donde coexisten, dentro de un mismo país, sistemas con distinto grado de desarrollo según regiones o cultivos, o incluso diferencias dentro de un mismo cultivo en distintas regiones de un mismo país. Esta diversidad, es reflejo en parte de distintos factores vinculados a los actores intervinientes y la infraestructura disponible, y también de otros aspectos que hacen a la dicotomía estructural que caracteriza a la agricultura de la mayoría de los países de la región.

Cuadro 38: Países de América Latina según niveles de desarrollo del sistema de semillas

Países	Tipos de sistemas	<i>Sistemas Maduros</i>	<i>Sistemas Comerciales en Diferenciación</i>	<i>Sistemas Emergentes</i>	<i>Sistemas de Subsistencia</i>
Argentina		X			
Bolivia				X	
Brasil		X			
Chile			X		
Colombia			X		
Costa Rica				X	
Ecuador			X		
El Salvador				X	
Guatemala				X	
Honduras				X	
México		X			
Nicaragua				X	
Panamá				X	
Paraguay			X		
Perú			X		
Uruguay			X		
Venezuela, R. B.			X		

Fuente: elaboración propia sobre la base de Trigo y Piñeiro (2004) e informes de países realizados en el marco de la consultoría.

5.45 Consideramos que Brasil, Argentina y México, pueden ser incluidos en la categoría de *sistemas maduros*, pues cuentan con programas de mejoramiento de amplia cobertura, produciendo variedades para los principales cultivos dentro de un marco institucional consolidado, incluyendo lo relativo a la protección de la propiedad intelectual, generalmente en la forma de Derechos de Obtentor Vegetal (DOVs) y una activa participación del sector privado a todos los niveles. Un segundo grupo de países integrado por Colombia, Chile, Uruguay, Perú, Ecuador, Paraguay y Venezuela se ubican en una situación mas cercana a la tipología de *sistemas comerciales* en diferenciación con algunos subsectores bastante desarrollados y fuertemente insertados en los mercados internacionales pero con limitaciones de distinto orden, ya sea por cuestiones referidas al tamaño de los mercados, o bien algunas características particulares de su agricultura. Un tercer grupo de países, entre los que se incluyen Bolivia y varios países de América Central, presentan una realidad acorde a la categoría de *sistemas emergentes*, con pocas actividades de mejoramiento funcionando de manera continuada, mercados de reducido tamaño y marcos institucionales de bajo nivel de definición. Finalmente en un nivel de *sistemas de subsistencia* no hemos identificado ninguno de los países analizados, aunque cabe destacar que Trigo y Piñeiro (ibíd.) ubican en este grupo algunos de los países isleños y Haití, por diferentes causas, ya sea recurrentes crisis institucionales (tal es el caso de Haití) o por el reducido tamaño del mercado que hace inviable inversiones de este tipo (Ver cuadro N° 38).

Cuadro 39. Políticas vinculadas a la participación del sector privado y la transferencia tecnológica

País	Síntesis descriptiva de la política implementada	Tipo de política
Argentina	Dentro de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, existen programas y recursos específicos en apoyo de la I&D en el sector privado, así como el apoyo tanto a incubadoras de empresas de base tecnológica como para el financiamiento de emprendimientos conjuntos entre centros de investigación y empresas, que mencionan específicamente el área de la biotecnología. Asimismo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, tiene una política de vinculación tecnológica dirigida a facilitar la llegada de sus tecnologías al mercado, que incluye proyectos en el sector de biotecnología, tanto vinculado los OVMs como a otras aplicaciones no transgénicas.	Promocionales
Bolivia	No existe una política estratégica específica para incentivar las articulaciones, aunque existen algunos mecanismos de apoyo a la creación de empresas innovadoras a través de la Red Bolivia Emprendedora	Neutra
Brasil	Existen múltiples mecanismos de promoción de la I&D privada y apoyo a la articulación entre los centros de investigación y las empresas (Fondos Sectoriales) así como para la creación de empresas de base tecnológica. La Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA y otras instituciones de investigación tienen activos programas para la incubación de empresas de base tecnológica. En 2006, el Gobierno del Estado de São Paulo, empleó nueve millones de reales en la fase inicial de construcción de 5 Parques Tecnológicos en las ciudades de Campinas, São Carlos, Ribeirão Preto, São Paulo y São José dos Campos. Otros estados y el Gobierno federal tienen iniciativas similares.	Promocionales
Chile	Existe una política activa de promoción tanto de la inversión privada como de las articulaciones interinstitucionales en biotecnología agrícola, incluyendo importantes recursos públicos para el desarrollo de programas en sectores específicos, involucrando centros de investigación y empresas (Consortios Productivos).	Promocionales
Colombia	Existen mecanismos formales para promover la I&D privada y articulación a nivel de cadena y experiencias (Corporación Biotec) y proyectos específicos con participación de centros públicos y privados y empresas que aportan la "llegada al mercado".	Promocionales
Costa Rica	Existen claras vinculaciones entre los centros de investigación de las universidades públicas y empresas y desde hace más de 10 años existe un sistema de incubación de empresas, específicamente dirigido al sector de biotecnologías que ha participado activamente en el desarrollo de empresas del sector.	Promocionales
Ecuador	No se reportan mecanismos ni experiencias en cuanto a la promoción de la I&D en el sector privado, ni para la articulación entre los centros de investigación y empresas o para la creación de empresas de base tecnológica, aunque existe un programa de incubación de carácter general.	Neutras
El Salvador	No se reportan ni instrumentos de promoción, ni mecanismos facilitadores tipo incubadoras	Preventivas
Guatemala	No se reportan instrumentos de promoción, y si bien existe un sistema de incubación de empresas, su orientación principal es hacia empresas de base "cultural".	Preventivas

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Honduras	No existe un marco de políticas o mecanismos de promoción, ni un sistema de incubación para empresas de base tecnológica..	Preventivas
México	Existen diversos mecanismos – incluidas las fundaciones PRODUCE, entre otros – para promover la participación del sector privado y dentro del CONICYT existen programas específicos para la articulación entre centros de investigación y empresas y una amplia cobertura de incubadoras que incluyen al área de la biotecnología.	Promocionales
Nicaragua	No existen mecanismos de promoción a la articulación de centros de investigación y empresas, ni incubadoras de empresas	Preventivas
Paraguay	Existe un mecanismo específico para la canalización de recursos privados a la I&D en biotecnología (INBIO) y dentro de CONACYT existe un sistema de tipo general para la promoción de articulaciones y la creación de empresas y/o proyectos innovadores que vincule a centros de investigación y empresas.	Promocionales
Perú	Existen programas e instrumentos de tipo general, no específicos para biotecnología, tanto en lo que hace a la promoción de vinculaciones entre centros de investigación y empresas, como a las incubadoras de empresas de base tecnológica.	Neutras
Uruguay	Existen mecanismos y financiamiento para el desarrollo de vinculaciones de tipo individual y grupal entre centros de investigación y empresas, e incubadoras específicas para el sector de biotecnología.	Promocionales
Venezuela, R.B.	Dentro del marco del MCT existen programas de apoyo a la vinculación entre centros de investigación y empresas y también hay programas de apoyo en el campo privado (Fundación Polar), aunque no específicos para la biotecnología	Neutras

Fuente: elaboración propia en base a los informes de países realizados en el marco de la consultoría.

6. RESUMEN Y CONCLUSIONES: HACIA UNA AGENDA DE TRABAJO A NIVEL REGIONAL

6.1 Los países de América Latina presentan, con relación a la biotecnología agropecuaria y forestal, un cuadro de marcados contrastes y contradicciones. Por una parte, la región esta dentro de las que hacen un mejor aprovechamiento de las biotecnologías de aplicación agropecuaria disponibles al presente. En efecto, y como se ha visto anteriormente, en 2007, cuatro países (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) de los ocho mas importantes productores de OVMs en el mundo eran de la región y otros cuatro (México, Colombia, Chile y Honduras) cultivaban extensiones mayores de las 50 mil Has. de este tipo de cultivos (James 2008). Al mismo tiempo, algunos de los países – Brasil, México, Argentina – cuentan con capacidades de I&D competitivas, incluso a nivel mundial. Por otra parte, la región es extremadamente diversa y, aún en los casos donde hay muy buenas capacidades de aprovechamiento, como es el caso de Paraguay, se da un marcado contraste respecto de la debilidad que existe en cuanto a las capacidades propias para desarrollar innovaciones en este campo. Los factores que inciden en esta situación, como vimos en el capítulo 4 son diversos y reflejan desde cuestiones históricas referidas al desarrollo de los sistemas de ciencia y tecnología en cada país, hasta las características de cada agricultura en particular y el tamaño de los mercados. Estos factores son, a la vez, los que plantean cual es el camino que cada país debería seguir en el desarrollo de sus capacidades en biotecnología agropecuaria, pero también marcan las restricciones que deben enfrentar. En este sentido, el diseño e implementación de las políticas para el desarrollo de la biotecnología debe, a partir de lo que es la situación actual, considerar cuales son las acciones que aseguren tanto el acceso a los nuevos conocimientos y tecnologías, como las condiciones para el efectivo aprovechamiento de las nuevas tecnologías (interfase con los sistemas convencionales y los sistemas de mejoramiento en particular, nuevos arreglos interinstitucionales, bioseguridad y propiedad intelectual, inversiones y aprovechamiento de los “spill-overs”, papel del sector privado y la interfase público privada, el desarrollo de los sistemas de semilla y la creación de nuevas empresas de insumos y servicios al agro, etc.), y también tomar en cuenta que es lo que en este momento se está haciendo en términos de las políticas para el sector (ver Capítulo 5). Dentro de este marco el Cuadro 40, resume lo que serían las acciones a desarrollar a partir de la situación actual y perspectivas que enfrenta cada país, para luego contrastar estos temas con la situación en cuanto a los temas que ya están incluidos en la agenda de políticas de los países, como una forma de insinuar lo que deberían ser las áreas donde concentrar la atención en los futuros esfuerzos de política e inversiones en el sector.

6.2 Desde el punto de vista de las necesidades de acción surge con claridad la existencia de un nutrido grupo de países –Bolivia, Guatemala, Rep. Dominicana, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá – en los cuales las acciones deberían estar esencialmente dirigidas a mejorar el acceso que los países tienen a este tipo de tecnologías, focalizando la atención en lo que tienen que ver mas con el fortalecimiento de las capacidades convencionales que con el propio desarrollo de la biotecnología como tal. En estos países, de poco serviría avanzar en las capacidades mas avanzadas, si no se trabaja también – y, quizás, prioritariamente – en desarrollar las estructuras vinculadas con las tecnologías convencionales, que son las que, en última instancia, proveen la plataforma sobre la cual se pueden aprovechar efectivamente las nuevas biotecnologías. En esto, no cabe duda que el escenario mas probable, no es uno de tecnologías convencionales *versus* innovaciones basadas en biotecnología, sino, por el contrario uno de “hibridación” donde progresivamente las nuevas

biotecnologías se van integrando dentro de los esquemas convencionales, e incrementando la productividad de estos métodos. Las grandes oportunidades – en el corto y mediano plazo – están en el aprovechamiento de los “derrames” de lo que está ocurriendo a nivel internacional en cuanto al desarrollo de nuevas tecnologías y hacia ese espacio deben apuntar las acciones de estos países. En buena medida, esto es lo que ocurrió, en países como Argentina primero y luego Paraguay y Brasil, con los desarrollos referidos a la soja.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro 40. Necesidades de acción para promover el desarrollo y aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria en los países de América Latina.

Países en América Latina	Tipo de "situación de políticas" prevalectante	Objetivos de las políticas y acciones a implementar	Herramientas a priorizar en el área de fitomejoramiento y respecto los sistemas de semillas	Herramientas a priorizar en el área de la biotecnología agrícola	Acciones complementarias
Bolivia, Guatemala, Rep. Dominicana, Ecuador, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Panamá	Desarrollando el marco para el uso de productos biotecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar / fortalecer las capacidades convencionales en investigación agropecuaria. Crear el ambiente para acceder beneficios potenciales de los "spill-ins" provenientes de inversiones en I+D, particularmente en cultivos importantes para el país Mejoramiento de los sistemas de transferencias de tecnologías 	<ul style="list-style-type: none"> Apoyar sistemas nacionales de investigación en adaptativa de métodos convencionales de fitomejoramiento y agronomía (infraestructura y recursos humanos) Desarrollo de marcos regulatorios de la propiedad intelectual funcionales Desarrollar leyes específicas para los sistemas de semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollo de marcos operativos de la bioseguridad funcionales Apoyar a los sistemas nacionales de investigación en la investigación aplicada y adaptativa en biología molecular y ciencias asociadas, dentro cluster respectivo de innovación (infraestructura y desarrollo de recursos humanos) Promover mecanismos de redes con otros países de la región - y eventualmente - de fuera de ella, para disminuir el impacto de las falta de capacidad de inversión y / o acelerar el acceso a nuevos conocimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> Promoción de la industria de servicios técnicos agropecuarios Apoyar la entrada del sector privado a los sistemas de semillas e investigación
Paraguay, Perú, R.B. de Venezuela	Mejorando la eficiencia y los productos de la investigación agrícola, a través del incremento en el uso de herramientas biotecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la capacidad tecnológica en la explotación de la investigación y desarrollo agrícola. Crear el ambiente para acceder beneficios potenciales de los "spill-ins" provenientes de inversiones en I+D en otros países, haciendo énfasis en las cuestiones institucionales 	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer los recursos humanos e inversiones en el área del mejoramiento vegetal. Implementación de las leyes y normas referidas a la propiedad intelectual en el sector semillas. Apoyar el desarrollo del sector privado en el sector semillas 	<ul style="list-style-type: none"> Financiamiento de la investigación en áreas relacionadas a la tecnología y la evaluación y análisis de la bioseguridad Crear mecanismos para facilitar la creación de capital de riesgo, enlaces y asociaciones publico-privadas para incentivar proyectos de investigación en biotecnología Fortalecer los mecanismos de protección a la inversión extranjera, como mecanismo para promover la transferencia de tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de los sistemas de investigación, y ciencia y tecnología Ayudar a definir y apoyar los papeles que el sector publico y privado jugaran en el proceso, incluyendo coordinación y colaboración entre ambos Financiar proyectos de investigación que integren capacidades provenientes de diferentes instituciones, incluyendo externas al país.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

<p>Colombia, Chile, Costa Rica y Uruguay</p>	<p>Mejorando la eficiencia y los productos de la investigación / aprovechando el desarrollo de innovaciones basadas en aplicaciones de la biotecnología</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar / fortalecer el desarrollo de capacidades biotecnológicas en las instituciones de investigación agropecuaria. • Crear el ambiente para acceder beneficios potenciales de los “spill-ins” provenientes de inversiones en I+D en general. • Promover la inversión privada en el área de la biotecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Legislación de la propiedad intelectual, UPOV91, capacidades de implementación • Mecanismos para facilitar la creación de asociaciones de inversión publico-privado dirigidos a movilizar las capacidades públicas de investigación en fitomejoramiento y vincularlas al sistema de semillas. • Desarrollo de sistemas de certificación y preservación de identidad (semillas y eventualmente OVMs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de las capacidades en evaluación y análisis de la bioseguridad • Enlaces y asociaciones publico-privadas para incentivar proyectos de investigación en biotecnología • Creación de mecanismos de capital de riesgo, para facilitar el desarrollo de empresas de biotecnología. • Apoyo al desarrollo de incubadoras de empresas en el sector de la biotecnología agropecuaria • Incorporar la temática de la biotecnología agrícola a las negociaciones internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar fortalecimiento de los sistemas de investigación, y ciencia y tecnología • Financiar proyectos de investigación que integren capacidades provenientes de diferentes instituciones, incluyendo externas al país. • Fortalecer / consolidar los mecanismos de promoción de la inversión extranjera directa
<p>Argentina, México, Brasil</p>	<p>Aprovechando el desarrollo de innovaciones basadas en aplicaciones de la biotecnología / desarrollando innovaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer las capacidades en investigación en las ciencias básicas referidas a la biotecnología y su articulación con las instituciones de investigación aplicada • Promover la articulación con centros de excelencia en temas de interés para las agriculturas de cada país • Promover la inversión privada en el área de la biotecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecer los mecanismos existentes para la interacción pública – privada en el desarrollo de nuevas variedades 	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento público a proyectos de investigación en áreas estratégicas con participación del sector público y el privado • Fortalecimiento de los mecanismos de promoción de la inversión privada en I&D en biotecnología, incluyendo los de capital de riesgo • Apoyo al desarrollo de incubadoras de empresas en el sector de la biotecnología agropecuaria • Incorporar la temática de la biotecnología agrícola a las negociaciones internacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar fortalecimiento de los sistemas de investigación, y ciencia y tecnología • Financiar proyectos de investigación que integren capacidades provenientes de diferentes instituciones, incluyendo externas al país. • Fortalecer / consolidar los mecanismos de promoción de la inversión extranjera directa

Fuente: Elaboración de los autores en base a Trigo, E.J. (2003, pag. 66) y el análisis desarrollado en el Capítulo 5 de este documento.

tolerante a herbicidas a medianos de la década de 1990. La existencia de programas de mejoramiento y sistemas de bioseguridad, permitió que los avances disponibles a nivel internacional fueran rápidamente adaptados a las condiciones locales. Sin variedades sobre las cuales “montar” los nuevos genes, las nuevas tecnologías difícilmente puedan ser de impacto.

6.3 En países como Paraguay, Perú y Venezuela, el fortalecimiento de las capacidades convencionales continúa siendo una prioridad, probablemente, mayor en Paraguay que en los dos restantes. Sin embargo, dado el tamaño de sus mercados y su mayor nivel de capacidades en lo que hace a la investigación convencional, en estos países el peso de las políticas debería estar más inclinado hacia el apoyo a la investigación en biotecnología aplicada y cuestiones como mejorar la capacidad operativa de sus sistemas de bioseguridad – por ejemplo, una mayor experiencia en lo que hace a evaluaciones de riesgo.

6.4 En el resto de los países, las necesidades de acción están menos diferenciadas. Se trata, más bien de gradientes dentro de una misma orientación. Todos los países muestran fortalezas en determinados sectores, tanto de capacidades como de aplicación. Lo que varía en la amplitud de la cobertura en cada caso. En algunos países se trata de algunos sectores – flores, en Colombia, arroz en Uruguay y Costa Rica – en otros la cobertura es más integral, tanto en la “profundidad” de la ciencia como en las aplicaciones a cultivos o sectores específicos. Las diferencias en cuanto a la estrategia a seguir esta más en los énfasis, y probablemente el elemento más determinante este en la limitante que puedan enfrentar en las capacidades de inversión, y la consecuente necesidad de focalización. Países como Costa Rica y Uruguay, son los que enfrentan la necesidad de una mayor atención; en el otro extremo Brasil, México y Argentina, por distintos motivos, presentan la posibilidad de un panorama más diversificado. Pero en todos los casos los componentes de la estrategia a seguir tiene un fuerte énfasis en vincular la investigación básica con la aplicada, promover una mayor participación del sector privado, facilitar el desarrollo de empresas a partir de las actividades académicas, e incorporar la biotecnología de una manera más agresiva en sus negociaciones internacionales de manera de asegurar un mercado para sus productos (especialmente en aquellos casos donde hay un fuerte peso de los mercados de exportación).

6.5 Dentro del marco de estas necesidades de acción, los países de la región han comenzado ya hace tiempo a avanzar en distintos temas, a través de sus políticas de investigación, propiedad intelectual, bioseguridad, protección al consumidor, promoción de las inversiones y otras. En algunos – pocos – casos han definido estrategias específicas para la biotecnología en general o para la agropecuaria en particular. Tomando como base el análisis desarrollado en el capítulo anterior, el Cuadro 41 resume los distintos aspectos de estas políticas tomando en cuenta los énfasis prevalecientes en los distintos instrumentos que las ha ido conformando. Del mismo surge la existencia de sesgos, en los que lo que más resalta es la poca relación que muestran los cuadros de políticas con respecto de lo que podrían ser tomados como los énfasis “óptimos” a partir de la “situación de políticas” en la que se encuentra cada país y de lo que son las necesidades de acción que de ellas se desprende.

Cuadro 41: Síntesis de las orientaciones prevalecientes en las políticas relevantes para el sector de la biotecnología agropecuaria en los países de América latina

	Políticas promocionales	Políticas Neutras	Políticas preventivas
Investigación pública	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Paraguay, Uruguay y Venezuela	Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Perú y Costa Rica.	-----
Propiedad intelectual	-----	Argentina, Chile, Colombia, México, Nicaragua, Paraguay, Bolivia, Ecuador, Panamá y Uruguay.	Brasil, Costa Rica, el Salvador, Guatemala, Honduras, Perú y Venezuela.
Bioseguridad	-----	Argentina, Honduras, Panamá, Uruguay, México, Chile, Colombia, Costa Rica, El salvador, Guatemala, Nicaragua y Paraguay.	Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú, Venezuela.
Inocuidad alimentaria y protección de los consumidores (segregación y etiquetado)	Argentina	Colombia, Honduras, México, Uruguay, Brasil, Chile, Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú y Venezuela.	Bolivia, Ecuador y El Salvador.
Participación del sector privado y transferencia de tecnología	Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Paraguay y Uruguay	Bolivia, Ecuador, Panamá y Perú.	El Salvador, Honduras, Nicaragua y Guatemala

Fuente: Elaboración de los autores en base a los cuadros 28, 31, 34, 37 y 38.

6.6 Con excepción de los países de mayor tamaño y con sectores agropecuarios mas consolidados en cuanto a la fortaleza de sus segmentos de agricultura comercial, y de las políticas referidas al tema de la I&D en general, y de las inversiones en particular, incluyendo la participación del sector privado y también lo que hace al papel que este esta llamado a representar en la transferencia de las nuevas tecnologías a los sectores productivos, el resto de las políticas son mas bien de carácter neutro. Estos países son también los que reportan tener según los marcos institucionales vigentes, el tamaño de sus mercados formales, los sistemas de mejoramiento de variedades y semillas mas consolidados, con lo cual termina de conformarse un marco bastante adecuado para el desarrollo de las nuevas tecnologías: no solo hay capacidades y cierto nivel de inversiones, sino que también existen las bases para que las innovaciones que se desarrollen, lleguen a los sectores productivos.²³ En este sentido cabría esperar un marco de definiciones de políticas mas “pro-activo” del que efectivamente se constata, particularmente tomando en consideración que es también en estos países donde podrían tener un mayor impacto el conjunto de las aplicaciones que se han venido discutiendo en el documento, incluyendo cultivos de tejidos, materiales de diagnostico, vacunas, y servicios de distinto tipo.

6.7 Lo que resalta, sin embargo, son las ambigüedades en lo referido a la propiedad intelectual y los sistemas de bioseguridad. Respecto de estos, podría decirse, que en el caso de la propiedad intelectual, la región no ha asumido el tema de la biotecnología y sus implicancias y la importancia de definir un claro marco institucional como guía para las inversiones. Lo que existe en general son sistemas híbridos que han evolucionado desde los sistemas de protección de las variedades vegetales – e incluso aquí, no han terminado de actualizarse, estando la mayoría de los casos aún en la UPOV 78 – y han ido incorporando algunos aspectos dentro de las leyes de patentes, pero a un ritmo muy lento y, en la mayoría de los casos, sin mayor repercusión a nivel de los sistemas de implementación.²⁴ El tema no es si las legislaciones nacionales permiten o no patentar genes o proteger los procedimientos biotecnológicos, la debilidad es que, aún en los casos en que estos aspectos pudieran estar cubiertos, no existen niveles adecuados de protección a nivel de los sistemas de semilla, ya sea por las normas vigentes o por los altos niveles de “piratería” existentes en los mercados locales, tal lo que ocurre en Argentina.²⁵ En lo referido a la bioseguridad, los marcos responden, en lo general, a lo que ocurre en el resto del mundo, aunque aún en los casos de los países de mayor tamaño y donde las tecnologías parecerían haber alcanzado un mayor grado de avance, los procesos regulatorios no parecen estar exentos de conflictos. En Brasil, hay una alta politización del tema, lo que lleva a un alto grado de incertidumbre en cuanto a los periodos para la aprobación de los eventos y en Argentina, donde, quizás, los trámites han sido mas expeditos, y donde los grandes beneficios obtenidos de este tipo de tecnologías, podrían llevar a anticipar una alta efectividad en los tiempos regulatorios, lo que se observa es que a lo largo de los años estos han venido creciendo, generando en la práctica un progresivo y continuo alejamiento de lo disponible a nivel local respecto de lo disponible a nivel internacional.²⁶ Estos aspectos representan los temas de mayor importancia a futuro en términos de asegurar la consolidación de los procesos innovativos basados en las aplicaciones biotecnológicas en el sector agropecuario y forestal.

²³ Ver Trigo Eduardo J. y Martín Piñeiro (2004) “Los sistemas de semillas en América Latina y el Caribe: Hacia una estrategia y políticas públicas para su desarrollo” Unidad de Desarrollo Rural, Departamento de Desarrollo Sostenible, Banco Interamericano de Desarrollo Washington DC, USA (Nº RUR 04-02)

²⁴ Trigo E. y Piñeiro, M- (2005)

²⁵ Traxler, G. (2008)

²⁶ Mientras que en el caso de la soja tolerante a herbicidas – el primer producto OVM disponible – el tiempo entre la aprobación en los EEUU y la Argentina, fue de alrededor de 12 meses, en el caso del maíz aplicado (tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos), demora se ha extendido a mas de seis años (calculo de los autores en base a la información disponible en www.conabia.sagpya.mecon.gov.ar)

6.8 En resumen, la situación de la región es un claro-oscuro de situaciones, tanto en cuanto a las capacidades como en lo referido al aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria. Con situaciones de gran avance conviviendo con estadios muy incipientes de desarrollo, en algunos casos, dentro de un mismo país, dependiendo de los sectores de aplicación de que se trate. Estos contrastes, también se dan en lo que hace a las políticas que se vienen implementando, aún en los países de mayor grado de avance relativo, y esto es, quizás, la cuestión más importante, ya que las políticas analizadas reflejan –en última instancia – los caminos que los países están eligiendo para moverse en relación a ir construyendo la infraestructura y marcos institucionales necesarios para poder aprovechar a pleno lo que la biotecnología le ofrece a la región. Sobre estos temas es, probablemente, donde existen las mejores oportunidades de comenzar a avanzar en función de ir promoviendo un marco regional más proactivo acerca de la biotecnología agropecuaria. Un primer paso en esta dirección debería ser el comenzar a aprovechar las oportunidades de intercambio y aprendizaje entre los países que se desprenden de la diversidad de situaciones y estadios de desarrollo que hay en la región.

Bibliografía

- 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, and 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.
- COHEN, JI (2005). Poorer nations turn to publicly developed GM crops. *Nature Biotechnology* 23: 27-33
- FALCK- ZEPEDA, J. B “Coexistence, Genetically Modified Biotechnologies and Biosafety: Implications for Developing Countries.” *American Journal of Agricultural Economics*. 88 (Number 5, 2006): 1200–1208.
- FALCK ZEPEDA, José; Cesar FALCONI, José; Luís Maria Jose SAMPAIO SOLLEIRO; Eduardo TRIGO y Javier VERASTEGUI (2007) "Biotecnología Agropecuaria en América Latina: Una visión cuantitativa. BID". En prensa.
- FALK ZEPEDA, J. et.al. (2008) “Biotecnología Agropecuaria para el Desarrollo en América Latina: Oportunidades y Restos”, IDB, forthcoming 2008.
- FUGLIE y PRAY (2000) “The Private Sector and International Technology Transfer”, eds. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- FURMAN, J. L., M. E. PORTER and S. Stern. “The Determinants of National Innovative Capacity.” *Research Policy* 31 (2002) 899–933.
- JAFFEE, S. & SRIVASTAVA, J. 1992. “*Seed system development: the appropriate roles of the public and private sector*”. World Bank Discussion Paper 167. Washington, DC.
- JAMES C (2007) “Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados”: 2007 (resumen ejecutivo) International Service For The Acquisition Of Agri-Biotech Applications
- KATZ Jorge, Alicia, BÁRCENA, César MORALES y Marianne SCHAPER; (Eds) (2004) “Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto.” Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.
- KISHORE, G. M. y C. SHEWMAKER. 1999. “Biotechnology: Enhancing human nutrition in developing and developed world.” *PNAS* 93: 5968-72.
- PARDEY, Philip. “Biotechnology Markets and Policies-Overview. In *The Future of Food. Biotechnology Markets and Policies in an International Setting*,” International Food Policy Research Institute, IFPRI, Washington, DC, 2001.
- PIÑEIRO, Martín (2004) “El Sistema Institucional de Innovación Tecnológica Agropecuaria en América Latina”: Instituciones y Políticas Públicas en el II Encuentro del Sistema INIA's Iberoamérica 4 - 7 Marzo, CIP-Lima, Perú
- PRAY y RAMASWANY (1991), “A Framework For Seed Policy Analysis in Developing Countries.” International Food Policy Research Institute (IFPRI). Washington DC.

ANEXOS

Anexo 1

Proyecto “Capacidad de la Biotecnología Agropecuaria en América Latina” y Metodología utilizada

Objetivo y Alcance del Estudio

El objetivo de este reporte es analizar la situación actual de la investigación y desarrollo de la biotecnología agropecuaria en Latinoamérica. Este reporte servirá para proporcionar 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 América Latina. Adicionalmente, los resultados cuantitativos servirán de base para una discusión más amplia en cuanto a los factores explicativos y análisis de las limitaciones, debilidades, fortalezas, y oportunidades de los diferentes países en la región, así como las acciones estratégicas, políticas y la toma de decisión en general de los países en América Latina. El análisis de políticas y acción estratégica, estarán en un reporte adicional al presente.

En este estudio se consideró todas aquellas herramientas biotecnológicas utilizadas para el mejoramiento genético de plantas, animales y micro-organismos utilizados en la agricultura. Esta demarcación implica que se considero, por ejemplo, el uso de microorganismos para la producción de vacunas para animales pero no para la producción de fármacos.

Metodología

La metodología a seguir para la implementación de este estudio fue una combinación de una encuesta institucional incluyendo al sector público y privado en los diferentes países de la región, suplementada cuando fuese necesario con entrevistas a expertos, y recopilación de toda fuente secundaria disponible. Debido a que no existe un censo formal de todas las instituciones que desarrollan actividades de investigación y desarrollo en biotecnología agropecuaria en América Latina que incluya a todos países de la región, ni listas sistemáticas de las mismas, es imposible tener un estimado fidedigno del universo de las instituciones que implementan biotecnología agropecuaria en América Latina. Por lo tanto las posibilidades de utilizar metodologías de muestreo y análisis estadístico son nulas.

La mejor opción para desarrollar el presente estudio fue la de organizar un equipo de expertos nacionales/regionales, de amplia y reconocida trayectoria y experiencia en la evaluación de la biotecnología agropecuaria en América Latina. El equipo consistió en cuatro consultores nacionales/regionales, un coordinador técnico y la contraparte técnica del BID. El equipo y su rango de acción se detallan a continuación

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

Se organizó un taller metodológico en Lima, Perú (Marzo 2006) para discutir la encuesta de capacidad a implementarse, así como la modalidad de aplicación. Los pasos acordados para el desarrollo de la encuesta con los expertos nacionales/regionales fue la siguiente: 1) Construir una lista de las instituciones públicas y privadas implementando biotecnología en cada país, 2) Seleccionar un grupo de instituciones que representasen aproximadamente un 75-80% de las inversiones en biotecnología agropecuaria en cada país, 3) Envío de la encuesta a cada institución, incluyendo documento de instrucciones para el llenado de la misma y una promesa de confidencialidad respecto a divulgar los datos individuales de cada institución. 4) Seguimiento de instituciones que no respondiesen, 5) Recopilación, resumir y elaboración de un reporte individual por país.

Debido a que la lista de las instituciones que componen el 75-80% del estimado de inversiones en cada país, es una apreciación subjetiva de los consultores nacionales/regionales, la misma esta sujeta a las variaciones y a la incertidumbre común a todo ejercicio de evaluación basado en la opinión de expertos. Sin embargo, el hecho que los expertos que conformaron el estudio tengan una amplia trayectoria en la evaluación de la biotecnología en América Latina, aunado a la amplias consultas hechas por el equipo con expertos, autoridades, gobierno y sector privado; nos dan un nivel de confianza muy aceptable respecto a los resultados presentados en ese reporte.

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

En vista que la construcción de la lista de instituciones fue hecha de manera subjetiva, pueda ser que se haya dejado afuera de la misma, alguna institución que estuviese desarrollando actividades de I+D en biotecnología en cada país. Sin embargo, debido a que se estaba buscando identificar aquellas organizaciones que contribuyesen en mayor proporción al proceso de innovación, constituyendo un esfuerzo conciente de identificar aquellas organizaciones que dominasen las diferentes técnicas y metodologías de investigación biotecnológica. Así mismo, existieron organizaciones a las cuales se les mandó la encuesta y que no respondieron o no respondieron a tiempo para poder ser incorporadas en el reporte final. Esto es resultado normal en cualquier tipo de encuesta.

El cuadro a continuación presenta la lista de las instituciones públicas y privadas, que utilizan técnicas biotecnológicas en América Latina y que fueron encuestadas por el proyecto comisionado por el BID "Biotecnología Agraria en América Latina." Esta lista es una compilación de los datos obtenidos en la encuesta hecha por los expertos combinada con la información secundaria disponible durante este estudio y no pretende tener carácter exhaustivo en cuanto a las instituciones trabajando con biotecnología agropecuaria en América Latina. En otras palabras, dado de que no existe una fuente confiable respecto del universo de instituciones a partir del cual seleccionar una muestra a encuestar, se trabajó en base a la información disponible y la opinión de fuentes calificadas, con la idea de incluir a las instituciones publicas y privadas de mayor peso en cada país, tratando de asegurar que las instituciones incluidas representasen al menos un 75-80% de las inversiones de cada país en el sector.

En este sentido, es importante destacar que por este motivo y, si bien se puede asegurar que los resultados obtenidos son mas que representativos de la situación, no es posible hacer un tratamiento de los mismo riguroso desde el punto de vista estadístico.

Dos casos interesantes respecto a cómo se trabajó en este sentido, son los de Brasil y el de México, particularmente por el gran tamaño de los sistemas de investigación. De acuerdo al cuadro 1, en el Brasil aparecen solo 7 empresas privadas integrando la muestra (3 compañías privadas nacionales y 4 multinacionales) y desarrollando diferentes actividades biotecnológicas en el país. 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– desarrollando actividades. Sin embargo, el caso es que la mayoría de las empresas privadas están centradas en implementar las pruebas de campo confinadas que son necesarias para cumplir con los requisitos de bioseguridad de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad de Brasil (CTNBio) y las pruebas estándares de rendimiento que corresponden a esfuerzos genuinos de I&D. De hecho, estas compañías no reportan inversiones en investigación en biotecnología, limitándose -por ahora- a importar tecnologías desarrolladas afuera del país y llevar adelante solo los trabajos que le son absolutamente necesarias para tramitar las aprobaciones necesarias para su uso en el país. Por este motivo, la muestra sólo incluyo aquellas empresas que tuvieran inversiones nacionales en I&D y el mismo criterio se usó en otros casos, como el de Argentina. El caso de México es muy similar al del Brasil, ya que existe un sistema de investigación bastante grande y con muchas inversiones en biotecnología.

Número de organizaciones trabajando en biotecnología en América Latina y que fueron encuestadas

País	Privada	Publica	Total
Argentina	5	10	15
Bolivia	0	7	7
Brasil	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 ²	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
R. B. Venezuela	0	4	4
Total	54	154	208

Notas: 1) ¹El total global de instituciones trabajando en México es aproximadamente 30 en el sector privado y 109 en el sector público.

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

Anexo 2

Análisis cualitativo y datos de los sistemas de innovación en América Latina: Un Mapeo de Capacidades por país

En este anexo describimos brevemente una aplicación del modelo de análisis de los determinantes de la innovación propuesto por Furman, Porter y Stern (2003) de modo que se tenga una visión cualitativa de la investigación y desarrollo en general, bastante amplia, y de los factores que apoyan la investigación en biotecnología en América Latina. No es sorprendente el hecho que los países que tienen un nivel elevado de innovación bastante avanzados, tienden a tener sistemas de innovación biotecnológico también avanzados.

Nótese que es importante, desde el punto de vista de identificar intervenciones políticas, el identificar la importancia relativa de los factores de determinan la innovación y las intervenciones estratégicas basado en capacidad actual y esperada a largo plazo. Para hacer este tipo de análisis es indispensable hacer estudios cuantitativos. Sin embargo aun un análisis cualitativo de la capacidad de innovación, puede ayudar a cada uno de los países a identificar brechas, limitaciones, y debilidades que afectan al sistema de innovación haciéndolo ineficiente, inefectivo o no respondiente. Además, conocer las fortalezas y oportunidades de los sistemas de bio-innovación ayudará a identificar la frontera de investigación y el potencial futuro para cada país en particular. Este proceso, en conjunto con el proceso de establecimiento de prioridades robusto y el desarrollo de matrices de políticas y análisis estratégicos de la tecnología nos permite apoyar el desarrollo de políticas apropiadas.

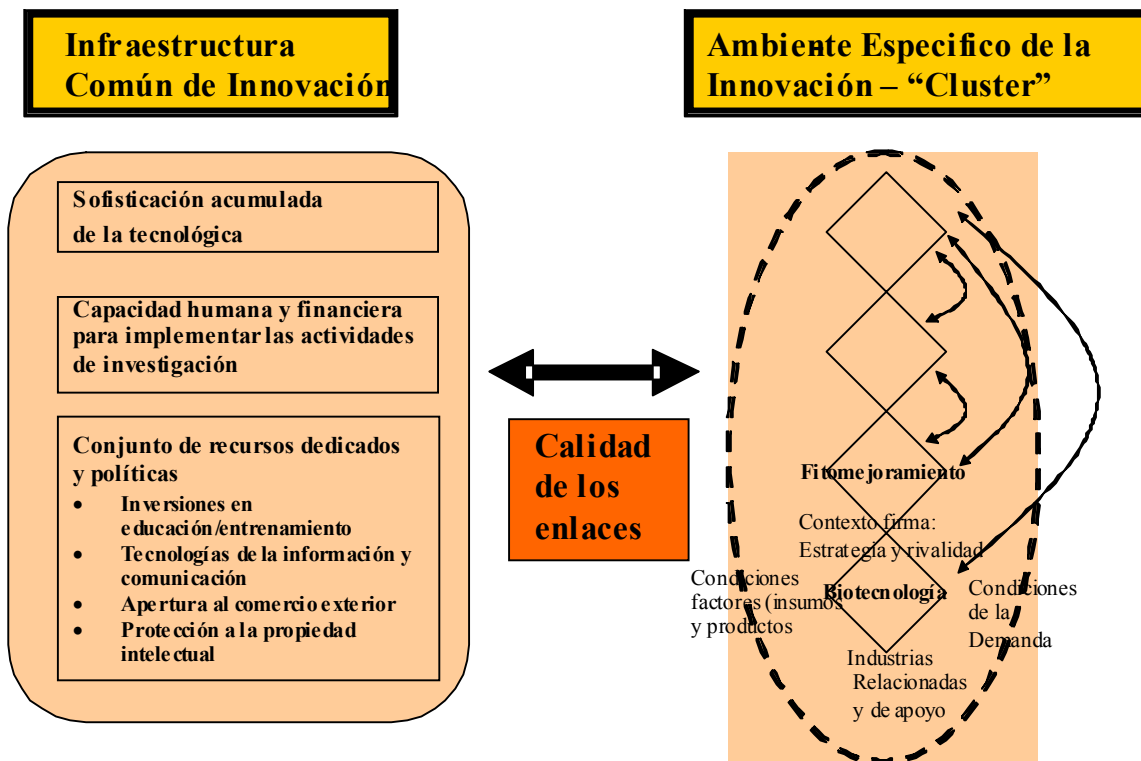
El modelo de Furman , Porter y Stern (2002) para la determinación de la capacidad nacional de innovación considera dos dominios distintos y enlaces entre los mismos, tal como se muestra en la Figura 1. En el dominio del nivel (agregado) nacional, se consideran aquellos determinantes de la innovación comunes a todas las actividades innovadoras bajo el título de “Infraestructura Común de Innovación.” Esta es la base de la habilidad de una nación de apoyar todas las actividades específicas de innovación, y en algunos a crear innovaciones por sí mismas. Ciertamente la posibilidad existe que grupos específicos o firmas en un país puedan crear innovaciones sin contar con la existencia formal de una infraestructura común de innovación, ya que se han observado este tipo de situaciones. Sin embargo la capacidad nacional de innovación largo plazo se ve afectado fuertemente con la falta de este componente. La pregunta inmediata es cuál es el tamaño mínimo de la infraestructura común de innovación. Esta no es una pregunta fácil de responder, ya que variara de país a país. Lo importante es analizar cada país como un sistema, y después examinar que es lo afecta la innovación para cada grupo específico de innovación.

La innovación ocurre más que todo en grupos específicos implementando actividades de investigación y desarrollo que culminan en innovaciones. Estos grupos, denominados por Furman, Porter and Stern (y otros autores) como “clusters” son la unidad básica de la capacidad de innovación. Los clusters pueden consistir de grupos de investigadores, firmas, institutos o consorcios de equipos de investigación. Cada cluster individual está conectado a otros clusters, interactuando para apoyar la capacidad de innovación (Ver Figura 1) Cada cluster a su vez, está sujeto a una serie de condiciones de la demanda de los factores de insumo y producto, y el contexto individual de la firma por competencia y rivalidad. Cada cluster está fuertemente atado a las actividades de industrias relacionadas y de apoyo.

Este es un proceso muy dinámico donde las oportunidades e ideas surgen de acuerdo con la Fortaleza del sistema de innovación.

La Figura 1, por ejemplo, describe dos clusters, el Fitomejoramiento (asociado con el uso y la conservación de los recursos fitogenéticos) y la biotecnología. Sin embargo, se puede argumentar que estos dos clusters, actualmente convergen mucho, y que con el tiempo podrán unirse bajo un super-clusters denominado “mejoramiento biológico de los cultivos” o incluimos animales y microorganismos “bio-innovación”.

Figura 1. El Modelo de Furman, Porter y Stern de los determinantes de innovación



Fuente: Furman, Porter y Stern (2002).

Nótese que todos los clusters residen en el ambiente específico de los clusters y estos conjuntamente con la infraestructura común de innovación, de modo que los enlaces entre estos dos dominios, y entre clusters, se vuelven críticos en determinar la capacidad nacional de innovación. La importancia de estos enlaces no puede ser enfatizada lo suficiente ya que se ha demostrado que los enlaces son críticos para el proceso de innovación, tanto como los factores internos de cada cluster.

Los modelos de sistemas de innovación han sido discutidos críticamente en diferentes estudios. Una crítica que podemos hacer de los mismos, es que por definición se centran en el proceso de innovación, pero no describen el proceso por el cual los productos de la innovación se mueven del innovador al productor. Furman, Porter y Stern, reconocen de manera indirecta esta limitación, ya que para implementar el estudio cuantitativo que hicieron, usaron patentes como una aproximación de los

productos de la innovación. A pesar de las muchas debilidades de usar patentes, el razonamiento de estos autores es que por lo menos este parámetro proporciona una idea del deseo del innovador de mover el producto al mercado.

En el caso específico de Fitomejoramiento y biotecnología, sabemos que los sistemas de semillas son el mecanismo de entrega. De hecho, los artículos de Atanassov et al. (2003) y Cohen (2005) argumentan de manera fuerte, que la mayoría de las instituciones del sector público no han sido exitosas en transferir un cultivo OGM a los productores. Es más, para muchas de las tecnologías descritas en estos dos artículos, no se cuenta con un plan para transferir las mismas a los productores. Existen inversiones significativas que son necesarias para transferir las tecnologías OGM a los productores incluyendo el obtener aprobación regulatoria de la bioseguridad, monitoreo post-aprobación, integración a las cadenas productivas, extensión y transmisión del conocimiento acerca del uso de estas tecnologías, que necesitan acompañar a la tecnología para maximizar su valor a los productores (para observar un argumento similar ver Tripp 2003 y Falck Zepeda 2006).

El valor de separar países en diferentes situaciones de políticas basadas en indicadores específicos y tipos de innovación (como fue hecho en el trabajo de Trigo) es que es posible generar mapas cualitativos entre países e intervenciones políticas. Idealmente, es posible, si hubiese datos disponibles, el estimar la influencia por determinante de manera cuantitativa para explicar la innovación. Este proceso permite señalar que tan importante son las brechas y limitaciones dentro del proceso de innovación. De hecho este es el proceso seguido por Furman, Porter y Stern (2003) en su modelo para los países miembros de la Organización Económica de Cooperación y Desarrollo (OECD). Como no se cuenta con datos tan completos para los países en América Latina, no es posible hacer este análisis. Escogimos en su defecto, el perseguir una combinación de las aproximaciones usadas por Furman et al. (2003), Fuglie y Pray (2000), y Trigo (2003) en este documento. .

Una lección importante de esta tipología y clasificación descrita por Trigo (2003) es que los países que pueden ser clasificados en la “Desarrollando el marco para el uso de productos biotecnológicos” se concentran en desarrollar la infraestructura básica para implementar investigación y desarrollo para el uso y conservación de materiales fitogenéticos, Fitomejoramiento convencional, en vez de tratar de desarrollar capacidades avanzadas de biotecnología. Esto implica también el fortalecer la capacidad interna, convirtiéndose en importadores selectivos de tecnología en un futuro inmediato. Este proceso, involucra inversiones en la infra-estructura común de innovación que tome ventaja de plataformas básicas para tomar ventaja de los “spillovers” de países innovadores o en la categoría de “Mejorando la eficiencia y los productos de la investigación agrícola, a través del incremento en el uso de herramientas biotecnológicas”

En el Cuadro A2.1 presentamos una evaluación cualitativa-cuantitativa de la capacidad de innovación biotecnológica basada en los determinantes en los Cuadros A2.2 al A2.7. Para cada determinante (columnas relevantes en los cuadros A2.2-A2.7) calculamos usando formulas en hojas de cálculo en Excel, el ranking porcentual para cada país y determinante. Esto nos permitió establecer la capacidad relativa de cada país con respecto a los demás países de la región. Después tomamos un promedio de todos los valores ignorando los valores ausentes. Este promedio sirvió para hacer un mapeo entre los promedios y las tres categorías usadas que incluye media-alta, media, y baja. Reconocemos de

esta forma que los países en América Latina no tienen una capacidad alta de innovación, lo cual concuerda con el texto de este estudio. Para un análisis más cuantitativo, lo ideal sería tener datos de todos los países en el mundo, y de allí establecer rangos efectivos para cada nivel de capacidad. En su defecto, escogimos el procedimiento usado el cual es muy burdo y debe ser considerado como preliminar, que nos da una idea del nivel de innovación en la región.

Los resultados de este ejercicio nos muestran que Argentina, Brasil y México, tienen una capacidad media-alta de innovación e innovación biotecnológica. En cambio, Chile, Costa Rica, Colombia, Panamá, Perú, Uruguay, y Venezuela; muestran una capacidad media para la innovación, mientras que Bolivia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Paraguay, y República Dominicana, muestran una capacidad baja para la innovación y la innovación biotecnológica. Lo interesante de estos resultados no es la clasificación en las categorías antes mencionadas, sino más bien la discusión de los determinantes los cuales se usan para hacer esta determinación. Es más, es interesante notar que a pesar que un país puede mostrar una “capacidad de innovación” baja o media, puede tener ciertas características que demuestran fortaleza en uno de los determinantes, y que puede ayudar a balancear deficiencias en otros. Por ejemplo, El Salvador a pesar de tener una extensión superficial y área arable muy pequeña, tiene una política muy liberal respecto a los sistemas de semillas. Esto proporciona un incentivo que puede apoyar el desarrollo de sistemas formales de semillas, el cual en la práctica se observa al existir compañías relativamente fuertes de semillas en el país.

Otros dos ejemplos, realizados en el texto de este reporte, son Uruguay y Costa Rica. Las condiciones del desarrollo particular de estos dos países, nos indica una capacidad de innovación más elevada que muchos de los países de la región. Sin embargo, el tamaño del mercado, siendo países pequeños, limita la capacidad de innovación de estos países. En este sentido, el análisis aquí planteado debe proseguir usando métodos más cuantitativos para buscar identificar relaciones entre los diferentes determinantes y países en la muestra.

Cuadro A2.1 Valorización cualitativa de la capacidad biotecnológica basada en determinantes de innovación

País	Infraestructura Común de la Innovación			Enlaces, redes y la capacidad de transferencia de tecnologías		Ambiente Específico al Cluster	Valoración total
	Capacidad General de Innovación	Situación de la Propiedad Intelectual	Asuntos de la economía total	Tamaño del mercado	Fortaleza del sector privado		
Argentina	+++	+++	+++	+++	++	+++	+++
Bolivia	++	+	++	++	++	++	+
Brasil	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Chile	+++	+++	+++	++	+++	++	++
Colombia	++	+++	+++	++	+++	+++	++
Costa Rica	++ 1/2	++	++	++	++	++	++
Ecuador	+	++	++	++	++	+	+
El Salvador	+	++	++	+ 1/2	++	+	+
Guatemala	+	++	++	++	+	++	+
Honduras	+	+	++	+	++	++	+
México	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Nicaragua	+	+	+	++	++	+	+
Panamá	+++	++	++	+	+++	+	++
Paraguay	++	+	++	+++	+	++	+
Perú	++	++	++	++	++	++	++
Rep. Dominicana	+	+	++	++	++	+	+
Uruguay	+++	+++	++	++	++	+++	++
Venezuela	++	++	++	++	+	++	+

Notas: +++=media alta, ++=media, +=baja

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Dominio 1: Infraestructura Común de la Innovación

Cuadro A2-2. Capacidad General de Innovación

País	Inversiones en Investigación y desarrollo (% del PND) ¹	Investigadores empleados en investigación y desarrollo (Número por cada millón de personas) ²	Inversiones públicas en educación (% del PND) ²	Promedio de publicaciones científicas y técnicas, 1986-1999 (Número) ³	Número de computadoras personales (# por cada 1,000 personas) ³	Personas matriculadas nivel terciario (Número) ⁴	Personas matriculadas a nivel terciario por cada millón de habitantes ⁵
Argentina	0.42	706	4.2	1837	81	1,953,453	51,901
Bolivia	0.29	97	6.0	18	24	315,146	36,382
Brasil	0.97	344	4.3	3166	75	3,370,900	18,843
Chile	0.58	423	4.0	838	114	530,429	33,632
Colombia	0.18	93	4.8	149	50	1,000,065	22,978
Costa Rica	0.36	n.a.	4.8	62	197	81,277	19,853
Ecuador	0.06	45	1.2	22	35	206,541	16,301
El Salvador	0.08	39	2.7	2	29	114,954	17,625
Guatemala	n.a.	n.a.	n.a.	20	15	111,739	9,533
Honduras	0.05	n.a.	n.a.	6	13	108,094	16,045
México	0.40	248	5.3	1585	83	2,143,461	21,254
Nicaragua	0.05	n.a.	3.5	7	30	100,140	19,389
Panamá	0.35	97	4.4	34	38	122,510	40,000
Paraguay	0.09	83	4.6	6	36	117,623	20,485
Perú	0.10	n.a.	2.9	66	59	847,856	31,684
Rep. Dominicana	n.a.	n.a.	2.1	7	0	290,260	34,087
Uruguay	0.25	287	2.7	84	115	98,579	29,073
Venezuela	0.38	n.a.	n.a.	389	62	859,720	34,090

¹ USAID-LAC, 2007; ² UNESCO, 2007; ³ WBDI, 2006; ⁴ CEPAL/ECLA 2006; ⁵ Estimado por los autores.

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro A2-3. Situación de la Propiedad Intelectual

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

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro A2-4. Datos Económicos

País	Índice del desarrollo y el comercio exterior del 2005 (número índice)	Ranking del Índice del desarrollo y comercio exterior (Ranking global)	Población promedio 2001-2003 (Millones)	Población esperada al 2050	Tasa de crecimiento de la población del 2001/2003 al 2050	PNB per capita promedio 2000-2004 (Millones de dólares internacionales del 2000, WBDI 2006)	PNB promedio del 2000-2004 (Millones de dólares internacionales del 2000, WBDI 2006)
Argentina	554	43	38	49	0.6%	7,168	269,711
Bolivia	449	67	8	14	1.3%	1,015	8,798
Brasil	488	54	180	228	0.6%	3,480	622,576
Chile	588	40	15	19	0.5%	5,136	81,050
Colombia	483	57	41	65	1.2%	2,019	87,918
Costa Rica	572	35	4	6	1.0%	4,136	16,946
Ecuador	431	73	13	20	1.2%	1,370	17,369
El Salvador	454	65	6	12	1.9%	2,090	13,634
Guatemala	404	82	11	23	2.2%	1,723	20,199
Honduras	433	72	7	13	1.9%	939	6,330
México	505	49	102	148	0.9%	5,871	592,050
Nicaragua	435	71	5	9	1.8%	799	4,128
Panamá	574	37	3	5	1.5%	3,979	12,192
Paraguay	405	81	6	15	3.2%	1,380	7,918
Perú	449	68	27	38	0.9%	2,098	56,173
Rep. Dominicana	444	69	9	14	1.4%	2,455	20,913
Uruguay	580	33	3	4	0.2%	5,723	19,400
Venezuela	440	70	24	37	1.1%	4,530	114,123

Dominio 2. Enlaces, redes y la capacidad de transferencia de tecnologías

Cuadro A2-5. Tamaño del mercado

Indicadores	Suelo arable (% del total)	Suelo arable (1,000s KM2 - Promedio 2000-2003)	Índice de producción de los cultivos (1999-2001=100)	Población Millones (Promedio 2000-2004)	Tasa de crecimiento poblacional (% promedio 2000-2004)	Valor agregado de la agricultura (% del PNB)	Valor interno del mercado de semillas (Millones US\$)	Valor importación de semillas (Millón US\$ FOB)	Valor exportación de semillas (Millón US\$ FOB)	Intensidad de la intervención regulatoria en el mercado de semillas (6= Mas alta 1 = Mas baja)
Argentina	47	274	106	38	1.0	7	930	39	56	6
Bolivia	34	33	116	9	2.0	16	35	6	2	4
Brasil	31	592	120	179	1.4	9	1,500	50	52	5
Chile	20	22	111	16	1.2	6	120	26	171	5
Colombia	44	23	107	44	1.6	13	40	14	3	6
Costa Rica	56	2	100	4	2.1	11	n.a.	7	8	4
Ecuador	29	17	96	13	1.5	12	12	8	n.a.	6
El Salvador	82	7	91	7	1.9	12	n.a.	n.a.	n.a.	1
Guatemala	42	14	103	12	2.4	23	n.a.	9	14	6
Honduras	27	11	119	7	2.4	18	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
México	56	248	104	101	1.5	5	350	372	109	2
Nicaragua	57	19	115	5	2.0	21	n.a.	n.a.	n.a.	6
Panamá	30	5	104	3	1.9	8	n.a.	6	n.a.	6
Paraguay	62	31	121	6	2.4	24	70	11	n.a.	5
Perú	17	38	108	27	1.5	10	30	8	12	4
Rep. Dominicana	76	11	110	9	1.5	12	7	2	n.a.	3
Uruguay	85	14	113	3	0.7	8	70	19	3	5
Venezuela	25	26	96	25	1.8	5	n.a.	18	1	5

Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina:
Oportunidades y Retos

Cuadro A2-6. Fortaleza del sector privado

Indicadores	Crédito doméstico al sector privado en el 2004 (% del PNB)	Facilidad de hacer negocios (Ranking global al 2006)	Costo promedio de fundar una empresa (Promedio 2001-2003 % del Ingreso Individual Bruto per capita)	Capitalización de mercado de las compañías listadas en las respectivas bolsa de valores (% del PNB)
Argentina	19	101	12.1	58
Bolivia	54	131	140.6	19
Brasil	37	121	9.9	40
Chile	60	28	9.8	95
Colombia	30	79	19.8	17
Costa Rica	21	105	23.5	15
Ecuador	27	123	31.8	7
El Salvador	40	71	75.6	13
Guatemala	19	118	52.1	1
Honduras	36	111	60.6	n.a.
México	22	43	14.2	20
Nicaragua	25	67	131.6	n.a.
Panamá	88	81	23.9	24
Paraguay	24	112	136.8	3
Perú	22	65	32.5	24
Rep. Dominicana.	32	117	30.2	n.a.
Uruguay	41	64	44.2	1
Venezuela	12	164	25.4	5

Dominio 3 Ambiente Específico al Cluster

Cuadro A2-7. Capacidad de la biotecnología: Habilidad de cumplir con los requisitos de bioseguridad

País	Número de cultivos en los cuales se han conducido ensayos confinados de campo – Total (BID 2007)	Bioseguridad: ¿Ha sido esta etapa regulatoria aprobada o implementada en el país?			Área sembrada con cultivos OGMs (1000 Hectáreas 2006)
		Ensayos contenidos de laboratorio / invernadero (BID 2007)	Ensayos confinados de campo (BID 2007)	Aprobaciones para cultivo a nivel comercial (BID 2007)	
Argentina	7	S	S	S	1,800
Bolivia	1	?	?	S	?
Brasil	8	S	S	S	1,150
Chile	13	S	S	S/N	0
Colombia	8	S	S	S	25
Costa Rica	4	S	S	N	0
Ecuador	0	N	N	N	0
El Salvador	0	N	N	N	0
Guatemala	2	S	S	N	0
Honduras	2	S	S	S	5
México	6	S	S	S	100
Nicaragua	0	N	N	N	0
Panamá	0	N	N	N	0
Paraguay	1	N	N	S	2,000
Perú	1	S	N	N	0
Rep. Dominicana	0	N	N	N	0
Uruguay	5	S	S	S	400
Venezuela	4	S	N	N	0
Total América Latina	62	S = 11 N = 6 ¿ = 1	S = 9 N = 8 ¿ = 1	S = 8 N = 9 S/N = 1	3,680

Por cualquier información ulterior por favor dirigirse a:

**Jefe de Servicio para América Latina y el Caribe
División del Centro de Inversiones de la FAO
tel +39 06 57053196 – fax +39 06 57054657
TCIO-Service-Chief@fao.org**

**o visitar el sitio web del Centro:
www.fao.org/tc/tci/index_es.asp**