

La Agrobiotecnología Agrícola en las Américas:

Una mirada a la situación actual y
a las tendencias futuras¹



Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

1. Documento preparado por Eduardo J. Trigo y Federico Villareal del Grupo CEO en coordinación con el Programa Hemisférico de Biotecnología y Bioseguridad del IICA

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2009

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

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

Coordinación editorial: Bryan Muñoz, Ramón Lastra y Eduardo Rojas
Corrección de estilo: Marta Kandler
Diagramado: Zona Creativa
Diseño de portada: Karla Cruz
Impresión: IICA Sede Central

Trigo, Eduardo J.

La agrobiotecnología en las Américas: una mirada a la situación actual y a las tendencias futuras / Eduardo J. Trigo, Federico Villareal -- San José, C.R.: IICA, 2009. 72 p.; 28 cm.

ISBN13: 978-92-9248-030-1

1. Biotecnología agrícola 2. Comercio internacional 3. América Latina 4. Caribe I. Villareal, Federico II. IICA III. Título

AGRIS
F30

DEWEY
660.6

San José, Costa Rica
2009

Tabla de contenido

Introducción.....	5
1. La agrobiotecnología en el mundo.....	7
- Evolución de las principales aplicaciones de la biotecnología en el mundo....	7
- Panorama actual y panorama futuro (a corto y mediano plazos)	10
- El papel de la biotecnología en la dicotomía energía-alimentos.....	10
- El surgimiento de la bioeconomía.....	13
2. El estado de la biotecnología en América Latina.....	21
- El potencial regional para el aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria: la disponibilidad de suelo agrícola y la biodiversidad	21
- La riqueza de la biodiversidad regional.....	27
- Los marcos institucionales de bioseguridad, propiedad intelectual y transferencia de tecnología.....	30
<i>Políticas de bioseguridad.....</i>	<i>30</i>
<i>Políticas de propiedad intelectual.....</i>	<i>32</i>
<i>Políticas de transferencia de tecnología.....</i>	<i>34</i>
- Origen y aplicación de las innovaciones aplicadas a la agrobiotecnología en la región.....	34
3. Impacto económico, social y ambiental de la agrobiotecnología en el sector agropecuario de las Américas.....	37
- Las ventajas de la adopción temprana de OGM.....	37
<i>Ventajas económicas</i>	<i>38</i>
<i>Ventajas ambientales</i>	<i>39</i>
<i>Ventajas sociales.....</i>	<i>40</i>
<i>Las oportunidades posibles.....</i>	<i>41</i>
4. Principales desafíos regionales para el pleno aprovechamiento de la agrobiotecnología.....	45
- Inversión en investigación y desarrollo en América Latina.....	45
- Sistema regulador en biotecnología.....	50
- Los posibles escenarios para la evolución de la biotecnología.....	54
<i>La ampliación y diversificación del flujo de innovaciones</i>	<i>57</i>
<i>Las regulaciones nacionales e internacionales.....</i>	<i>60</i>
<i>La biotecnología más allá de los cultivos transgénicos.....</i>	<i>65</i>
<i>El escenario más probable</i>	<i>65</i>
Literatura Citada	67
Literatura Consultada.....	68

Introducción

El mundo enfrenta un dilema particularmente acuciante: por un lado se le pide incrementar la producción y la productividad; por otro, cada día son más evidentes los riesgos medioambientales que se corren si se mantienen las actuales prácticas productivas, prácticas que parecen insostenibles, desde el punto de vista energético y desde el punto de vista de los recursos naturales.

Esta no es una situación nueva; el mundo ha estado en situaciones similares. De hecho, hace 50 años se vivió un conflicto parecido entre el crecimiento de la población y el estancamiento en la oferta de alimentos. En aquel momento, el surgimiento de lo que se ha dado en llamar “la revolución verde” ofreció una respuesta tecnológica exitosa y permitió incrementar la producción de cultivos alimenticios, atender la demanda de alimentos y evitar una posible crisis alimentaria. Mejores variedades de plantas y un mayor y mejor uso de los insumos, como el agua y los fertilizantes, junto, en algunos casos, a la incorporación de nuevas tierras, permitieron una producción mayor y más equilibrada (Echeverría y Trigo 2008).

Esas tecnologías, si bien no han perdido su relevancia en muchos lugares, ya no parecen ser tan potentes como hace dos o tres décadas: la productividad encuentra topes en los límites genéticos, la escasez de agua afecta la producción, la competencia entre el uso humano y el agrícola plantea enfrentamientos difíciles. Además, la preocupación por el

cambio climático entra en conflicto con el uso intensivo de insumos agrícolas, que con frecuencia son vistos como uno de los peores males en términos de emisión de CO₂. Y si este no fuera el caso, la escasez energética —basta ver el incremento dramático en el precio de los combustibles— hace que la continuación de los patrones tecnológicos actuales deba ser tomada, en cualquier caso, como un mal menor y no una auténtica solución a la problemática que se avecina. Muy por el contrario, la agricultura, en su carácter de fuente de biomasa, es apreciada, cada vez más, como una actividad clave ante el surgimiento de este nuevo escenario energético.

La experiencia ha mostrado que el impacto medioambiental de la industria es directamente proporcional al nivel de actividad económica (por ejemplo, si la producción se duplica, el impacto se duplica). Entonces, si se incrementa la producción, hay que hacer mejoras en el desempeño ambiental o en la eficiencia ecológica de la tecnología que se utilice, para evitar el consiguiente aumento en el impacto ambiental. Y, para que esto sea posible, las innovaciones científicas y tecnológicas resultan esenciales.

En su informe *The application of biotechnology to industrial sustainability*, la OCDE (2001) propone una estrategia de trabajo que permita incrementar la producción y la productividad perfeccionando los requisitos tecnológicos y dejando constante el medio ambiente. Según este estudio, si el crecimiento industrial alcanzara una tasa constante del 4%, la

mejoría del medio ambiente, por medio de mejoras en las tecnologías de producción convencionales, sería imposible. Una mejoría de esa naturaleza exige un cambio de paradigma en la aproximación científica y tecnológica que solo será posible a través de los avances que se logren en el campo de la biotecnología moderna, tanto en lo que se refiere a la producción agrícola (cultivos transgénicos), como a la biotecnología industrial. Posibilitar la incorporación de esta visión en el diseño de políticas es un desafío esencial.

En este contexto, la biotecnología, entendida como *el conjunto de técnicas que utilizan organismos vivos o sustancias derivadas de estos organismos para modificar un producto, mejorar plantas o animales o desarrollar microorganismos para usos específicos* (Cohen 1994), comienza a cobrar importancia como una forma de encontrar soluciones a los conflictos antes mencionados. A partir del descubrimiento de la estructura del ADN, los avances en biología, en las tecnologías de la comunicación (TIC) y en las nanociencias han creado un panorama científico y tecnológico que no solo puede reconfigurar las relaciones insumo-producto, sino también rediseñar e incluso “crear” productos y procesos completamente nuevos. Al abrir la posibilidad de cambiar los “límites” de los procesos biológicos y su manera de interactuar con los recursos naturales (por ejemplo, con el suelo, el agua y la energía solar), las nuevas tecnologías están abriendo un sorprendente abanico de oportunidades, no solo para los alimentos, las fibras y la producción de energía, sino en casi todos los sectores de la economía, incluidos los productos farmacéuticos y la industria en general. Este proceso ha ido ganando terreno, y ya han comenzado a aparecer nuevos actores y nuevas instituciones, legales y reguladoras, como reflejo de la nueva producción científica y tecnológica, y como reflejo también de la aparición de nuevos mercados y nuevos patrones de comercio internacional (Katz et al. 2004).

Existe un amplio consenso sobre la difusión del paradigma biotecnológico como una tecnología genérica y multidisciplinaria, que puede afectar a un conjunto muy amplio de actividades y sectores. La biotecnología muestra además una fuerte convergencia con otras tecnologías, como las tecnología de la información (TIC) y la nanotecnología (Machinea et al. 2008).

Con este escenario como telón de fondo, en este documento nos proponemos analizar la situación de los países de la Región en cuanto a la adopción de agrobiotecnologías y su posible impacto, tanto en el ámbito nacional como en el regional. Para esto, hemos considerado distintas fuentes de información, entre ellas, estudios nacionales e internacionales, noticias relacionadas con la agrobiotecnología y la consulta a informantes clave.

El documento se divide en cuatro secciones, además de la introducción. En la primera sección se presenta, de forma somera, el estado de la agrobiotecnología en el mundo así como los principales debates que se han suscitado alrededor de ella. En la segunda sección se describe el estado de la biotecnología en América Latina, poniendo énfasis en el potencial de la región (disponibilidad de recursos naturales, económicos e institucionales, entre otros). En la tercera sección se analizan los impactos económicos, sociales y ambientales de la adopción tecnológica, contraponiendo los beneficios y riesgos de la adopción temprana de los organismos genéticamente modificados (OGM) frente a una adopción más demorada. Brasil y Argentina figuran como “casos-testigo”. Finalmente, en la última sección se plantean los desafíos que enfrenta la región para avanzar en el aprovechamiento de la agrobiotecnología; se analizan las principales limitantes, al tiempo que se plantean posibles escenarios globales, en los que aún no está definido el papel que jugaría la región.

1

La agrobiotecnología en el mundo

Antes de dirigir la mirada a América Latina queremos echar un vistazo a la situación de la agrobiotecnología en el mundo. Se aborda en primer lugar su evolución, para luego presentar los avances en la construcción del escenario actual y lo que se espera a corto y mediano plazo. Seguidamente, se plantean distintas posiciones con respecto a la discusión entre producción de alimentos y producción de biocombustibles. Por último, se analiza el surgimiento de la bioeconomía y la posición en que se ubica América Latina ante este nuevo paradigma que, por definición, incluye a la biotecnología.

No pretendemos dar por terminada ninguna discusión, sino presentar las principales ideas que informan la discusión que actualmente tiene lugar con respecto a las nuevas tecnologías.

Evolución de las principales aplicaciones de la biotecnología en el mundo ²

Desde la introducción en 1996 del primer cultivo de un organismo vivo modificado (OVM) —la soja tolerante a herbicidas—, la agrobiotecnología ha experimentado un crecimiento constante, tanto en lo que se refiere al área cultivada como al tipo de cultivos y a los países que han adoptado esta tecnología. La cifra que se registró en 2007 fue de 114,3 millones de hectáreas cultivadas con transgénicos, un 12% por encima de los guarismos del año anterior. Doce años después, se han cultivado cerca de 700 millones de hectáreas con este tipo de innovación, y la población que hoy utiliza cultivos transgénicos representa el 55% de la población del planeta (3

600 de 6500 millones). Este proceso ha generado considerables beneficios económicos, sociales y ambientales, tanto para los agricultores —de países industriales y de países en desarrollo—, como para los consumidores, por la expansión que ha permitido en la oferta mundial de bienes agropecuarios.

En 2007, 23 países sembraron cultivos transgénicos (cuadro 1) y otros 29 (o sea 52) han otorgado, desde 1996, permisos regulados para el cultivo de transgénicos para consumo humano y animal y su liberación al ambiente. En total se han otorgado 615 aprobaciones para 124 eventos transgénicos en 23 cultivos. De los 52 países que otorgaron dichos permisos, Japón lidera la lista, seguido de Estados Unidos, Canadá, Corea del Sur, Australia, México, Filipinas, Nueva Zelanda, la Unión Europea y China. El maíz es el cultivo que tiene más eventos transgénicos aprobados (40), seguido del algodón (18), la canola (15) y la soja (8). El evento transgénico que cuenta con más aprobaciones es la soja tolerante a herbicida GTS-40-3-2, autorizado en 24 países (Unión Europea=27 aplicaciones que cuentan como única aprobación), seguido del maíz resistente a insectos (MON810) y el tolerante a herbicidas. En términos globales el 54% de la soja, el 43% del algodón, el 24% del maíz y el 20% de la canola que se cultivan en el mundo son OVM (James 2007).

En la actualidad, 12 millones de agricultores de todo el mundo participan en el cultivo de productos genéticamente modificados, y más del 90% de ellos (11 millones) son productores pequeños o de escasos recursos de países en desarrollo. La mayoría de estos últimos

2. Salvo expresa mención de lo contrario, esta sección ha sido parafraseada de James (2007).

Cuadro 1
Área global de cultivos transgénicos en 2007, por país
 (en millones de hectáreas).

	País	Área (Millones de ha)	Cultivo transgénico
1	EEUU	57,7	Soja, maíz, algodón, canola, zapallo, papaya, alfalfa
2	Argentina	19,1	Soja, maíz, algodón
3	Brasil	15	Soja, algodón
4	Canadá	7	Canola, maíz, soja
5	India	6,2	Algodón
6	China	3,8	Algodón, tomate, álamo, petunia, papaya, pimienta
7	Paraguay	2,6	Soja
8	Sudáfrica	1,8	Maíz, soja, algodón
9	Uruguay	0,5	Soja, maíz
10	Filipinas	0,3	Maíz
11	Australia	0,1	Algodón
12	España	0,1	Maíz
13	México	0,1	Algodón, soja
14	Colombia	<0,1	Algodón, clavel
15	Chile	<0,1	Maíz, soja, canola
16	Francia	<0,1	Maíz
17	Honduras	<0,1	Maíz
18	Rep. Checa	<0,1	Maíz
19	Portugal	<0,1	Maíz
20	Alemania	<0,1	Maíz
21	Eslovaquia	<0,1	Maíz
22	Rumania	<0,1	Maíz
23	Polonia	<0,1	Maíz

Fuente: James 2007.

cultiva algodón Bt: 7,1 millones en China, 3,8 millones en India y 100 000 en Filipinas (maíz GM) y Sudáfrica (algodón, maíz y soja genéticamente modificados).

Por otra parte, durante el período 1996-2007, la proporción del área de transgénicos que se cultivó en el mundo en desarrollo creció de

manera sistemática año tras año. Es más, en el 2007, el 43% del área mundial de cultivos transgénicos (49,4 millones de hectáreas) se sembró en los países en desarrollo. Entre el 2006 y el 2007, el crecimiento en la siembra de transgénicos fue significativamente mayor en estos países (8,5 millones de hectáreas o el 21% de crecimiento) que en los países

industrializados (3,8 millones de hectáreas o el 6% de crecimiento). Esta tendencia no se concentra en ningún continente; los principales cinco países en desarrollo que usan cultivos transgénicos incluyen India y China en Asia, Argentina y Brasil en América Latina, y Sudáfrica en el continente africano. Estos países representan, en conjunto, unos 2600 millones de habitantes, es decir, el 40% de la población mundial, con 1300 millones de personas que dependen de la agricultura para vivir, incluidos millones de productores de bajos recursos y de trabajadores rurales “sin tierra”, que representan la mayor parte

de los pobres del mundo. El impacto conjunto de estos cinco países marca una tendencia que sin duda que tendrá repercusiones importantes en la futura aceptación y adopción de cultivos transgénicos en el mundo. Cada uno de estos cinco países se ha beneficiado de los cultivos transgénicos de diversas maneras (ver recuadro 1).

Las estimaciones disponibles señalan que en el 2007 el 9% de la superficie cultivada con transgénicos (11,2 millones de hectáreas) se destinó a la producción de biocombustibles; y que más del 90% de esa área se encuentra en

Recuadro 1.

Beneficios globales de la adopción de cultivos transgénicos.

En un trabajo que sintetiza los beneficios que la biotecnología ha generado en el orden global, Brookes y Barfoot (2006) destacan, entre sus principales conclusiones, que:

1. Después de nueve años de comercializar cultivos transgénicos se han dejado de aplicar 172 millones de kilogramos de pesticidas, lo que representa una disminución de 6% en el consumo total hasta 2004.
2. El impacto ambiental de los cuatro cultivos (maíz, soya, trigo y canola) estudiados se redujo en un 14% debido a la sustitución de variedades convencionales por variedades transgénicas
3. Los cultivos transgénicos han permitido una reducción en el uso de agroquímicos y en la labranza del suelo, lo que ha reducido el consumo de combustible y la emisión de CO₂ a la atmósfera en más de mil millones de kilogramos.
4. Los cultivos transgénicos han propiciado una labranza de conservación lo que ha permitido una mayor incorporación de materia orgánica al suelo y ha significado un ahorro de más de 9,4 millones de kilogramos de emisiones de CO₂.
5. Desde 1996, los ingresos agrícolas mundiales para los productores aumentaron en un total acumulado de 27 mil millones de dólares americanos, gracias a la combinación de una mayor productividad y una reducción en el uso de insumos y en los costos de los ciclos agrícolas.

Fuente: Brookes y Barfoot 2006.

Estados Unidos (maíz y soja). Los estimados también señalan que Brasil y Canadá destinaron unas 750 000 hectáreas de soja RR® y cerca de 45 000 hectáreas de canola transgénica, respectivamente, a la producción de biodiésel.

Panorama actual y panorama futuro (a corto y mediano plazos)

En la búsqueda de pautas para analizar posibles escenarios y construir el más probable, hay que tener en cuenta una gran variedad de elementos; entre ellos, la diversificación creciente del flujo (“*pipeline*”) de eventos transgénicos y de países que comienzan a cultivar estas innovaciones, el impacto de la liberación comercial de algunos cultivos paradigmáticos, como el arroz, la entrada al mercado de innovaciones de segunda y tercera generación, y el cúmulo de evidencia que tiende a afirmar la seguridad de estas tecnologías y su posible repercusión en discusiones estratégicas, como las relacionadas con los temas de responsabilidad y compensación, en el ámbito del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad. De igual forma, habría que considerar el impacto que seguramente tendrá el fin de la moratoria a los transgénicos impuesta por la Unión Europea y la entrada en vigencia de las normas sobre la trazabilidad y el etiquetado, así como lo que puede llegar a ocurrir con el voto “real” de los consumidores, a medida que aparezcan productos correctamente etiquetados y tengan que expresar su opinión ante la decisión real de consumir o no consumir y no ante preguntas hipotéticas sobre cuál sería su preferencia.

No menos importantes para el análisis de los posibles escenarios resultan la relación de estas tecnologías con otros temas “candentes” en las agendas nacionales e internacionales, como la crisis energética y el papel de la biotecnología en la obtención de biocombustibles. El tema es complejo, y de

momento solo queremos dejarlo planteado, para retomarlo nuevamente en la sección 4 de este documento.

El papel de la biotecnología en la dicotomía energía-alimentos

La discusión en torno a la dicotomía producción de alimentos o producción de energía ha sido recurrente, pero últimamente se ha intensificado a raíz del aumento en el precio de los alimentos y la emergencia de conflictos sociales en varios países del mundo (Rulli y Semino 2007). El costo de los combustibles ha suscitado, tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo, un gran interés por los biocombustibles como alternativa energética, pero también la preocupación por las repercusiones de esta tecnología en la seguridad alimentaria. Algunos cambios coyunturales recientes en los ámbitos financiero (particular) y económico (mundial), han frenado la escalada en los precios de los combustibles, y es probable que esto atenúe la efervescencia de la discusión, pero seguramente no diluirá las causas estructurales que la generaron. La importancia de la cuestión, por tanto, no es objeto de debate, pues está claro que la seguridad alimentaria está estrechamente relacionada con el uso de la tierra y con el destino que se le dé a los recursos que de ella se obtienen. Hay, entonces, motivo de preocupación, sobre todo en los países que dependen de la importación de alimentos básicos (FAO 2008).

La evidencia, sin embargo, no es clara en cuanto al impacto de los biocombustibles en el precio de los alimentos. Varios estudios señalan que si bien su influencia en los parámetros de la demanda es importante, pareciera que no son el único factor que explica la reciente evolución en los mercados de productos agrícolas básicos. La combinación de factores como

Recuadro 2.

El impacto global de la biotecnología en la lucha contra el hambre.

El 2007 marcó un hito para los cultivos transgénicos por sus repercusiones humanitarias. En efecto, el número de productores pequeños y de escasos recursos que se benefició de esta tecnología en países en desarrollo excedió por primera vez los 10 millones. De los 12 millones de agricultores de todo el mundo que emplearon cultivos GM en 2007 (más que los 10,3 millones que lo hicieron en 2006), más del 90%, o sea, 11 millones (mucho más que los 9,3 millones en 2006) fueron productores pequeños o de escasos recursos de países en desarrollo.

El 50% de las personas más pobres del mundo son productores pequeños y de escasos recursos, y otro 20% son trabajadores rurales sin tierra cuyo único sustento es la agricultura. Así, el aumento de los ingresos de los productores pequeños y con bajos recursos contribuye directamente a aliviar la pobreza de la mayor parte de

los habitantes más pobres del mundo. El algodón transgénico contribuyó a mejorar los ingresos de los productores pobres durante la primera década de cultivos GM, 1996-2005, y esto puede aumentar significativamente. El maíz GM ya está beneficiando a pequeños productores y tiene un enorme potencial para 2015. Se espera que cultivos como la berenjena, que se está desarrollando en India, Filipinas y Bangladesh, sean aprobados en un futuro cercano, y sean empleados por unos 2 millones de pequeños productores. Los esfuerzos que se hagan por impulsar “cultivos huérfanos” como la mandioca (yuca), la batata (boniato, papa dulce o camote), el sorgo y las hortalizas, permitirá diversificar y balancear los programas de biotecnología agrícola con el fin específico de aliviar el hambre y la pobreza en el mundo.

Fuente: James 2007.

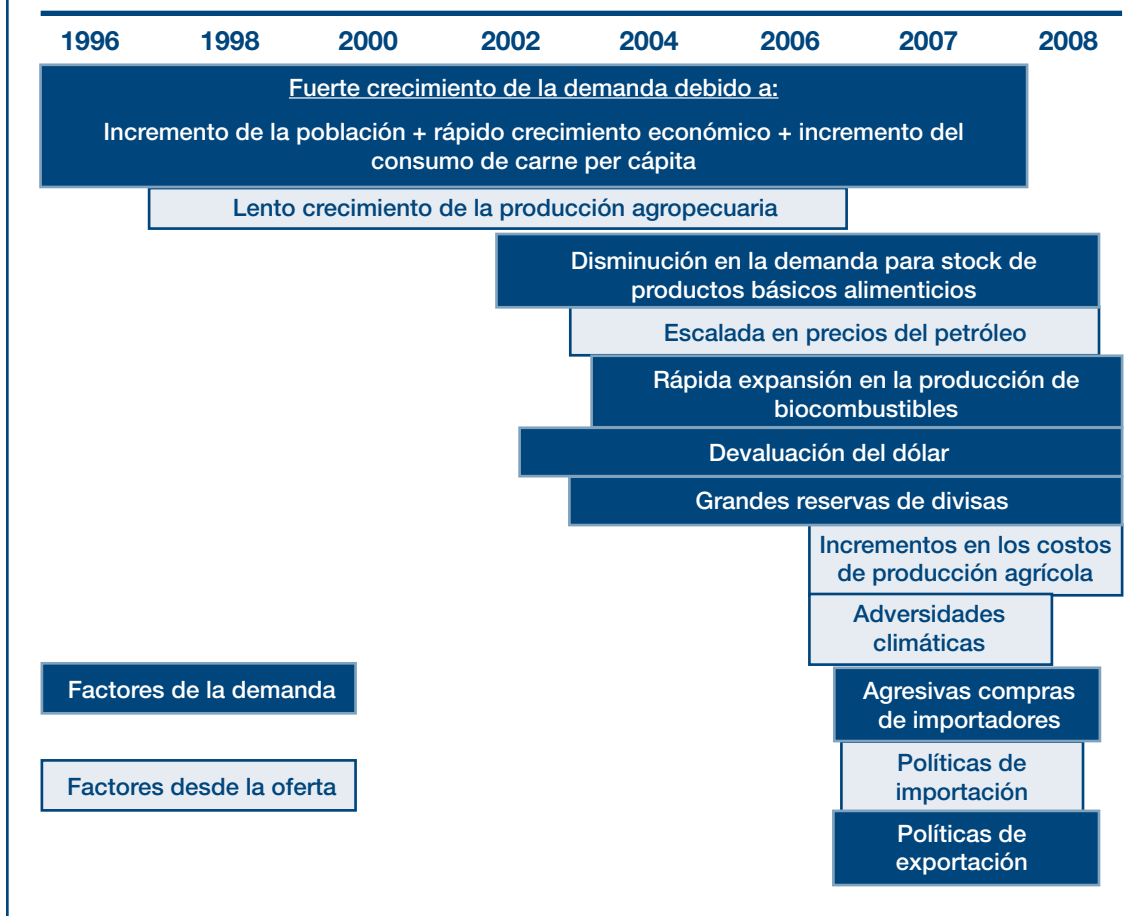
varios años con cosechas por debajo de los estándares, la caída, a partir de 1990, en el ritmo de incremento de la productividad (según el Banco Mundial entre 1970 y 1990 el rendimiento de los cultivos básicos creció a una tasa anual de un 2%, mientras que entre 1990 y 2007, la tasa se redujo a un 1,1% anual) y la incorporación a la demanda de un gran número de consumidores indios y chinos, también parecen jugar un papel significativo (ver figura 1)³.

Tomando en consideración esta tensión entre alimentos y combustibles/energía, desde una perspectiva de largo plazo, la biotecnología puede resultar en un elemento central para avanzar en la discusión y mitigar los efectos en la “competencia por los recursos”.

Más aún, al considerar que la actual crisis económica mundial ha tenido como consecuencia una reducción en el precio de la energía permitiendo contar con un

3. Ver Trostle 2008.

Figura 1
Factores que contribuyen al aumento en el precio de los productos agropecuarios.



Fuente: Trostle 2008 (traducción de los autores).

horizonte temporal más amplio para el desarrollo de biocombustibles generados a partir de cultivos no alimenticios y/o derivados de la producción de alimentos.

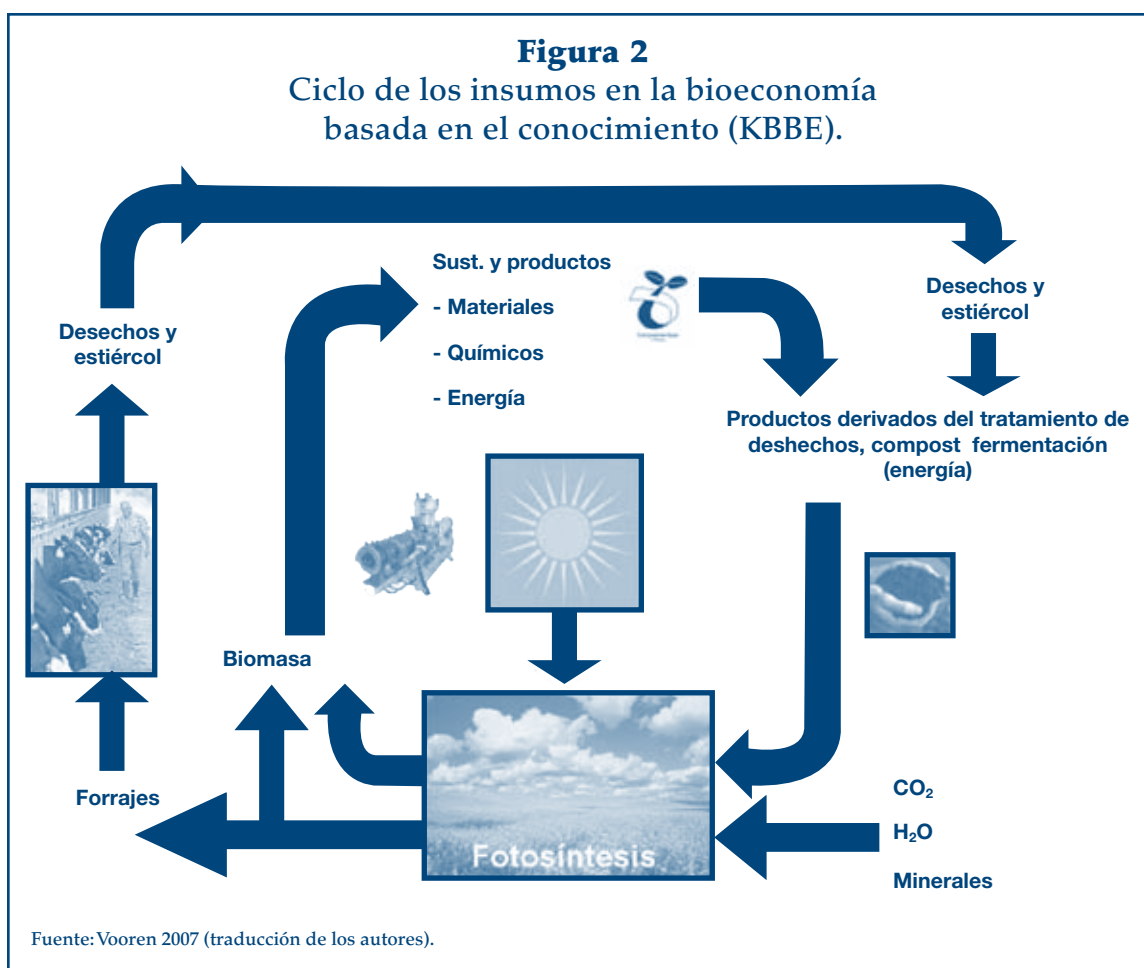
La demanda, tanto de alimentos como de energía se ha incrementado considerablemente en los últimos años, en parte por el crecimiento de la población mundial, pero también por la incorporación decidida de

China e India al mercado mundial. Como señala Braun (2007), el vertiginoso proceso de industrialización y crecimiento de estos dos países, sumado a lo que ocurre en otras naciones, incluidos los países emergentes, ha traído consigo un crecimiento significativo en la demanda mundial de alimentos y de energía, lo que, en conjunto, se vería reflejado en el incremento actual en los precios de los alimentos.

El surgimiento de la bioeconomía

Los avances logrados por la biotecnología y el resto de las ciencias (nanotecnología, química, etc.) e innovaciones con las que se le vincula (por ejemplo, las tecnologías de la información y la computación) han ido perfilando una nueva perspectiva de la organización de la economía: la de una "bioeconomía basada en el conocimiento" (KBBE, por sus siglas en inglés). Esto implica una nueva forma de concebir los procesos económicos en donde el uso de la energía y de los recursos naturales

se estructura de una manera más sustentable y se plantea el aprovechamiento del potencial que tienen las nuevas ciencias de la vida en beneficio tanto de la agricultura como de la industria (Expert Group Meeting on Industrial Uses of Plants for the Production of Biomaterials 2008). La OCDE ha sintetizado esta visión como "el conjunto de las operaciones económicas de una sociedad que utiliza el valor latente en todos los productos y procesos biológicos para extraer un nuevo crecimiento y un mayor bienestar para los ciudadanos y las naciones" (OCDE 2006) ⁴.



4. Texto en inglés: "the aggregate set of economic operations in a society that uses the latent value incumbent in biological products and processes to capture new growth and welfare benefits for citizens and nations" (OCDE 2006) (traducido por los autores).

“Conocimiento” y “vida” son los componentes básicos de esta visión que está comenzando a ser considerada como una alternativa viable para transformar las economías sustentadas en el petróleo y sus derivados en economías que utilicen combustibles y materiales renovables, cuya explotación no vaya en deterioro del ambiente y que sean de amplia disponibilidad.

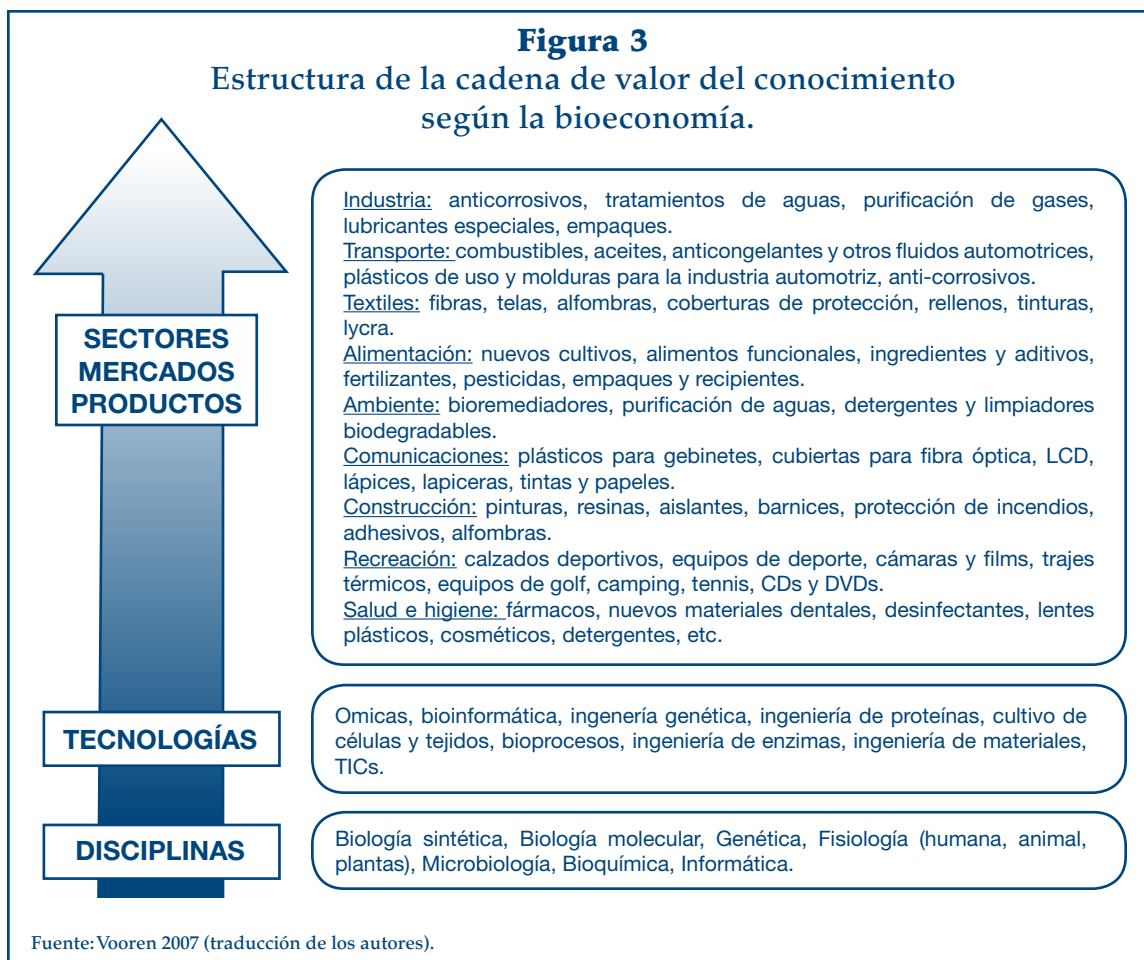
En esencia, la convergencia de la nueva biología, la genómica, la química, las ciencias de los materiales y las tecnologías de la información permite un mayor uso de la materia vegetal y de otros organismos vivos para transformarlos en energía y otro tipo de productos y en nuevas cadenas de valor que permitan cuidar el ambiente, sin sacrificar la oferta laboral y, por tanto, contribuir a reducir la pobreza y mejorar la calidad de vida de la población mundial. El denominador común de la bioeconomía basada en el conocimiento es la aplicación intensiva del conocimiento a los procesos y a los recursos naturales para producir bienes y servicios y generar nuevas cadenas de valor.

Mientras en los ciclos precedentes, la organización y el crecimiento de la economía se planteaba, en gran medida, como dependiente de la explotación de los recursos naturales no renovables —energía producto de la fotosíntesis de hace millones de años y que con el paso de los años se transformó en combustibles fósiles— en el contexto de la bioeconomía basada en el conocimiento, las cadenas de valor están evolucionando hacia formas que podrían denominarse como “fotosíntesis en tiempo real”. En las figuras 2 y 3 se puede apreciar un esquema de la naturaleza del ciclo de los insumos en la KBBE, así como una síntesis no exhaustiva de la forma en que el conocimiento, la tecnología y los mercados se incorporan, en esta bioeconomía a las cadenas de valor.

Este proceso está en marcha y sus efectos ya se hacen sentir en sectores como la alimentación, la salud, el transporte, la construcción y la industria del turismo, entre otros. En la agricultura, en particular, los cultivos derivados de la biotecnología (los organismos vivos modificados) se utilizan desde hace más de una década, y constituyen una de las tecnologías que más rápidamente se han adoptado en la historia de la agricultura. Si bien este tipo de tecnologías han sido —y aún son— objeto de intensos debates, puede decirse que la agrobiotecnología está más cerca de convertirse en la norma de la agricultura moderna (como se ha mostrado en el apartado sobre evolución de la biotecnología), antes que la excepción. Se trata de un proceso que muy probablemente irá ganando fuerza a medida que se consoliden los biocombustibles como un componente importante en la transición hacia una matriz energética mundial mucho menos dependiente de los combustibles fósiles.

La producción de biomateriales incluye los biopolímeros y los bioplásticos para los sectores de la construcción y la ingeniería, pero esto es apenas una pequeña parte de la demanda total. La combinación de lo que ha empezado a conocerse como la “biotecnología verde” (plantas) y “blanca” (la industria) ya está generando cambios significativos, y se anticipa que va a ganar terreno en los mercados en un futuro no muy lejano. En efecto, la biotecnología muestra una fuerte convergencia con otras tecnologías, como las TIC y la nanotecnología. Treinta años después de sus primeras aplicaciones, y pese a no haber desplegado aún todo su potencial, el paradigma biotecnológico ya redefine el funcionamiento y la configuración de muy diversos sectores sociales y económicos, especialmente en las áreas de la medicina, la salud humana y la producción agroalimentaria (Machinea et al. 2008).

Figura 3
Estructura de la cadena de valor del conocimiento según la bioeconomía.



A pesar de que estos avances se encuentran en sus primeras etapas y solo representan una pequeña fracción de los mercados de los diferentes sectores, lo importante es que, en la mayoría de los casos, su factibilidad está demostrada. A futuro, la cuestión no parece estar en si la ciencia puede ofrecer lo que se espera de ella; su potencial probablemente superará todas las proyecciones. Los temas a considerar tienen que ver con las inevitables tensiones relacionadas con la "transición" y con las políticas e instituciones que deben velar por el ordenamiento de los nuevos procesos. Entre estos temas están los relacionados con la seguridad alimentaria, ya que un mayor uso de los recursos naturales

con propósitos no alimentarios representa un nuevo escenario de competencia para la producción de alimentos.

Por otra parte, la KBBE representa una nueva fórmula en la que, en términos generales, se combinan el conocimiento y los recursos para crear riqueza para la sociedad, y ese proceso necesita de políticas que promuevan y guíen las inversiones y las nuevas instituciones, para garantizar la seguridad de las nuevas tecnologías y la distribución equitativa de la nueva riqueza que se genere.

Ahora bien, América Latina se encuentra en una situación ventajosa. Para empezar,

ha destinado recursos y tiene experiencia en la producción de biocombustibles, sobre todo Brasil, que desde hace más de tres décadas destina fondos al desarrollo de esta actividad. Según estimaciones de la OCDE (2008), América Latina es la única región de la cual se espera que en el 2050 encuentre en los biocombustibles la fuente energética para cubrir sus demandas. Por si fuera poco, esta región cuenta con una amplia oferta de recursos naturales, lo que le confiere un enorme potencial en el marco del nuevo paradigma que recién empieza a delinearse. Ahondaremos en este tema en los próximos apartados, al tiempo que vamos tratando cuestiones como la proyección de la bioeconomía en el hemisferio y el estado de la agrobiotecnología en el área.

El impacto económico global de la biotecnología

Desde la aparición de las variedades transgénicas en el mercado, el área cultivada con OGM ha ido en constante y progresivo aumento, lo que da cuenta de la aceptación de esta innovación tecnológica por parte de productores y consumidores. La rapidez con que los productores han adoptado las variedades transgénicas se halla ligada, justamente, a los beneficios económicos y ambientales que confieren.

De acuerdo con Brookes y Barfoot (2008), en el 2006 los beneficios económicos de la liberación de variedades transgénicas al mundo fueron de 6,21 mil millones de dólares,

Cuadro 2
Beneficios globales obtenidos por los productores por el cultivo de variedades transgénicas durante el período 1996-2006 (en millones de US\$).

Evento transgénico	Incremento en el ingreso de los productores (2006)	Incremento en el ingreso de los productores (1996-2006)	Incremento en los beneficios de los productores, como % del valor total de la producción del cultivo en los países que adoptaron variedades OGM (2006)	Beneficios en los ingresos de los productores como % del valor total global de la producción del cultivo (2006)
Soja TH	2 359 (3 091)	13 993 (17 455)	5,15 (6,74)	4,26 (5,58)
Maíz TH	296	1 110	0,64	0,35
Algodón TH	21	814	0,13	0,08
Canola TH	227	1 096	8,55	1,49
Maíz Ri	1 131	3 634	2,47	1,35
Algodón Ri	2 149	9 567	13,2	7,85
Otros	26	93	n/a	n/a
Total	6 209 (6 940)	30 307 (33 769)	5,5 (6,2)	3,4 (3,8)

Fuente: Brookes y Barfoot 2008.

lo que equivaldría a haberle sumado entre un 3,4% y un 3,8% al valor total de la producción de los principales cultivos (soja, maíz, algodón y canola)⁵. Estos autores sostienen que los mayores beneficios han sido generados por el cultivo de soja, pues la incorporación de la tolerancia al glifosato en este cultivo ha sido el que mayor expansión y aceptación ha tenido en el mundo. Sin embargo, los beneficios que ha generado el cultivo de algodón resistente a insectos (Ri) y de maíz con igual característica, han alcanzado valores igualmente importantes (ver cuadro 2) y se supone que sus beneficios se incrementarán considerablemente en el futuro.

En cuanto a la distribución geográfica de los beneficios, los mayores beneficiarios son las naciones que más rápidamente han liberado los transgénicos al mercado y que cuentan con una adecuada dotación de recursos (fundamentalmente climáticos y edáficos) para su desarrollo. En efecto, Estados Unidos, Argentina y China son los países que han obtenido los mayores beneficios a escala mundial; a saber, el 40%, el 20% y el 17% del total, respectivamente. En los dos primeros casos, los beneficios están muy diversificados, porque han liberado más variedades y tienen más años de cultivo. China, en cambio, ha obtenido sus beneficios casi exclusivamente

Cuadro 3
Beneficios económicos obtenidos por los productores de cultivos GM durante el período 1996-2006 (en millones de US\$).

	Soja TH	Maíz TH	Algodón TH	Canola TH	Maíz Ri	Algodón Ri	Total
EE.UU.	8 730	1 052	779	128	3 094	2 065	15 848
Argentina	6 250	22	25	N/a	193	107	6 597
Brasil	1 912	N/a	N/a	N/a	N/a	17	1 929
Paraguay	349	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	349
Canadá	87	32	N/a	968	145	N/a	1 232
Sudáfrica	3	2,5	0,2	N/a	132	18	156
China	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	5 823	5 823
India	N/a	N/a	N/a	N/a	N/a	1 294	1 294
Australia	N/a	N/a	4,8	N/a	N/a	179	184
México	5,1	N/a	6	N/a	N/a	59,5	71
Filipinas	N/a	1,5	N/a	N/a	27,3	N/a	29
España	N/a	N/a	N/a	N/a	39,4	N/a	39

Nota: Th = tolerante a herbicidas, Ri = resistente a insectos.
Fuente: Brookes y Barfoot 2008.

5. Esta estimación solo considera el impacto económico directo y en los productores, y deja por fuera los beneficios indirectos. Los autores señalan esta limitación y advierten sobre el carácter conservador del estudio.

del cultivo de algodón genéticamente modificado, que se halla incorporado a su economía desde 1996-97.

Si bien a 2007 en 23 países ya se habían liberado OGM, la superficie destinada a su cultivo se concentra en los “países megaprodutores” (James 2007). En efecto, los primeros diez países dan cuenta de más del 95% de la superficie mundial que se destina a transgénicos, lo que explica la concentración geográfica de los beneficios generados por esta tecnología.

En diversos estudios se han analizado y ensayado escenarios que permitan evaluar

el impacto de la adopción de OGM, tanto a escala mundial como a escala de naciones. Entre los estudios de impacto mundial se encuentra el trabajo de Araji y Guenther (2001) quienes, al hacer una evaluación *ex ante* de la producción de papas, estimaron que si las principales zonas productoras adoptaran la variedad resistente al tizón tardío, se obtendrían beneficios mundiales equivalentes a US\$4,3 mil millones, además de los beneficios ambientales que se obtendrían por la reducción en el uso de agroquímicos.

Con respecto a los estudios de impacto nacional, Cabanilla et al. (2003) hicieron una evaluación *ex ante* del impacto económico de la

Recuadro 3.

Argentina y los beneficios de la liberación comercial de OGM.

El proceso de incorporación de innovaciones agrobiotecnológicas en el sector agropecuario argentino ha transformado profundamente la agricultura nacional y, más allá de esta, toda la economía del país. Los beneficios totales generados por tres cultivos transgénicos (soja, algodón y maíz) en 2006, se calcularon en más de 20 mil millones de dólares. En el caso de la soja tolerante a herbicida los beneficios netos de sustitución por otras actividades agrícolas (girasol, algodón, pasturas) se distribuyeron de la siguiente manera: 77,45 % para los productores, 3,90% para los proveedores de semilla, 5,25% para los proveedores de herbicida y 13,39% para el Estado Nacional (en forma de derechos de exportación, aplicados desde 2002). En el caso de los maíces con resistencia a lepidópteros, el beneficio total acumulado para el período 1998-2005 llegó a 481,7 millones de dólares, que se distribuyeron así: 43,19% para los productores, 41,14% para los proveedores de semilla y 15,67%

para el Estado Nacional. Finalmente, con respecto al algodón resistente a lepidópteros, el beneficio total estimado para el período 1998-2005 fue de 20,8 millones de dólares, con la siguiente distribución: 86,19% para los productores, 8,94% para los proveedores de semilla y 4,87% para el Estado Nacional.

Aparte de los beneficios económicos generados por la expansión de cultivos transgénicos, hay que señalar que esa expansión, asociada al desarrollo de productos biotecnológicos, se ha dado, *pari pasu*, con una expansión fenomenal de la práctica de la siembra directa como principal estrategia de manejo agronómico de los cultivos pampeanos, en de lo que podría denominarse como un claro proceso en el que todos salen ganando, tanto en lo económico como en lo ambiental.

Fuente: Trigo y Cap 2006.

liberación comercial de algodón transgénico en el este de África y concluyeron que los beneficios de esa decisión ascenderían a US\$68 millones en Mali, a US\$41 millones en Burkina Faso, a US\$53 millones en Benin, a US\$39 millones en Cote d'Ivoire y a US\$8 millones en Senegal. Un análisis de características similares plantea que la liberación comercial de las variedades de "arroz dorado" generaría beneficios de entre US\$16 y US\$88 millones en Filipinas y de US\$5 mil millones en China (Zimmermann y Qaim 2004).

Impacto social

El impacto económico de la liberación de variedades transgénicas está asociado a las particularidades de cada caso, y es que hay países donde la estructura agraria está compuesta casi exclusivamente por pequeños productores (tal es el caso de China o India) y otros con una presencia importante de productores medianos y grandes (como Estados Unidos y Argentina).

Hay casos emblemáticos, como el de China e India, economías grandes pero ligadas a productores pequeños, al desarrollo rural y a la lucha contra la pobreza. En estos países, donde la estructura de la producción agropecuaria se caracteriza por la preeminencia de pequeños productores de algodón, la liberación comercial del algodón Bt ha generado beneficios considerables a escala microeconómica (además de a escala nacional). En India, 3,8 millones de pequeños productores han adoptado esta tecnología y han aumentado sus rendimientos en hasta un 50% y sus ingresos en al menos US\$250 por

hectárea (James 2007). En China, las parcelas de los productores son todavía más pequeñas que en India (0,5 ha aproximadamente), lo que señala la gravedad de la pobreza. En este país, si bien la adopción de los OGM fue más lenta que en India, el 69% del área que se destinó al cultivo del algodón en el 2007 se destinó a la variedad transgénica y representó un incremento en los ingresos de US\$220 por hectárea (James 2007). Este beneficio sin duda está relacionado con una mejoría en la calidad de vida de los productores que va más allá de los valores agregados que representan los beneficios nacionales.

Resulta conveniente tener en cuenta, también, que ciertos aspectos culturales juegan un rol significativo al evaluar el impacto social de la adopción tecnológica. Por ejemplo, la velocidad con que se adoptan las innovaciones tecnológicas está asociada no solo al "tamaño" de los productores sino a su "idiosincrasia" (algunos podrían mostrarse más renuentes que otros a aceptar estas tecnologías). Sobre esta cuestión, cabe señalar que las variedades transgénicas que actualmente están siendo liberadas al mercado son pocas, en relación con el flujo de variedades que existe, y es de esperar que una vez superada la barrera de "lo nuevo" por parte de los pequeños productores del mundo, la adopción de otras innovaciones (incluso de una segunda generación de transgénicos) adquiera aún más velocidad y, en consecuencia, los beneficios asociados a una mejor calidad vida de los productores y a la lucha contra la pobreza sean mayores y más rápidos (Piñeiro y Trigo 1983).

Esta sección del informe tiene por objeto ahondar en algunos de los temas que actualmente generan discusión en torno a la biotecnología en América Latina y que, en definitiva, sentarán las bases de su impacto futuro en la región. Comenzaremos con una síntesis de la disponibilidad de recursos naturales directamente vinculados con la agrobiotecnología (poniendo énfasis en la superficie arable y en la biodiversidad), a fin de dimensionar su potencial en lo productivo y en lo ambiental. Luego echaremos una mirada a los marcos institucionales relacionados con la propiedad intelectual, la bioseguridad y la transferencia de tecnología, y destacaremos sus principales componentes y contradicciones. Más allá de los recursos disponibles, las políticas que se implementen son las que van a delinear los escenarios nacionales y por tanto lo que podría acontecer en el futuro. Finalmente, echaremos un vistazo a las principales innovaciones biotecnológicas en la región, tanto en lo concerniente a la generación de conocimiento como a la aplicación de innovaciones concretas en la producción de bienes y servicios.

El potencial regional para el aprovechamiento de la biotecnología agropecuaria: la disponibilidad de suelo agrícola y la biodiversidad

Para lograr su máxima expresión en cuanto a beneficios sociales y avance del conocimiento, la biotecnología debe disponer de recursos

naturales. Debe disponer, en primer lugar, de tierras para cultivar los “desarrollos” logrados y beneficiarse así de su utilización/cultivo (este aspecto es potenciado por el actual contexto internacional en el que se observa un importante crecimiento en la demanda de productos agropecuarios). En segundo lugar, e igualmente importante, es la biodiversidad⁶, que debe ser mantenida e incluso aumentada, y a la que se pueda acceder como fuente de información y conocimiento para el mejoramiento y el desarrollo de productos adecuados a las condiciones de la región.

La disponibilidad de tierras

En términos del recurso suelo, en América Latina el 50% de la superficie total disponible es potencialmente agrícola (CEPAL 2007), situación solo comparable con la de Europa Oriental. Pero, aún más importante que la calidad de la tierra disponible en la región, es el hecho de que en materia de disponibilidad per cápita, América Latina se encuentra por encima del nivel mundial de 0,2 hectáreas por habitante (ver cuadro 4)⁷. Ahora bien, la potencialidad agrícola de los suelos no implica necesariamente que se les destine al cultivo de especies anuales (como la soja, el maíz, el algodón y la caña de azúcar, entre muchos otros), pues muchas de estas áreas resultan fundamentales para el desarrollo de otras actividades productivas, como la ganadería o la actividad forestal, entre otras, en las que ya se observan avances agrobiotecnológicos

6. Entendemos el término “biodiversidad” como “la variedad de vida en la tierra en todos sus niveles, desde los genes a los ecosistemas, y los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan” (Connexions 2008).

7. La principal fuente de información de esta sección es FAO/IIASA 2000.

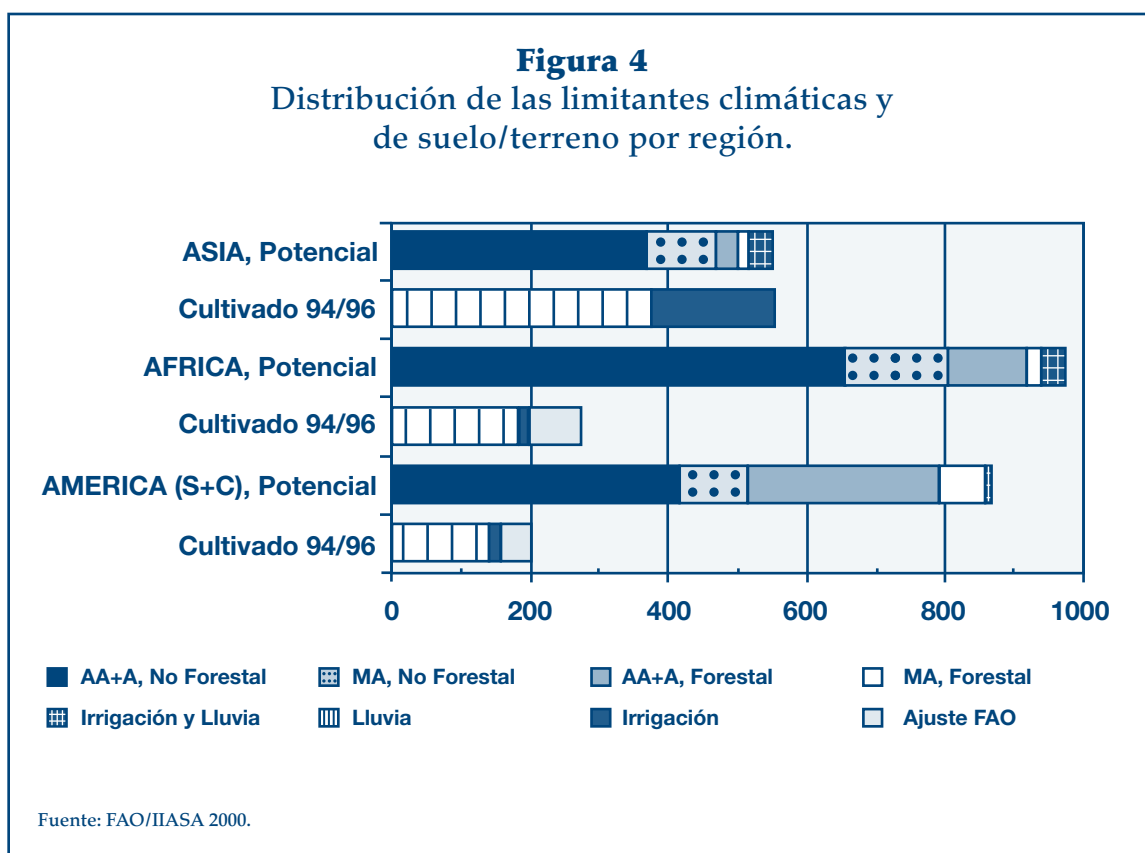
que muy probablemente, en el mediano plazo, se traducirán en mejoras sustanciales en la productividad y en la eficiencia en el uso del recurso.

Las figuras 4 y 5 presentan, respectivamente, las limitaciones climáticas y de suelo que se observan en América Latina, así como el área con potencial agrícola (cultivada o disponible).

Cuadro 4
Superficie total de tierra con potencial agrícola en América Latina y el mundo.

Región	Superficie Total	Superficie con potencial agrícola	
	(Millones has)	(Millones has)	(%)
América Latina	2 049,4	994,5	48,5
Países en desarrollo	8 171,5	2 579,8	31,6
Países desarrollados	5 228,0	1 071,5	20,5
Total mundial	13 399,5	3 651,3	27,2

Fuente: FAO/IIASA 2000.

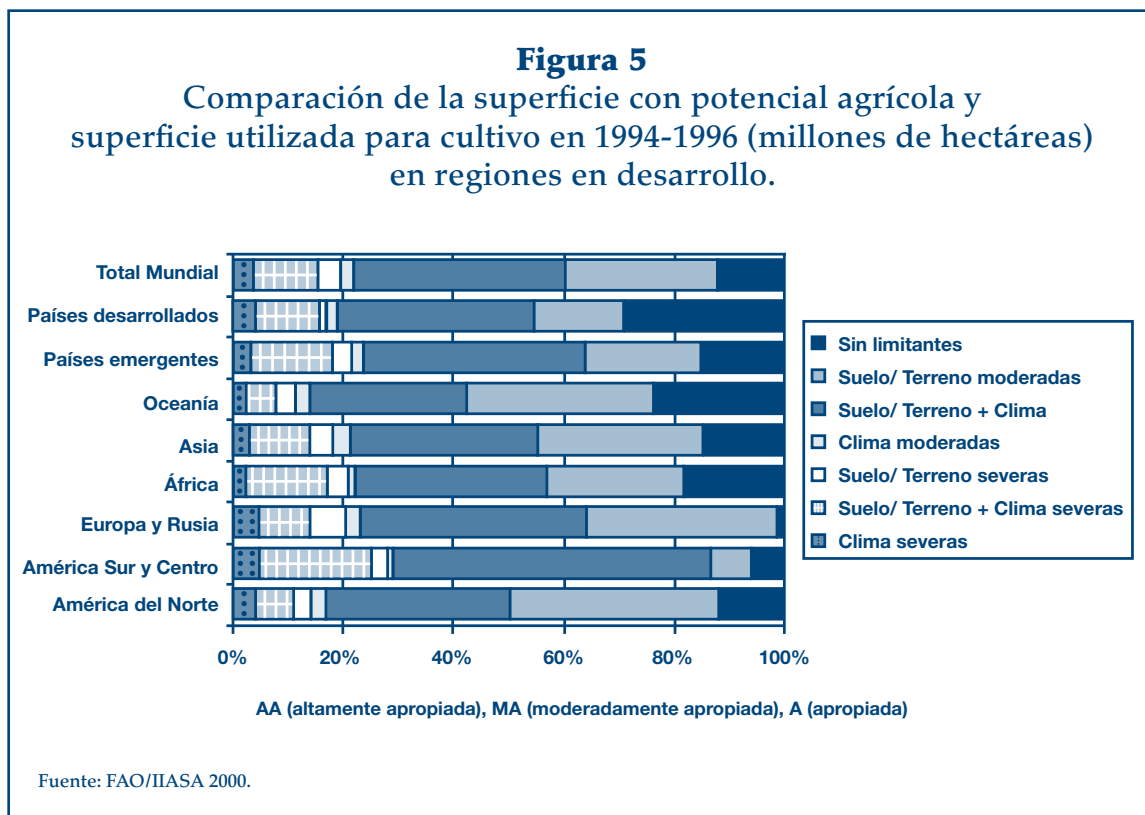


En ambos casos la situación es muy positiva tanto en términos absolutos como en relación con otras regiones del mundo en desarrollo. En cuanto a extensión de tierra en condiciones “muy disponible” y “disponible, pero con cobertura boscosa”, América Latina tiene más de 500 millones de hectáreas en la categoría de mejor disponibilidad y mayor potencial de expansión del área. Esta situación se consolida aún más al analizar el recurso suelo en términos de disponibilidad per cápita (ver cuadro 5). En efecto, el cuadro 5 presenta la situación en 1995 y hace una proyección para el 2050 en la que destaca que más de 300 millones de hectáreas podrían ponerse en producción sin que esto incidiera en la superficie destinada a la actividad forestal. Aún considerando el incremento de la población, la disponibilidad de tierra per cápita continúa siendo significativa.

En un nivel más desagregado, América Central y América del Sur contienen cerca del 25% de la superficie mundial con potencial agrícola “muy apropiado”, “apropiado” y “moderadamente apropiado”.

Allí se cultivan más del 25% de los cultivos oleaginosos del mundo, cerca del 30% de los cultivos de raíces y tubérculos y más del 35% de los cultivos azucareros (en todos los casos con un nivel tecnológico intermedio y alto) (ver figura 5).

Estos números, sin embargo, deben tomarse con cautela, por la competencia que hay por el uso de la tierra. En el cuadro 6, al ver las columnas de áreas con condiciones apropiadas y muy apropiadas, se puede apreciar que la KBBE (bioeconomía basada en el conocimiento) tiene un gran potencial



Cuadro 5
América Latina y el mundo: área cultivada y área con potencial agrícola (per cápita).

Región	Área total	Área de secano cultivada 1994-96	Área con potencial de cultivo		Área con potencial productivo per cápita	
			Total	Forestal	1995	2050
América del Norte	2 138	203	384	135	1,75	1,32
América Central y del Sur	2 049	141	858	346	2,53	1,49
Europa y Rusia	2 259	289	511	97	0,83	0,97
África	2 990	185	939	132	1,49	0,61
Asia	3 113	376	516	47	0,17	0,11
Oceanía	850	50	116	17	4,70	2,92
En desarrollo	8 171	702	2313	527	0,63	0,37
Desarrollados	5 228	543	1012	247	1,07	1,09

Fuente: FAO/IIASA 2000.

Cuadro 6
Área cultivada (2005) y área con potencial para el cultivo de productos oleaginosos y azucareros.

	Área cosechada ¹	Área total disponible ²		Área con condiciones muy apropiadas (a) ²		Área con condiciones apropiadas + (a) ²	
	miles de ha	miles de ha	% área cosechada	miles de ha	% área cosechada	miles de ha	% área cosechada
Oleaginosas	49 709	692 308	7%	158 581	31%	439 028	11%
Cultivos azucareros	8 205	502 685	2%	56 135	15%	212 781	4%

Fuente: (1) FAO, 2008; (2) FAO/IIASA 2000.

para generar nuevas oportunidades de ingresos en la región.

El cuadro 7 confirma el potencial de América Latina en el cultivo de productos oleaginosos y azucareros, pero es evidente

que el desempeño productivo depende de la tecnología disponible. Dicho cuadro compara el desempeño productivo en productos que habitualmente se presentan como alternativas para los biocombustibles o como base para los procesos de bio-refinería.

Cuadro 7
Desempeño productivo de especies oleaginosas, azucareras y otros cultivos en América Latina.

Países	Semillas de aceite de castor		Cocos		Semillas de algodón		Aceite de palma	
	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.
Argentina					458,0	23%		
Bolivia					566,4	29%		
Brasil	731	46%	10735,9	76%	1412,7	72%	10 357,1	33%
Chile								
Colombia			7034,3	50%	812,7	41%	19 299,5	61%
Costa Rica			3620,3	26%	394,2	20%	15 561,1	50%
Cuba			4093,0	29%				
Ecuador	1589,0	100%	6535,0	46%	811,4	41%	15020,0	48%
El Salvador			12333,2	87%	578,8	29%		
Guatemala			3439,0	24%	1055,0	53%	31 413,6	100%
Guyana			4037,8	28%				
Honduras			9021,5	64%	611,2	31%	27 400,0	87%
México	500,0	31%	8179,4	58%	1972,5	100%	11 932,4	38%
Nicaragua			5000,0	35%	1151,5	58%	25 000,0	80%
Panamá			2883,0	20%			10 769,2	34%
Paraguay	1150,0	72%			533,3	27%	9587,2	31%
Perú			14 193,6	100%	890,1	45%	17 272,7	55%
Puerto Rico			13 383,6	94%				
Surinam			9849,5	69%			2000,0	6%
Uruguay								
Venezuela, Rep. Bolivariana de			8570,1	60%	127,4	6%	11 586,9	37%

Países	Soja		Caña de azúcar		Semillas de girasol		Sorgo		Maíz	
	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.	Kg/ ha	% del max.
Argentina	2728,5	100%	66 045,3	64%	1926,2	100%	5187,2	100%	7358,7	66%
Bolivia	1810,4	66%	47 200,3	46%	822,5	43%	2787,1	54%	2180,6	19%
Brasil	2230,3	82%	72 854,3	71%	1362,3	71%	1929,2	37%	3040,3	27%
Chile					1569,1	81%			11228,5	100%
Colombia	2000,0	73%	93 601,3	91%			3700,0	71%	2810,2	25%
Costa Rica			75 324,6	74%					2079,4	19%
Cuba			22 428,5	22%			684,6	13%	2330,0	21%
Ecuador	1964,6	72%	72 757,1	71%	1500,0	78%	1486,5	29%	2057,0	18%
El Salvador	2344,5	86%	81 161,0	79%			1586,0	31%	2943,4	26%
Guatemala	2692,3	99%	100 368,4	98%			1171,8	23%	1351,6	12%
Guyana			61 224,5	60%					1430,9	13%
Honduras	2112,2	77%	74 162,5	72%			1181,0	23%	1538,7	14%
México	1945,0	71%	69 530,9	68%	1409,1	73%	3454,4	67%	2726,5	24%
Nicaragua	2126,8	78%	82 337,1	80%			1832,3	35%	1402,1	12%
Panamá	777,1	28%	50 588,2	49%			3359,0	65%	1348,2	12%
Paraguay	2024,4	74%	51 621,9	50%	1500,0	78%	2059,9	40%	2075,0	18%
Perú	1535,4	56%	102 423,5	100%			2967,7	57%	2629,0	23%
Puerto Rico									2172,3	19%
Surinam	976,7	36%	40 000,0	39%					1800,0	16%
Uruguay	1719,4	63%	53 727,3	52%	1275,4	66%	4457,9	86%	4141,9	37%
Venezuela, Rep. Bolivariana de	1806,9	66%	70 320,3	69%	614,0	32%	2153,1	42%	3326,7	30%

*Se considera como "máximo" el dato del país que muestra el mayor rendimiento para ese cultivo.
Fuente: Elaboración propia con base en FAOSTAT 2008.

La diferencia es de gran magnitud, lo que indica que la tecnología está disponible y que hay un potencial productivo que se puede explotar, a costos relativamente moderados (la tecnología se podría adaptar a las condiciones locales). Los datos, repetimos deben analizarse con cautela porque los recursos son distintos en cada caso (el caso del maíz es típico). Por ejemplo, en Argentina

y Chile, prevalecen los híbridos (y en Chile, además, el riego), mientras que en la mayoría de los otros países, variedades tradicionales. Con todo, en el caso de la caña de azúcar o el algodón, donde los sistemas de producción son más homogéneos, también se observa un desempeño productivo dispar, lo que no está en modo alguno explicado totalmente por la calidad de los recursos.

La riqueza de la biodiversidad regional

Un segundo grupo de recursos claves para el desarrollo de una bioeconomía basada en el conocimiento está relacionado con la biodiversidad (entendida como “la variedad de vida en la tierra en todos sus niveles, desde los genes a los ecosistemas y los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan”). En estos términos, América Latina también es muy competitiva, ya que como región concentra los mayores reservorios de biodiversidad del planeta

(ver cuadro 8) y siete de los nueve países considerados “megadiversos” (ninguna otra región del mundo concentra tantos países de esta categoría). Esos países son Brasil, Colombia, México, Perú, Ecuador, Venezuela y Bolivia, pero otros tres –Costa Rica, Panamá y Guatemala– tienen Índices de Biodiversidad Nacional iguales o mayores a los países mencionados, y otros, como Uruguay, que se ubica entre los países con uno de los índices de biodiversidad más bajos de la región –0,487– está aún por encima de la mayoría de los países europeos.

Cuadro 8
Países latinoamericanos más ricos en biodiversidad ⁸.

País	NBI	País	NBI
México*	0,928	Bolivia*	0,724
Brasil*	0,877	Guyana	0,685
Colombia*	0,877	Rep. Dominicana	0,661
Ecuador*	0,873	Honduras	0,653
Venezuela*	0,850	Nicaragua	0,643
Perú*	0,843	El Salvador	0,616
Costa Rica	0,820	Argentina	0,615
Panamá	0,793	Paraguay	0,613
Guatemala	0,744	Chile	0,570

* Pertenecientes al grupo de los “megadiversos”.

Fuente: Convention on Biological Diversity (disponible en <http://www.cbd.int/gbo1/annex.shtml>).

La región es también el origen de un gran número de especies fundamentales en la oferta mundial de alimentos (por ejemplo, papa, batata, maíz, tomate, habas, yuca, maní, piña, cacao, chile pimienta y papaya), y de otras

plantas que juegan un papel determinante en la biofarmacéutica, la nutracéutica, la cosmética y la industria medioambiental ⁹. Todo eso le da a la región una gran ventaja comparativa en un posible uso de herramientas biotecnológicas.

8. NBI = Índice de Biodiversidad Nacional. Este índice se basa en una estimación de la riqueza y endemia de cuatro vertebrados terrestres y plantas vasculares. Tanto los vertebrados como las plantas están calificados de igual manera. Los valores del índice van de un máximo (Indonesia) a un mínimo (Groenlandia). El NBI incluye algunos ajustes según el tamaño de los países.

9. Para una discusión in extenso de algunos casos de aplicaciones específicas ver Roca et al. (2004).

Niveles de inversión y recursos humanos en América Latina

Los recursos humanos y económicos que se destinen al desarrollo de la agrobiotecnología en la región resultan vitales para identificar el futuro escenario en este campo. De la autonomía en el desarrollo de conocimientos en estos temas, dependerá la inserción de la región en la nueva bioeconomía basada en el conocimiento (KBBE).

De acuerdo con un estudio realizado en 2006 (Falk Zeppeda et al. 2008, en prensa), las inversiones en biotecnología agropecuaria en América Latina (inversiones públicas y privadas) rondaron los US\$132 millones anuales. Brasil y México se perfilaron como los principales núcleos de inversión, con aproximadamente un 52% y un 16% del total. Estos dos países, junto con Argentina y Colombia, invierten el 76% del total de los recursos que se destinaron a biotecnología en América Latina.

Cuadro 9
Número de investigadores en el campo de la biotecnología agropecuaria en América Latina, por país y por grado académico, en las organizaciones encuestadas.

Países	Licenciatura (B.Sc.)			Maestría (M.Sc.)			Doctorado (Ph.D.)		
	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total
Argentina	6	13	18	2	19	21	3	16	19
Bolivia	7	29	36	6	17	23	3	7	10
Brasil		24	24		53	53		282	282
Chile	3	57	59	2	73	75		69	69
Colombia	86	53	139	22	27	49	30	16	46
Costa Rica		24	24		38	38		33	33
Ecuador	12	11	23	4	10	14	2	5	8
El Salvador		1	1			0			0
Guatemala	15	14	29	5	6	11	4	1	5
Honduras			0		1	1		1	1
México	3	104	107	4	283	287	5	383	388
Nicaragua			0		17	17		1	1
Panamá			0		20	20			0
Paraguay		2	2		2	2			0
Perú	5	89	93	2	52	54	1	32	33
Rep. Dominicana		35	35		6	6			0
Uruguay	16	33	49	9	30	39	2	22	24
Venezuela		11	11		13	13		9	9
TOTAL	152	498	650	66	666	732	80	876	956

Países	Total de investigadores			Personal de apoyo		
	Priv.	Púb.	Total	Priv.	Púb.	Total
Argentina	11	47	58	56	97	153
Bolivia	16	53	69			30
Brasil	0	358	358		139	139
Chile	5	199	203	5.5	46	51
Colombia	138	96	234	33	42	75
Costa Rica	0	97	97			0
Ecuador	18	26	45	8	16	24
El Salvador	0	1	1		14	14
Guatemala	24	21	45	18	45	63
Honduras	0	2	2			0
México	12	770	782	4	308	312
Nicaragua	0	18	18		3	3
Panamá	0	20	20			0
Paraguay	0	5	5		6	6
Perú	7	172	179	5	57	62
Rep. Dominicana	0	41	41			0
Uruguay	27	85	112	11	17	28
Venezuela	0	33	33		29	29
TOTAL	298	2040	2339	141	817	988

Fuente: Elaboración propia con base en las encuestas hechas en los países como parte del estudio de Falk Zeppeda et al. 2008. en prensa

Respecto del origen de los fondos que se dedicaron al avance de la biotecnología en los países de Latinoamérica, la mayoría provenía de programas públicos de apoyo al desarrollo científico y tecnológico. Algunos de estos programas eran nacionales, otros internacionales o regionales, pero lo importante es señalar el limitado aporte de capital privado al desarrollo de innovaciones agrobiotecnológicas de interés comercial para la región (innovaciones ad hoc).

En cuanto al recurso humano, el estudio mencionado da cuenta de 2339 investigadores que trabajan en el campo de la biotecnología, de los cuales 2040 trabajan en el sector público y 298 en el sector privado. Al examinar el nivel académico, en la región hay aproximadamente 956 investigadores con grado de doctorado, 732 con grado de maestría y 650 con grado de licenciatura¹⁰. Estos datos se recogen en el cuadro 9, donde se señala, además, la proporción entre investigadores y personal de

10. El caso de México es muy interesante, ya que es uno de los países que cuenta con estimados del universo de recursos humanos. La estadística del Sistema Nacional de Investigadores señalaba 1440 investigadores en el área de agricultura y biotecnología en el 2005. Estos datos, sin embargo, no indican si se trata de profesionales a tiempo completo. Con base en las respuestas de las encuestas y a otros informes secundarios, se arribó a los resultados que se presentan en el cuadro 13.

apoyo, un indicador de la inversión en recursos humanos por investigador. Si bien este indicador depende mucho de las condiciones de cada país, es una señal de la “calidad” del sistema de investigación: la disponibilidad de este tipo de apoyo definitivamente incide en el desempeño y la productividad de la investigación. Según los datos obtenidos, son pocos los países de la región que tienen una proporción mayor de 0,5 de personal de apoyo, lo que se considera como bajo para este tipo de actividades.

A modo de síntesis, en la mayoría de los países de la región los niveles de inversión en agrobiotecnología son muy pobres. Si bien algunos cuentan con sistemas de investigación avanzados (como Brasil, México y Argentina) y destinan una cantidad importante de recursos humanos y financieros a la investigación en biotecnología, esto no parece ser de la magnitud necesaria para asegurar la obtención de resultados significativos. La situación es aún más difícil en América Central, Bolivia, Paraguay y República Dominicana, donde la inversión es ínfima, reflejo probablemente de la actitud que se tiene hacia la biotecnología y la ciencia y la tecnología en general. Mención aparte merecen Costa Rica y Uruguay, países relativamente pequeños en extensión, población y economía, pero con un índice relativamente alto de inversión en ciencia y tecnología, señal no tanto de una posición respecto de la biotecnología, sino de una historia particular de inversión en educación, ciencia y tecnología, en relación con el resto de América Latina.

Los marcos institucionales de bioseguridad, propiedad intelectual y transferencia de tecnología

Las políticas que se apliquen en cada uno de los países de la región van a definir el futuro de la agrobiotecnología. En efecto, junto a los otros aspectos (recursos naturales, biodiversidad, inversión) que se han abordado en esta sección, la voluntad política es determinante para el

desarrollo de innovaciones biotecnológicas nacionales, así como para la adopción de innovaciones provenientes de otras regiones del mundo.

Seguidamente analizaremos las principales políticas vinculadas al desarrollo y a la adopción de la agrobiotecnología en la región; a saber políticas de bioseguridad, propiedad intelectual y transferencia de tecnología. Algunos de los temas que se aborden en esta sección se retomarán en la sección 4, al analizar las limitaciones al desarrollo de la biotecnología en la región.

Políticas de bioseguridad

Las alternativas de política en bioseguridad dependen en gran medida del sistema de ciencia y tecnología nacional. Los sistemas reguladores se ven afectados por la proactividad de la política nacional en biotecnología. Por ejemplo, en sistemas cerrados o basados en el principio precautorio, cada evento transgénico se analiza independientemente de las experiencias y de la información disponible en otros países. Al mismo tiempo, algunos países promocionan los sistemas abiertos, en donde las evaluaciones del riesgo de otros países se aceptan completamente como parte del proceso de la aprobación. En medio de estas alternativas extremas, hay opciones que, en este análisis, hemos denominado como “neutras”, por ocupar una posición intermedia (cuadro 10).

Sobre la base de estos tres grupos de políticas, se han analizado las acciones y normativas implementadas en cada uno de los países latinoamericanos.

Ninguno de los países de la región, al definir su estrategia, le confiere un peso particular a los análisis que se han realizado en otros países para la aprobación comercial de algún producto transgénico. Esto se debe, sin duda, a lo “delicado” del tema, sobre todo en los

Cuadro 10
Políticas de bioseguridad para cultivos transgénicos.

Políticas promocionales	Políticas neutras	Políticas preventivas
Evaluaciones basadas exclusivamente 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 con base en 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: Elaborado por los autores con base en información proveniente del proyecto "Capacidades de la biotecnología agropecuaria en América Latina". Banco Interamericano de Desarrollo (BID/ATN/SU-9735-RS), 2006/2007.

países en ha suscitado mayor controversia. Se encontraron políticas neutras en doce países y políticas preventivas en cinco de ellos.

Entre los países con políticas neutras, Argentina, Honduras, Panamá y Uruguay son los que más próximos estarían a adoptar un tipo de política promocional. Esto porque sus evaluaciones toman en cuenta los análisis que se practican en el extranjero para la liberación comercial de transgénicos, aparte de los ensayos de campo confinados que algunos de estos Estados realizan. De este grupo, Argentina, Honduras y Uruguay no han ratificado el "Protocolo de Cartagena sobre bioseguridad", y Chile, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Nicaragua todavía no han definido una política de bioseguridad. Este retraso se considera una estrategia que se acerca al tipo de políticas preventivas, pero sin alcanzar ese rango. Son muchos los factores que pueden haber generado este escenario, pero no hay duda de que la falta de voluntad política ha jugado un papel importante y seguramente tiene que ver con una actitud precavida, y no solo en lo ambiental. El caso de Chile merece ser destacado, pues pese a no haber ratificado el Protocolo de Cartagena y a permitir la realización de ensayos de campo confinados y liberaciones parciales, no ha permitido aún la liberación

comercial de ninguna variedad transgénica. Guatemala también presenta características particulares, pues a pesar de haber realizado ensayos de campo confinados con productos transgénicos, todavía no cuenta con un marco legal adecuado sobre bioseguridad.

Entre los países que aplican políticas preventivas están Bolivia, Brasil, Ecuador, Perú y Venezuela. En todos los casos, y por diversas causas, la liberación comercial y el uso de OGM se encuentra restringido. Tal vez el caso más particular de este grupo es el de Bolivia que, por ley, restringe la utilización de OGM, aunque hay una exención, emitida por el gobierno nacional, para el cultivo de la soja resistente al glifosato. De hecho, la soja resistente a herbicidas está siendo cultivada de manera comercial en Bolivia.

En términos de la región como conjunto, podría afirmarse que muchos países se hallan en el proceso de elaborar su normativa sobre bioseguridad y hasta tanto no la hayan desarrollado, han optado por aplicar políticas neutras. Sin duda, muchos factores e intereses entran en juego al momento de definir la política de bioseguridad nacional; la forma en que estos se diriman dará lugar a la política que se va a aplicar, al menos, en el mediano plazo.

Políticas de propiedad intelectual

En materia de propiedad intelectual, los criterios generales que se utilizan para clasificar las políticas implementadas son el contenido y el estado de la legislación sobre propiedad intelectual (patentes en particular), por una parte, y, por otra, la adhesión a las diferentes actas de la *Union internationale pour la protection des obtentions vegetales* (UPOV) principalmente las de 1978 y 1991 (ver cuadro 11)¹¹.

Puede decirse que la región en su conjunto se ubica en una situación preventiva o en una situación neutra en cuanto a la propiedad intelectual (8 de los países aplican políticas preventivas o restrictivas y 9, políticas neutras). Ninguno se ha adherido a UPOV 91 y solo algunos han comenzado discutir los mecanismos necesarios para su incorporación (tal es el caso de Bolivia). Además, en varios de los países la legislación de patentes se podría considerar, al menos en su letra, como de tipo promocional, pues

Cuadro 11
Estrategias políticas posibles para el marco legal sobre propiedad intelectual en cultivos transgénicos.

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

Fuente: Elaborado por los autores con base en información proveniente del proyecto "Capacidades de la biotecnología agropecuaria en América Latina", Banco Interamericano de Desarrollo (BID/ATN/SU-9735-RS), 2006/2007.

si bien es restrictiva en algunos aspectos (impedimentos a que se patenten variedades o animales), permiten la protección de genes y otros aspectos de importancia (Argentina, Colombia, México y Uruguay).

Por su parte, Venezuela, Perú, Brasil, Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras pueden considerarse dentro del campo de lo *preventivo*, aunque hay una

marcada heterogeneidad en el carácter "preventivo" asociado a cada uno de ellos y en el nivel de "prevención" que proponen. Por ejemplo, Honduras, Guatemala y el Salvador carecen de un marco regulador para las obtenciones vegetales mientras que Chile y Brasil cuentan con la legislación adecuada, pero la liberación comercial de variedades genéticamente modificadas topa con serias restricciones en el marco legal y en el contexto

11. En relación con estas actas, los principales aspectos que están en discusión son los derechos de los productores a reutilizar la simiente cosechada y los derechos de los fitomejoradores a usufructuar los beneficios del derecho. La adhesión a un acta u otra implica hacer modificaciones en las leyes de semillas de cada país. No obstante, los que se adhieren al acta de 1978 presentan menores especificidades que los que se adhieren al acta de 1991. Para mayor información sobre este tema se recomienda revisar, Rapela et al. (2006).

político. Casos más paradigmáticos son Perú, que directamente prohíbe que se patentes los genes y no ha firmado el acta de la UPOV, y Venezuela que tampoco ha firmado el acta y en la constitución del país prohíbe explícitamente patentar cualquier tipo de gen.

En cuanto a los países con políticas neutras hay que señalar una diferencia entre los que cuentan con mayores especificidades respecto a la patentabilidad de genes y a la existencia de iniciativas para adherir al acta UPOV de 1991.

De los países con políticas neutras, Argentina, México, Nicaragua y Paraguay cuentan con un sistema legal para proteger la propiedad intelectual más consolidado que el resto y permiten explícitamente el que los genes se patentes. Si bien este aspecto no basta para incluirlos en el grupo de países con políticas promocionales, su política tiene un

carácter esencialmente permisivo y apunta a la implementación futura de políticas promocionales.

Entérminos regionales se observan posiciones extremas: desde la negativa explícita a permitir la entrada de transgénicos al país hasta el reconocimiento de un proceso que tiende a incluirlos en la legislación nacional. Dado este escenario y los requerimientos temporales que demanda la consolidación de los marcos legales analizados dentro del proceso de adaptación a las nuevas condiciones, seguramente en un período no muy largo se terminará definiendo una normativa más clara de las líneas políticas adoptadas por cada uno de los países.

Al implementar este tipo de políticas y al definir su marco legal es importante tomar en cuenta los intereses y conflictos que suscitan.

Cuadro 12

Estrategias en política de transferencia tecnológica y el sistema de producción y comercialización de semillas.

Políticas promocionales	Políticas neutras	Políticas preventivas
Se dispone de políticas e instrumentos que de manera explícita facilitan la participación del sector privado en IyD, la creación de empresas de base tecnológica (subsidiarios- incubadoras) y la articulación entre las instituciones de IyD y la transferencia tecnológica que pueda involucrar OGM, y se observa una participación activa de las instituciones públicas en los mismos.	Hay mecanismos de articulación, pero de tipo general.	No existen programas que promuevan o faciliten la transferencia de tecnología, ni la creación de empresas de base tecnológica

Fuente: Elaborado por los autores con base en información proveniente del proyecto "Capacidades de la biotecnología agropecuaria en América Latina", Banco Interamericano de Desarrollo (BID/ATN/SU-9735-RS), 2006/2007.

Políticas de transferencia de tecnología

La distinción entre políticas esbozada en los apartados precedentes se centra en las medidas que se tomen para favorecer, o no, la articulación entre las capacidades científicas y tecnológicas y la incorporación de los nuevos conocimientos e innovaciones a los procesos productivos. Las *políticas promocionales*, entonces, son las que prevén mecanismos que apoyan o subsidian la creación de empresas de base tecnológica que favorecen la implantación de “incubadoras de empresas” que se especializan en el área de la biotecnología, y que despliegan mecanismos para promover la articulación de las instituciones de investigación con capacidades de dar valor agregado a los procesos de innovación. Las *políticas neutras* prevén mecanismos de articulación pero son de apenas carácter general y las *preventivas* aluden a situaciones que se caracterizan por su indefinición en esta área¹² (Ver cuadro 12).

Puede decirse que Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, México, Paraguay y Uruguay tienen políticas promocionales, dado que existen mecanismos que promueven la participación del sector privado en el desarrollo tecnológico y se reconoce el carácter estratégico de la vinculación entre los centros de investigación y las empresas privadas; mientras que el resto de los países adoptan políticas más bien neutras o preventivas. Por ejemplo, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela presentan políticas neutras, pues, si bien cuentan con mecanismos de articulación entre las instituciones de investigación y la empresa privada estos son de carácter general y no están directamente dirigidos a las empresas de base agrobiotecnológica. En cambio, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua no cuentan con ningún sistema general que permita la articulación entre empresas.

También es importante acotar que si bien la naturaleza de las iniciativas es bastante similar —en muchos casos las fuentes de financiamiento son las mismas: los bancos multilaterales (BID y Banco Mundial) y la cooperación internacional (p.ej. la Unión Europea)— su efectividad puede ser muy distinta, ya que es un campo en donde la magnitud de los recursos disponibles marca la diferencia, por el alto grado de inversión que demanda el área de la biotecnología.

Origen y aplicación de las innovaciones aplicadas a la agrobiotecnología en la región

Para analizar el tema de las innovaciones biotecnológicas en la región vamos a trabajar en dos niveles: la generación de nuevos conocimientos, nuevas herramientas y nueva tecnología, y su aplicación a sistemas productivos específicos; es decir, la utilización de innovaciones concretas en la producción de bienes y servicios.

En el área de producción de conocimiento, América Latina presenta una productividad comparativamente baja y al mismo tiempo una gran heterogeneidad entre países y regiones. Si bien existen distintos indicadores respecto de la producción científica, el de las publicaciones indexadas parece ser el más objetivo. En este sentido, todo el conjunto de la región se compara desfavorablemente con el resto de los países hemisféricos (Canadá y los Estados Unidos), e incluso con España, que ha dado un salto notable en este campo en la última década. Por otra parte, casi el 90% de la producción de conocimientos de la región está concentrado en unos pocos países (Brasil, Argentina, México, Chile y Venezuela) y de ellos, un país, Brasil, acumula el 45% de la producción total (Traxler 2008). Lo que

12. Es posible que considerar la ausencia de definición como una política “preventiva” sea un criterio demasiado “fuerte”, pues resalta más una debilidad del sistema que una definición expresa. Tal postura encuentra su justificación, sin embargo, en la necesidad de establecer una diferencia respecto de las políticas “neutras”, en las que, si bien también se puede argumentar una falta de definición, al menos disponen de mecanismos generales de articulación.

ocurre en la producción de conocimientos se refleja en la emisión de patentes en el campo de la biotecnología —un indicador quizás más dramático pues alude a la transferencia de conocimientos del laboratorio al campo—. Aquí la producción regional es definitivamente magra, y aún los países Latinoamericanos más importantes en producción agrícola (Brasil, Argentina, México, Chile, Colombia) se ubican en clara desventaja con respecto

a otros países importantes en el comercio agrícola mundial, como Canadá y Australia, o países emergentes como India (Traxler 2008).

En cuanto a la aplicación del conocimiento a sistemas productivos específicos, hay industrias concretas, como la láctea, la hortifruticultura, la vitivinicultura y otros sectores de la industria alimenticia, que ya están aprovechando innovaciones biotecnológicas basadas en

Cuadro 13
Superficie cultivada con OGM en América Latina por país en 2006.

País	Área con OGM (en miles de ha)	Cultivos comercializados
Argentina	19 100	Algodón, Soja y Maíz
Brasil	15 000	Soja y Algodón
Paraguay	2 600	Soja
Uruguay	500	Soja y Maíz
México	100	Algodón y Soja
Colombia	50	Algodón, y Clavel
Honduras	2	Maíz

Fuente: James 2007.

microorganismos modificados genéticamente, o cultivos celulares y de tejidos, para mejorar la productividad de ciertos procesos, así como la calidad y la sanidad de sus productos. No se dispone, sin embargo, de estadísticas que permitan documentar adecuadamente esos procesos. El único indicador más o menos objetivo sería la presencia de cultivos genéticamente modificados, ya sea en cultivo o en proceso de evaluación.

Respecto del área cultivada con transgénicos, la región tiene una participación más que relevante en el concierto mundial de este tipo de tecnologías. En efecto, siete de los 14 países que dedican más de 50 millones de hectáreas

a este tipo de cultivos pertenecen a la región, y, no solo eso, Argentina, Brasil y Paraguay se ubican entre los seis más importantes del mundo en este sentido (James 2007). (Ver cuadro 13).

En la región, Argentina ocupa el primer lugar, tanto en extensión cultivada con estas tecnologías como en el número de “eventos transgénicos” cuya bioseguridad está siendo analizada, seguida de Brasil, ambos con un área cultivada que supera los 10 millones de hectáreas. Del resto, solo cuatro países reportan cultivos en esta categoría, pero con áreas significativamente menores. En Uruguay, hasta el momento se ha aprobado

la liberación comercial de tres “eventos transgénicos”: uno de soja y dos 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 vasta, con granos, hortalizas, frutales, plantas forrajeras y ornamentales modificadas, pero solo el algodón y la soja se cultivan comercialmente. En Colombia, los organismos responsables de la bioseguridad y de las semillas han aprobado, en los últimos años, tanto ensayos de campo como la liberación comercial de varios cultivos genéticamente modificados, incluidas variedades transgénicas de algodón y de maíz resistente a insectos y tolerante a herbicidas¹³.

En el resto de los países prácticamente no hay actividades en esta dirección, en parte porque no hay productos que resulten de interés (por sus condiciones productivas) y, en parte, por los conflictos políticos derivados del debate público de este tipo de tecnologías.

Un aspecto que debe destacarse es el relacionado con el origen de los organismos genéticamente modificados. Independientemente del buen desempeño que exhibe la región en cuanto a incorporar este tipo de tecnologías en sus sistemas productivos, hasta el momento todas las innovaciones que se hallan en el campo han sido introducidas por el sector privado multinacional y este sector también domina el flujo (“*pipeline*”) de pruebas de campo. En efecto, el sector privado multinacional representa cerca del 80% del total de eventos transgénicos que han sido sometidos a

la 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 (ver Taxler 2007).

En resumen, quisiéramos señalar que, respecto a la producción biotecnológica, se observa un claro contraste entre la generación de conocimientos y la obtención de patentes, actividades que podrían ser indicadores indirectos del potencial innovador de los sistemas nacionales y de la actitud de la región como “utilizadora” de tecnologías generadas externamente. Y es que, de un lado, prevalecen sistemas débiles, que parecieran alejarse progresivamente de la “frontera del conocimiento” en el área (algo que no debería sorprender en vista de los niveles de inversión relativamente reducidos que se observan incluso en los países de mayor desarrollo relativo), y, de otro, la región se erige, sin lugar a dudas, como la más importante del mundo en desarrollo en cuanto al aprovechamiento del “derrame tecnológico” de lo que es, hasta ahora, el “producto bandera” de la biotecnología agropecuaria, es decir, los cultivos genéticamente modificados. Esta situación es consecuencia, muy probablemente, de las ventajas que le confiere su base de recursos naturales, requisito incuestionable de las tecnologías predominantes en esta primera etapa del ciclo tecnológico. Llama la atención, sin embargo, que la importancia de estos cultivos a nivel productivo y los beneficios económicos que les han traído a los países adoptantes, no se esté reflejando en un mayor dinamismo en las inversiones en el sector.

13. Desde el año 1998, el Consejo Técnico Nacional de Bioseguridad Agrícola del Instituto Colombiano Agropecuario ha recibido y procesado 12 solicitudes, de las cuales nueve han sido aprobadas, cada una con sus especificidades, algunas como cultivo comercial, otras como ensayos de campo en contención, otras como investigación confinada; dos se encuentran en evaluación y uno fue aplazada (Schuler y Orozco 2006:37).

3

Impacto económico, social y ambiental de la agrobiotecnología en el sector agropecuario de las Américas

Toda innovación conlleva riesgos y tiene repercusiones en la organización económica y social. Sin embargo, pese a la controversia que generan, los consumidores normalmente terminan aceptando los frutos de los avances tecnológicos y por tanto los riesgos, mientras van aprendiendo a manejarlos; tal es el caso de la máquina de vapor, de la vacuna contra la viruela, del automóvil, y más recientemente, de la telefonía móvil y el horno de microondas, entre otros (Villalobos 2007).

La incorporación de esos productos a la vida cotidiana ha sido relativamente rápida, en comparación con lo que ha ocurrido con los cultivos transgénicos¹⁴. Para explicar esa situación se han esgrimido diversos argumentos, como el daño ambiental y la consiguiente resistencia de los consumidores, los intereses económicos que han frenado deliberadamente la entrada de estos productos a ciertos mercados y la ausencia de beneficios directos al consumidor. Si bien todos esos factores actúan conjuntamente para dar lugar al escenario actual, consideramos que la ausencia de beneficios directos al consumidor es el factor que mejor explica las dificultades que ha enfrentado la adopción masiva de estas tecnologías (de interesarles el consumo de productos agropecuarios transgénicos, los consumidores bien podrían ejercer presión en su favor).

Las empresas multinacionales y los productores agropecuarios son los principales beneficiarios directos de los avances

agrobiotecnológicos. Los consumidores, sin embargo, se han beneficiado indirectamente: con el aumento en el volumen de productos agropecuarios, con las mejoras ambientales que se han generado (menor uso de fertilizantes, menor uso de combustibles fósiles en el laboreo del suelo y aumento en la fauna de los suelos, entre otros) y con los beneficios que han obtenido los productores (mayores ingresos, menores riesgos de producción, etc.).

A continuación haremos un recuento de los beneficios económicos, ambientales y sociales atribuibles a la aceptación de los productos transgénicos en los mercados locales. Esto no significa que desconozcamos los cuestionamientos, simplemente buscamos destacar los beneficios económicos, ambientales y sociales que las naciones que no han adoptado estas tecnologías han dejado de percibir, en gran parte por la adopción de las políticas que analizamos en la sección anterior.

Las ventajas de la adopción temprana de OGM

La adopción temprana de la agrobiotecnología y más precisamente de variedades genéticamente modificados puede traer considerables ventajas. Para examinar más de cerca esta afirmación conviene revisar las ventajas obtenidas por Argentina (primer país de la región en adoptar estas tecnologías) y por Brasil (país que dilató esta decisión al menos por 8 años).

14. Nos referimos específicamente a los productos transgénicos ligados al sector agropecuario porque otro tipo de productos obtenidos con técnicas de biotecnología moderna se ha incorporado al mercado sin mayores problemas y los consumidores (mercados) no han levantado barreras importantes para aceptarlos. Tal es el caso de productos biotecnológicos que se utilizan en medicina, en la industria alimenticia y en la industria farmacéutica, entre otros.

En términos generales, los OGM hicieron su ingreso a la agricultura argentina en 1996 cuando se produjo la liberación comercial de la soja resistente al glifosato. Posteriormente se liberaron algunas variedades de algodón y maíz, hasta llegar al momento actual en que se han liberado 13 variedades transgénicas. En Brasil, en cambio, la liberación comercial de variedades genéticamente modificadas es más reciente (2004) y ha sido muy cuestionada, principalmente por ONG ambientalistas con gran injerencia en la opinión pública local. De hecho, la liberación comercial de variedades de maíz genéticamente modificadas recién se aprobó para la campaña 2008-09. Dado el escenario en el que se han sucedido las liberaciones en ambos países, nos centraremos en los impactos que ha generado la demora en la liberación de variedades de soja genéticamente modificadas¹⁵.

Ventajas económicas

Respecto de los beneficios económicos de la liberación comercial de la soja resistente al glifosato, se estima que en Brasil alcanzan un rango de US\$1,6-2,1 miles de millones, dependiendo de la hipótesis de adopción que se asuma (fecha de introducción, cantidad de hectáreas plantadas con la tecnología), con un techo máximo de USD 6,1 miles de millones para la hipótesis de máxima adopción posible. Más precisamente, Anderson Galvão Gomes (citado en James 2007) estimó los beneficios que no percibieron los productores brasileños debidos a procesos reguladores complejos, y en particular a las acciones legales de varios grupos interesados. Tomando la rápida tasa de adopción de la soja RR® en Argentina

como punto de referencia, el estudio concluyó que el haber aprobado la soja RR® en Brasil recién en 2006 le costó a los productores US\$3,10 mil millones y a los desarrolladores de la tecnología unos US\$1,41 millones más, lo que da lugar a la conclusión de que Brasil se perdió de ganar US\$4,51 mil millones en beneficios no recibidos por la liberación de esta variedad transgénica de soja. El total de los beneficios potenciales para productores y desarrolladores de tecnología durante el período 1998-2006 fue de US\$6,6 mil millones, de los cuales sólo US\$2,09 mil millones, equivalentes al 31%, fueron aprovechados. Así, se perdieron US\$4,51 mil millones por demoras judiciales, lo que significa un importante sacrificio para Brasil como nación, y una pérdida aún mayor para los productores.

En el caso de Argentina, se estima que los beneficios netos por sustitución en la producción agrícola (girasol, algodón, pasturas) acumulados en la década 1996-2005 alcanzan los US\$19,7 mil millones (Trigo y Cap 2006). La diferencia en beneficios económicos entre uno y otro país destaca la magnitud de las ventajas de haber optado tempranamente por la tecnología y de haber contado con políticas que en su momento facilitaron esa situación. Esta comparación también saca a relucir los costos que le puede traer a un país alargar los períodos reguladores. Tales costos se evidencian, asimismo, en la estructura de la producción nacional, a partir de la competitividad relativa de los distintos cultivos como consecuencia de las diferencias en el ritmo de disponibilidad de nuevas tecnologías. En efecto, los niveles

15. Si bien es cierto que las realidades productivas en donde se han dado estos procesos son bastante particulares en términos de la escala de los productores y el tipo de articulación a los mercados internacionales, no por ello las experiencias de estos países dejan de ser relevantes para el resto de la región. En el caso del algodón, los pequeños productores constituyen la mayoría de quienes adoptaron estas tecnologías y se beneficiaron de ellas, tanto en Argentina como en Brasil, y, en este sentido, las diferencias con el resto de las situaciones de producción donde el algodón es el principal producto, no son demasiado grandes. En maíz es, quizás, donde puedan existir las mayores diferencias, ya que en los casos a que se hace referencia, se trata de híbridos, mientras que en la mayoría de los otros países de la región se está hablando de variedades. En la soja, se trata de un cultivo de expansión y, probablemente, las condiciones donde esto ocurra, sean bastante similares a las que se dan en Argentina y Brasil, y, por lo tanto, las experiencias pueden ser relevantes.

de productividad de Brasil rápidamente se acercaron a los de Argentina, pese a que, en términos generales, y dadas las características climáticas y de suelos en Brasil, fue necesario incorporar una mayor cantidad de fertilizantes y un mayor tratamiento edáfico (como el encalado para reducir la acidez del sustrato).

Ventajas ambientales

En Argentina y Brasil el haber optado por variedades (fundamentalmente de soja) resistentes a glifosato, implicó una modificación significativa en el sistema de cultivo (siembra directa) y en la cantidad de herbicidas empleados. En efecto, la combinación siembra directa + soja tolerante a herbicida integra dos conceptos tecnológicos. Por una parte, nuevas tecnologías mecánicas que modifican la interacción del cultivo con el recurso suelo. Por otra, el uso de “herbicidas totales” (glifosato), que son ambientalmente neutros, por su efectividad para controlar todo tipo de malezas y por su carencia de poder residual. Ambos aspectos implican una mayor intensidad en el uso de insumos, lo que usualmente se describe como una intensificación “dura”. Sin embargo, esta intensificación “dura” es, al mismo tiempo, “amigable”, desde el punto de vista ambiental, porque ha conducido, de forma paralela, a una reducción en términos nominales del consumo de otros herbicidas con elevada acción residual (tal es el caso de la atrazina) y, por lo tanto, ambientalmente negativos. En los análisis ambientales, también suelen considerarse otro tipo de beneficios indirectos producto de la adopción de estas innovaciones; entre ellos, la reducción en el uso de envases para herbicidas, un menor uso de insumos para el transporte (principalmente combustibles) y la disminución en el uso del agua necesaria para

disolver los compuestos (de fundamental impacto en las zonas de secano).

Es difícil encontrar un número que cuantifique la magnitud del beneficio que representa esta sinergia entre la soja tolerante a herbicida y la siembra directa, pero en el cálculo no puede ignorarse su impacto potencial en la recuperación de la fertilidad de los suelos y, por ende, en su productividad actual y futura, así como algunas de las externalidades positivas mencionadas en el párrafo anterior (Trigo y Cap 2006).

Diversos estudios muestran que en Brasil, el uso de herbicidas en soja se redujo de 3,06 kg/ha a 1,44 cuando las variedades de soja transgénica comenzaron a utilizarse (Raven 2007)¹⁶. La reducción en el uso de este tipo de agroquímicos, a su vez, se ve acompañada de una reducción sustancial en el uso de herbicidas peligrosos para la salud pública (clases I, II y III). Por otra parte, también se estima que, como resultado de la reducción en el uso de combustibles necesarios para las prácticas culturales, se reduce la emisión de CO₂ en 3,9 kg/ha/año¹⁷.

En Argentina, al igual que en Brasil, también se ha registrado una disminución marcada en el uso de herbicidas potencialmente peligrosos para la salud humana y el ambiente. En concreto, la adopción de la soja transgénica implicó una reducción de un 83% en la cantidad utilizada de herbicidas de toxicidad de clase II y la eliminación total de los de clase III, todos ellos altamente tóxicos (Trigo y Cap 2006). En el caso de Argentina, no obstante, el cultivo de transgénicos ha generado un aumento en el uso de herbicidas, asociado principalmente a las características ambientales y a la falta de precisión en la dosificación de agroquímicos.

16. Otro estudio que parte de premisas de análisis similares ha estimado que para la campaña 2007/08 de soja en el país, con el cultivo de soja transgénica se utilizaron entre 15 y 30 millones de litros menos de combustibles fósiles (Carneiro 2008: 15).

17. Cabe destacar que si bien la adopción del paquete tecnológico asociado con la soja RR implica una reducción en el uso de combustibles fósiles, el aumento de la actividad agrícola puede contrarrestar parte de ese beneficio.

A manera de síntesis de los efectos ambientales de estas tecnologías, puede decirse que se observan efectos ambientales positivos pero también se abren numerosas interrogantes. Esto no debe sorprender, ya que, en un sentido amplio, toda agricultura, a medida que se intensifica, pierde sostenibilidad, y este es un proceso que ha acompañado el desarrollo agrícola desde que la humanidad pasó a ser sedentaria. Tener conciencia de ello no deber ser, sin embargo, un impedimento para reconocer los problemas y la necesidad de seguir buscando alternativas, tanto en el ámbito tecnológico como en el ámbito de las políticas sectoriales. Lo que sí cabe destacar es que el paquete “siembra directa + soja tolerante a herbicida” es una alternativa que supera, en modo positivo, la situación precedente, aunque está claro que por sí sola no resuelve todos los problemas de sostenibilidad implícitos en el proceso de intensificación agrícola. La evolución de este proceso debe continuar siendo monitoreada para poder anticipar cualquier problema, sobre todo si la expansión del modelo productivo, como es el caso, va incorporando nuevas regiones agroecológicas. En este sentido, importa considerar, además, del tema de la fertilidad de los suelos, los temas vinculados al control de plagas y enfermedades, entre otros.

Ventajas sociales

Encuanto al impacto social de estas tecnologías, son muchas las situaciones que hay que tener en cuenta y con frecuencia la falta de información dificulta un planteamiento claro del panorama. No obstante, algunos datos generales permiten afirmar que, al menos en el caso de Argentina, la percepción general de que el uso de estas tecnologías acelera la

tendencia a la expulsión de los pobladores del sector rural, no concuerda con los datos existentes. En efecto, en el campo argentino, la tendencia a expulsar unidades productivas no ha representado un “quiebre” en lo que venía ocurriendo desde fines de la década de 1960, situación que, muy probablemente, más que un fenómeno local, refleja la realidad de este tipo de agricultura. Esta tendencia es similar a la que se observa en Australia, Canadá y Estados Unidos, países que comparten con Argentina un sendero de innovación tecnológica en el sector agropecuario con predominio de tecnologías “ahorradoras de mano de obra” que, de manera natural, inducen un proceso de consolidación de fundos que permite generar economías de escala (economías que se generan por la introducción de maquinaria cada vez más grande y poderosa)¹⁸. En todo caso, la información disponible —estudios basados en información censal— indican que las tecnologías adoptadas y el proceso que se ha seguido en el caso de la soja en Argentina han sido bastante neutros con respecto a la escala de los productores, y que los beneficios obtenidos se han distribuido de manera relativamente homogénea entre los distintos estratos de productores. Aparte de esto, desde el punto de vista social, hay que considerar otras variables, como la agregación de valor y la situación del empleo a nivel sectorial y general (ver Trigo y Cap 2006).

La expansión del cultivo de soja —inducido por la incorporación de la soja TH y su sinergia con la siembra directa— le dio un fuerte impulso a la industria aceitera y le añadió un considerable valor agregado a las exportaciones de este complejo agroindustrial, al tiempo que se incrementó también la cantidad de puestos de trabajo.

18. Este es un proceso que se ha dado, y que continúa dándose en la mayoría de los países que tienen un sector agroexportador. La superficie promedio de los establecimientos en Estados Unidos, por ejemplo, se triplicó entre 1934 y 1994, año en que llegó a 448 acres —unas 168 hectáreas— (ERS 1997). De no haber existido el “paraguas protector” de los programas federales de intervención en los mecanismos de asignación de factores de producción a la actividad agropecuaria (set asides, loan rates, deficiency payments, etc.), este proceso muy probablemente se hubiera agudizado. Ese mismo estudio señala que el 66% de los productores agropecuarios comerciales de Estados Unidos reciben subsidios.

Según las estimaciones disponibles, durante los primeros diez años en que se utilizaron “tecnologías OGM” (1996-2006) la creación de empleo atribuible a este proceso llegó a casi un millón de puestos de trabajo, equivalente a un 36% del total de empleos que se generaron en el período (ver Trigo y Cap 2006). Esta cifra, de por sí importante, crece aún más en relevancia, si se considera que durante ese período se produjo la peor crisis de empleo en la historia del país, con una cifra de desempleo que superó el 22%.

En el caso de Brasil, la adopción de variedades de soja genéticamente modificadas tuvo lugar, sobre todo, en zonas donde la cantidad de pequeños productores es significativamente importante. En concreto, la adopción de soja RR ha cobrado mayor relevancia en los estados del Sur de Brasil, donde predominan productores familiares de pequeña y mediana escala que cuentan con un fuerte apoyo de parte de las organizaciones cooperativas (Galvão Gomes 2008)¹⁹.

Las oportunidades posibles

La aparición de los cultivos genéticamente modificados representa, sin duda, un “punto de quiebre” en lo que hace al manejo de los cultivos en la región. Si bien la Argentina entró en este ciclo prácticamente desde su inicio, el ritmo de incorporación (aprobación) de nuevas tecnologías no fue el mismo para todos los cultivos. En la práctica, sólo en la soja se tuvo acceso a las tecnologías más relevantes, ya que, por distintos motivos, principalmente vinculados a la protección del acceso a los mercados de exportación, en otros cultivos, particularmente el maíz, el ámbito de opciones fue mucho menor, tanto

en la cantidad de tecnologías disponibles como en el tiempo en que los “eventos transgénicos” aprobados tardaron en llegar al mercado nacional.

Es difícil determinar cuánto influyó este “desequilibrio” en el grado de especialización —de la soja frente al maíz— de la agricultura argentina, aunque, si se compara el patrón de cultivos del país con los de otras regiones productoras (por ejemplo, con el corn belt americano), no es de descartar que la “ventaja” tecnológica de la soja haya sido un factor de importancia en la conformación del proceso de “sojización” que ha sido ampliamente discutido en los últimos años y que se ha planteado como una debilidad de la situación productiva argentina (ver Trigo 2005).

Aparte de este aspecto, no cabe duda de que el retraso en la incorporación de nuevas tecnologías en la producción local ha tenido consecuencias negativas, o lo que es lo mismo, no ha permitido el aprovechamiento de los beneficios que pudieron haberse obtenido. Finalmente, en Argentina donde quizás los trámites han sido más expeditos (y donde los grandes beneficios obtenidos de este tipo de tecnologías podrían ayudarlos en tiempos de moratoria a los OVM) se observa que estos se han estado incrementando a lo largo de los años, generando en la práctica un progresivo y continuo alejamiento de la tecnología disponible a nivel local respecto de lo disponible a nivel internacional.

En el caso de Brasil, la “politización” del tema ha generado un alto grado de incertidumbre en lo que se refiere a los períodos necesarios para la aprobación de los eventos aunque

19. El impacto de la adopción de estas tecnologías en la región no se ha podido cuantificar, puesto que los datos definitivos del último censo realizado en el país (2006) no se encuentran aún disponibles en su totalidad. Solo parcialmente se conoce que el área destinada a la agricultura se duplicó en los últimos 10 años, con lo que se quebró el comportamiento mostrado en los dos períodos intercensales anteriores. Muy posiblemente esto fue consecuencia del desarrollo agrícola que ha tenido este país tras la entrada de la soja RR y la aplicación de nuevas técnicas de cultivo (Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística, 2008).

Cuadro 14
Importancia del algodón, el maíz y la soja en América Latina.

		Sup. Arable		Algodón (2007)		Maíz (2007)		Soja (2007)	
		Miles de ha	%	Miles de ha	%	Miles de ha	%	Miles de ha	%
Países donde se cultivan variedades GM	Argentina	28 500	100%	305	1,1%	2 838	10%	16 100	56%
	Brasil	59 000	100%	1 110	1,9%	13 828	23%	20 638	35%
	Chile	1 950	100%	----	----	134	7%	----	----
	Colombia	2 004	100%	75	3,7%	590	29%	40	2%
	Honduras	1 068	100%	1	0,1%	362	34%	1	0%
	México	25 000	100%	120	0,5%	7 800	31%	55	0%
	Paraguay	4 200	100%	250	6,0%	417	10%	2 300	55%
	Uruguay	1 370	100%	----	----	50	4%	366	27%
Países donde no se cultivan variedades GM	Belice	70	100%	----	----	14	19%	0	0%
	Bolivia	3 050	100%	80	2,6%	306	10%	960	31%
	Costa Rica	225	100%	0	0,1%	6	3%	----	----
	Ecuador	1 348	100%	3	0,2%	440	33%	31	2%
	El Salvador	660	100%	2	0,2%	260	39%	1	0%
	Guyana Francesa	12	100%	----	----	----	----	----	----
	Guatemala	1 440	100%	2	0,1%	660	46%	13	1%
	Guyana	480	100%	----	----	3	1%	----	----
	Nicaragua	1 925	100%	2	0,1%	368	19%	2	0%
	Panamá	548	100%	----	----	51	9%	0	0%
	Perú	3 700	100%	95	2,6%	481	13%	2	0%
	Surinam	60	100%	----	----	0	0%	0	0%
	Venezuela, Rep. Bolivariana de	2 650	100%	15	0,6%	630	24%	13	0%
Subtotal de países donde se cultivan variedades GM		123 092	100%	1 861	2%	26 019	21%	39 499	32%
Subtotal de países donde no se cultivan variedades GM		16 168	100%	198	1%	3 219	20%	1 022	6%
TOTALES		139 260	100%	2 059	1%	29 237	21%	40 522	29%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de FAOSTAT 2008.

pareciera que la situación está comenzando a cambiar, pues en las últimas tres campañas se liberaron una variedad de soja, una de algodón y tres de maíz (AgbioWorld 2008). Como se mencionó anteriormente, los beneficios que se han dejado de obtener por la demora en la liberación de estas variedades no solo ha ocasionado pérdidas económicas (en productores, empresas y actores que se benefician indirectamente del crecimiento de la producción agropecuaria) sino ambientales y, posiblemente, sociales.

Más allá de la situación particular de Argentina y Brasil en materia de aprobación y utilización de variedades transgénicas, la producción de las principales especies para las que existe una amplia difusión de este

tipo de variedades resulta de fundamental importancia en otros países de la región. Si bien los países que aún no han liberado estas variedades no representan un área significativa de la región (aproximadamente el 11%), el cultivo de maíz (principalmente) y de soja son fundamentales para sus economías. Cuando se consideran los beneficios que ha generado la liberación de las variedades mejoradas, no se puede menos que pensar que varios de estos países, por no permitir todavía su cultivo, se están perdiendo de obtener una cantidad significativa de beneficios (económicos, sociales y ambientales), lo que en términos nacionales puede traducirse en una pérdida económica y social (además de ambiental) de gran alcance. (Ver cuadro 14).

4

Principales desafíos regionales para el pleno aprovechamiento de la agrobiotecnología

Luego de haber presentado un breve resumen de estado de la biotecnología en la región, dirigimos ahora la mirada a algunas de las limitaciones estructurales que impiden el desarrollo de la agrobiotecnología: la inversión en investigación y desarrollo, los sistemas reguladores y los sistemas de propiedad intelectual. Posteriormente, pasaremos a analizar los posibles escenarios a escala global en los que se insertaría la región.

Inversión en investigación y desarrollo en América Latina

Las inversiones en investigación y desarrollo (I&D) son la mayor debilidad que tienen los países de América Latina para aprovechar las oportunidades de la bioeconomía. A nivel agregado —I&D en todos los sectores— en 2005 en América Latina se invirtió un total de US\$13 500 millones —apenas unos US\$800

Cuadro 15

Gastos en investigación agrícola y tasa de crecimiento por región (en millones de dólares internacionales, de 2000).

Gastos en investigación agrícola	1981	2000
América Latina y el Caribe	1 897	2 454
África Subsahariana	1 196	1 461
China	1 049	3 150
Asia y el Pacífico	3 047	7 523
Oriente Medio y África del Norte	0 764	1 382
Países en desarrollo	6 904	12 819
Países desarrollados	8 293	10 191
Total	15 197	23 010
Tasas de crecimiento anual (porcentaje por año)		1981–2000
América Latina y el Caribe		2,0%
China		4,9%
Asia y el Pacífico		4,2%
Oriente Medio y África del Norte		3,4%
Países en desarrollo		3,1%
Países desarrollados		1,1%
Total		2,1%

Nota: Los datos son estimaciones provisionales y excluyen Europa del Este y los países que se formaron a partir de la Unión Soviética.
Fuente: Pardey et al. 2006.

millones más de lo que invierte España—, y el total latinoamericano representó menos de un 5% de lo que invierte Estados Unidos en ese campo. En total, en la región se invierte solo un 0,54% del PBI y ningún país se excede del 1%, es decir, menos de la mitad de lo que invierte España (1,13%) y un tercio de lo que Canadá invirtió en el 2005 (1,98%)²⁰.

Ahora bien, en las tres últimas décadas, los países en desarrollo, en conjunto, han mostrado un crecimiento constante en los gastos en investigación agrícola, y lo han hecho a una tasa superior a la de los países desarrollados (Pardey et al. 2006), pero el crecimiento no ha sido uniforme en todos los países y regiones; así, los gastos han crecido rápidamente en algunos de los países grandes, mientras que en algunos de los pequeños el crecimiento no ha seguido el ritmo de la inflación. En India, China y Brasil, entre 1981 y 2000, los gastos crecieron, en promedio, a una tasa del 8% anual, en comparación con una tasa del 2% en el resto de los países en desarrollo. Latinoamérica fue la región con menor desarrollo y con el crecimiento más lento en la tasa de inversión.

Una segunda observación —de particular importancia en el contexto de esta discusión— es la ausencia del sector privado de las inversiones en investigación agropecuaria. En el 2000, la participación del sector privado significó cerca del 6% del total de gastos en investigación agropecuaria en los países en desarrollo, mientras que en los países desarrollados ese porcentaje fue de un 54%. La falta de investigación en el sector privado es un obstáculo importante para mejorar el acceso de los países en desarrollo a los avances biotecnológicos.

Un tercer aspecto que necesita ser destacado cuando observamos lo que ocurre con la investigación agrícola (y los recursos naturales relacionados) en América Latina, es la inmensa diferencia que hay entre países en cuanto a tamaño y capacidad científica. Brasil es responsable del 50% del total de los gastos en investigación de la región, y si se suman los gastos de Argentina y México a los de Brasil, el total de estos tres países representa el 85% del total de las inversiones de la región. La mayoría de los países de América Latina tiene un sistema de I&D agrícola pequeño. Veinticinco de los 32 países de América Latina tienen menos de 200 investigadores, lo que equivale a un sistema de un tamaño menor al de una universidad agropecuaria grande de Estados Unidos. Los 12 países de América Central y el Caribe, juntos, gastan en investigación agropecuaria solo US\$39 millones, una magnitud cercana al presupuesto de investigación de una universidad agropecuaria de tamaño mediano de Estados Unidos.

Algo similar ocurre con la inversión en investigación y desarrollo en biotecnología. Aunque no se tienen indicadores sobre esta situación específica en el sector, un estudio reciente del componente de agrobiotecnología llevado a cabo con financiamiento del BID proporciona una perspectiva general que refleja las debilidades del sector (para una discusión extensa del tema ver Zeppeda et al 2008 en prensa).

El cuadro 16 presenta una estimación de la inversión total en biotecnología agropecuaria de parte de los sectores público y privado en América Latina²¹. Como puede verse, esa inversión es de aproximadamente US\$132 millones, y Brasil y México representan cerca

20. RICYT 2001

21. Se considera que estos datos dan cuenta de cerca del 75% de las inversiones que se realizaron en cada país y que representan “la mejor” aproximación de los gastos realizados.

del 52% y 16%, respectivamente, del total de la región. Lo cierto es que tres países, Brasil, México y Colombia, representan el 76% del total de inversiones en biotecnología en la región. Estos datos deberían contrastarse con lo que ocurre en otras partes del mundo, especialmente en el sector privado. De

acuerdo con la información disponible sobre inversiones en I&D, la inversión total que se realiza actualmente en la región representa menos de un quinto de la inversión en I&D que hacen algunas corporaciones multinacionales que están trabajando en el área de los recursos biotecnológicos.

Cuadro 16

Inversiones totales en biotecnología agropecuaria en América Latina
(en miles de US\$, 2007).

País	Sector privado	Sector público	Total	% del total
Argentina	3 463	4 816	8 278	6,3
Bolivia	-	404	404	0,3
Brasil	13 761	55 046	68 807	52,2
Chile	26	3 049	3 316	2,5
Colombia	1 284	9 395	10 679	8,1
Costa Rica	-	3 000	3 000	2,3
Ecuador	1 530	846	2 376	1,8
El Salvador	-	140	140	0,1
Guatemala	-	1 284	1 284	1,0
Honduras	-	25	25	0,0
México	-	20 985	20 985	15,9
Nicaragua	-	21	21	0,0
Panamá	-	1 300	1 300	1,0
Paraguay	-	25	25	0,0
Perú	30	4 484	4 514	3,4
Rep. Dominicana	-	539	539	0,4
Uruguay	770	432	1 203	0,9
Venezuela	-	4 957	4 957	3,8
Total	21 106	110 748	131 854	100

Fuente: Falk Zeppeda et al 2008. (en prensa).

Cuadro 17
Número de artículos publicados por científicos en
Latinoamérica y otras partes del mundo (1997-2006).

País	Bioquímica, genética y biología molecular	% del total en Latinoamérica	Ciencias agrícolas y biológicas	% del total en Latinoamérica
Brasil	20 939	45%	3 570	45%
Argentina	8 908	19%	1 327	17%
México	7 126	15%	1 256	16%
Chile	3 143	7%	449	6%
Venezuela	1 393	3%	398	5%
Cuba	1 359	3%	145	2%
Colombia	995	2%	210	3%
Uruguay	798	2%	135	2%
Costa Rica	328	1%	92	1%
Perú	319	1%	84	1%
Panamá	206	0%	102	1%
Ecuador	144	0%	32	0%
Bolivia	105	0%	26	0%
Guatemala	50	0%	15	0%
Paraguay	39	0%	4	0%
El Salvador	36	0%	8	0%
Nicaragua	28	0%	4	0%
Rep. Dominicana	22	0%	1	0%
Honduras	21	0%	4	0%
Total	46 350		7 937	
Canadá	66 815		6 336	
Estados Unidos	554 180		42 001	
España	45 452		5 072	
China	53 397		5 812	
India	32 325		4 604	

Fuente: SCOPUS database (2008)

En relación con el destino de estas inversiones, la mayoría —el 72%— se utiliza en biotecnología tradicional (cultivo de tejidos, técnicas de fermentación, etc.), y en relación con los productos, los más importantes son las aplicaciones vegetales (forestación y árboles frutales, 18%; raíces y tubérculos, 12%; cultivos industriales y hortícolas, 7%), mientras que los microorganismos y otras aplicaciones representan algo más del 27% (en el último caso, la mayoría de las innovaciones conciernen insumos para procesos productivos específicos, como levaduras, enzimas, inoculantes, bioinsecticidas) (Falk Zeppeda et al. 2008 en prensa).

El bajo nivel de inversiones es un claro reflejo de lo que ocurre con la producción de conocimiento en la región en áreas relevantes para el desarrollo de la biotecnología. El cuadro 17 presenta el número de publicaciones en América Latina y en algunas otras partes del mundo. Incluso el país líder de la región, Brasil, que tiene uno de los mayores sistemas de I&D de los países en desarrollo, está muy por debajo de cualquiera de los países de fuera de la región incluidos en la lista. El cuadro 18 presenta una imagen similar pero esta vez desde el punto de vista de las patentes en biotecnología y otras áreas relacionadas.

Cuadro 18

Patentes solicitadas a la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos en áreas relacionadas con la biotecnología.

País	Total	% del total	Clases 435 & 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	4 241	3,8	1873	22
Alemania	8 765	7,8	3299	138
Austria	492	0,44	238	0
España	653	0,58	215	16
Australia	1 437	1,3	735	34
China	550	0,49	276	0
India	895	0,80	309	21

Fuente: Mayer 2006.

Sistema regulador en biotecnología

Desde el punto de vista del marco regulador de bioseguridad, la mayoría de los países de la región cuentan con un sistema formal, en general en respuesta a su situación como miembros del Protocolo de Cartagena. Sin embargo, existen grandes diferencias entre países en cuanto a la jerarquía legal y su instrumentación, y la capacidad de aplicar análisis de riesgo. La situación es bastante contradictoria: algunos países como Argentina, quizás el que tiene más experiencia en implementación de evaluaciones de bioseguridad —medida por las liberaciones efectuadas hasta la fecha— tiene un sistema regulador que se basa solamente en un

decreto de nivel ministerial, y aunque desde hace un tiempo se ha estado discutiendo la necesidad de incrementar el estatus legal de la norma, todavía no ha sido posible contar con una Ley aceptada por el Parlamento. En el resto de los países, como Brasil y México, recientemente se han aprobado leyes que estipulan un sólido marco institucional para los procesos reguladores. En el caso de México, aunque los instrumentos legales se refieren solo a la bioseguridad, la naturaleza de las consideraciones y los procesos mediante los cuales son instituidos, los colocan a un nivel tal, que seguramente serán considerados más como instrumentos de promoción de la biotecnología que como un marco para la bioseguridad (ver cuadros 19 y 20).

Cuadro 19
Estatus de acción en el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (CPB).

Países parte del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad (CPB)		
Antigua y Barbuda	Dominica	Paraguay
Bahamas	Ecuador	Perú
Bolivia	Guatemala	Santa Lucía
Brasil	México	Grenada
Colombia	Nicaragua	Trinidad y Tobago
Cuba	Panamá	Belize
San Vicente y las Granadinas	San Cristóbal y Nieves	Honduras y Costa Rica
Países que han firmado pero no ratificado el CPB		
Argentina		Jamaica
Venezuela	Haití	Uruguay
Chile		
Países que no han firmado el CPB		
Guyana	Surinam	

Fuente: SCOPUS database (2008)

Cuadro 20
Estatus de la legislación sobre bioseguridad, por país.

Legislación específica sobre bioseguridad	Legislación no específica que incluye el tema	Sin información / Sin acceso a la legislación
Argentina	Belice*	Antigua y Barbuda
Brasil	Bolivia*	Bahamas
México	Chile	Barbados
	Costa Rica*	Dominica
	Ecuador	Guyana
	El Salvador*	Haití
	Guatemala	Santa Lucía
	Grenada	San Cristóbal y Nieves
	Honduras	San Vicente y las Granadinas
	Jamaica*	Surinam
	Nicaragua*	Trinidad y Tobago
	Panamá	
	Paraguay	
	Perú**	
	Rep. Dominicana	
	Uruguay	
	Venezuela	

* En proceso de creación y/o de modificación de las leyes.

** Legislación pendiente de publicación oficial.

Fuente: Tewolde 2006.

En la mayoría de los casos restantes, el tema no es tanto la existencia o no de un marco normativo (como mencionamos en la sección 2 del trabajo), sino la capacidad del país para ponerlo en práctica. La realidad es que la mayoría de los países no tienen ni la suficiente diversidad de recursos humanos ni la suficiente especialización para sacar adelante los procesos de análisis y evaluación de riesgo que se necesitan para implementar los marcos normativos. Por esta razón, los marcos legales acaban convirtiéndose en un obstáculo y no en un factor de promoción para avanzar en la

explotación de la biotecnología. Un indicador relevante de lo que ha estado sucediendo son los procesos de evaluación de riesgo de los cultivos genéticamente modificados, tanto en lo que respecta al número de cultivos como en relación al origen de los mismos (público/privado, nacional/internacional). El cuadro 21 muestra los datos de la evaluación de riesgo de estos cultivos en Latinoamérica durante los primeros diez años a partir del momento en que la tecnología estuvo disponible. Como se puede observar, solo unos pocos países han aprovechado estos avances. Una de las

Cuadro 21

Países seleccionados de América Latina: permisos otorgados a OGM según el tipo de aprobación entre 1996 y 2006.

País	Ambiente Número de eventos aprobados (año de la primera aprobación)	Agrícola Número de eventos aprobados	Alimentación Número de eventos aprobados (año de la primera aprobación)	Heno Número de eventos aprobados
Argentina	10 (1996)	10	10 (1996)	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
Total	27	26	57	22

Fuente: James 2007.

razones que con más frecuencia se esgrimen para explicar el bajo nivel de utilización de estas tecnologías es su falta de adaptabilidad a las condiciones de cada país; sin embargo, los avances conciernen cultivos y problemas ampliamente extendidos en la región (como es el caso del maíz y del algodón con tolerancia a herbicidas y resistente a insectos). Además, en ese mismo período de tiempo se han transferido combinaciones similares de genes/cultivos a países tan diversos como India, Sudáfrica y China, entre otros.

No se argumenta aquí que un sistema de bioseguridad ineficaz —en razón de su complejidad, su costo o su falta de capacidad operativa— sea el único responsable de la escasa difusión de estas tecnologías, pero no cabe duda de que los sistemas encargados de velar por la bioseguridad son parte del problema, particularmente

por el costo que supone la aplicación de los protocolos existentes. De acuerdo con Falk Zeppeda et al. 2008 (en prensa), los costos en bioseguridad para un cultivo alimenticio que ya ha sido aprobado en el país de origen de la tecnología rondan los US\$4 millones, y el US\$1 millón en el caso de cultivos no alimenticios. Para un mercado relativamente pequeño esto puede representar un desincentivo enorme para la I&D, sobre todo para las instituciones del sector público que, como ya vimos, tienen que enfrentar además la falta de inversión. De hecho, todos los OVM que se han liberado comercialmente hasta el momento son productos del sector privado.

Esta situación se refleja en el nivel de adopción que los cultivos GM ha tenido en la región (ver cuadro 22), donde solo unos pocos países (Argentina, Brasil, Paraguay

y en menor medida Uruguay) han podido aprovechar, en una escala adecuada, los beneficios potenciales de estos cultivos, a pesar de que algunas de las tecnologías disponibles (soja tolerante a herbicidas, maíz

y algodón tolerante a herbicida y resistente a insectos) son altamente compatibles con la capacidad productiva y con las restricciones que limitan la productividad y el mejor desempeño del sector agrícola de la región.

Cuadro 22
Países seleccionados de América Latina: permisos otorgados a OGM según el tipo de aprobación entre 1996 y 2006.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Argentina	4,3	6,7	10	11,8	13,5	13,9	16,2	17,1	18	19,1
Uruguay			0,01	0,01	0,02	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5
Paraguay							1,2	1,8	2	2,6
Brasil						3	5	9,4	11,5	15
México	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Colombia					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Honduras					<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chile										<0,1
Total	4,3	6,7	10,01	11,81	13,52	17	22,8	28,7	32	37,2

Fuente: FAO/IIASA 2000

Protección de la propiedad intelectual

La cuestión de la propiedad intelectual es un elemento central para las nuevas tecnologías y por definición para la biotecnología. La situación de los derechos de propiedad intelectual en América Latina es, también, muy diversa. En la última década, muchos de los países han modificado su legislación alineándose con lo establecido por la Organización Mundial del Comercio (OMC) en el acuerdo sobre Aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (TRIPS), de manera que sus sistemas de protección de la propiedad intelectual para los productos agrícolas combinan el sistema de patentes con un sistema *ad hoc* generalmente basado en UPOV 78 o 91

(sistemas de derechos de fitomejoramiento) para variedades mejoradas.

Oficialmente, Argentina tiene la cobertura de protección más comprensiva al incluir la posibilidad de proteger plantas genéticamente modificadas y genes. Chile también ofrece una protección amplia, que incluye procesos biológicos, mejoramiento animal y microorganismos, pero excluye las plantas y los genes. Los microorganismos se encuentran protegidos en la mayoría de los países, excepto en los países andinos y en Costa Rica. Las variedades vegetales están protegidas en la mayoría de los países, según los tratados de UPOV, 78 o 91. República Dominicana, El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Panamá no reportan

sistemas formales para plantas ni para otros productos vinculados.

Entonces, si el escenario regional es considerado en su conjunto, se podría hablar de un ambiente de protección “débil”; en parte porque la mayoría de los sistemas han evolucionado en

respuesta a las presiones de otros sectores (por ejemplo, el farmacéutico) y a las negociaciones internacionales, pero también porque la capacidad de implementación (reglamentación y poder de policía) es, en casi todos los casos, débil, lo que descalifica las reglamentaciones y las transforma en meras formalidades.

Cuadro 23

Protección de los derechos de propiedad intelectual en biotecnología agropecuaria en América Latina.

País	Descubrimiento	Procesos Biológicos	Plantas ¹	Variedades vegetales ²	Animales (mejoramiento)	Genes
Argentina	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Chile	No	Sí	?	Sí	Sí ³	?
Brasil	No	Sí	No	Sí	No	No
Uruguay	No	No	No	Sí	No	No
Paraguay	No	No	No	Sí	No	?
Bolivia*	No	No	No	Sí	No	?
Perú*	No	No	No	No	No	?
Ecuador*	No	No ⁴	No	Sí	No	Sí
Colombia*	No	No	No ⁵	Sí	No	?
Venezuela*	No	No	No	Sí	No	Sí
México	No	No	Sí	Sí	No	?
Costa Rica	No	No	No	No	No	?

* La legislación se enmarca en la Decisión 344 del Acuerdo de Cartagena.

1. Modificación genética.

2. UPOV 78.

3. Patentar razas animales está explícitamente excluido (Ley 19.039, Art. 37b), pero no patentar los animales como tales.

4. Se obtienen variedades vegetales, no para animales.

5. No definido.

Fuente: Trigo et al. 2002.

Los posibles escenarios para la evolución de la biotecnología

La aplicación de la biotecnología a la agricultura y la alimentación abre una amplia gama de posibilidades, pero al mismo tiempo plantea un conjunto de temas que deben ser cuidadosamente analizados. Muchos de estos aspectos están asociados a la evolución de la ciencia, pero otros —no menos importantes—

tienen que ver con el contexto político-institucional en el que se desenvuelven estos avances y habrá que tenerlos en consideración si es que se pretende que los posibles beneficios de las nuevas tecnologías se concreten.

Los temas por analizar guardan relación con las características de las nuevas tecnologías y la forma en que éstas difieren

y a la vez interactúan con las aproximaciones convencionales. Entre otros, incluyen el tipo de ciencia en que se basan los avances, la naturaleza de las inversiones, las instituciones que lideran los procesos de innovación y los sistemas reguladores que se

pongan a efecto. El cuadro 24 contrasta los sistemas agropecuarios convencionales con los sistemas basados en la biotecnología, distinción que es preciso considerar para anticipar la futura evolución de la industria.

Cuadro 24
Principales contrastes entre los sistemas de innovación agropecuaria convencionales y los basados en la biotecnología moderna.

Sistema “convencional”	Sistema basado en la biotecnología
<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de bienes públicos/fuerte liderazgo de las instituciones públicas en el desarrollo y promoción de los nuevos conceptos tecnológicos • Ciencia aplicada y agronomía como base • Sistemas de I&D sectoriales • Necesidades de inversión relativamente bajas • Sistemas de protección de la propiedad intelectual, “débiles” • Baja intensidad reguladora • Comercio y tecnología no directamente relacionados • Predominio de los sistemas a granel en la logística comercial, bajo nivel de diferenciación entre productos excepto por estándares de calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerte participación y liderazgo del sector privado en el desarrollo y promoción de los nuevos conceptos tecnológicos. • Desarrollo de aplicaciones tecnológicas directamente relacionado con invest. básica • Sistemas de I&D más “horizontales” • Necesidades de inversión altas • Sistemas de protección de la propiedad intelectual, “fuertes” • Alta intensidad reguladora <ul style="list-style-type: none"> – Bioseguridad – Protección al consumidor • Tecnología y comercio muy relacionados • Crecientes demandas por sistemas de logística comercial que permitan la diferenciación y la trazabilidad.

Fuente: Elaborado por los autores.

El denominador común de los nuevos sistemas, en particular si se piensa en el marco institucional en el que se desarrollan los procesos de innovación en agricultura, es el de una creciente “complejidad”. La biotecnología, como toda innovación radical, supone cambios sustantivos en los procesos de generación y apropiación de valor, lo que a su vez plantea la necesidad de crear nuevos entornos institucionales y, consecuentemente, nuevas capacidades de gestión a todo nivel.

En este contexto, deben resaltarse dos aspectos. Por una parte, hay un cambio en la función de producción de nueva tecnología. Esto significa cambios en las disciplinas que intervienen y en la forma en que se usan los conocimientos (propiedad intelectual de las herramientas de investigación), como en la interacción entre la ciencia básica y la ciencia aplicada y entre los ámbitos público y privado (la interfase entre el laboratorio y la empresa es un componente esencial de

cualquier estrategia de desarrollo del sector). Paralelamente emergen nuevas —y más complejas— consideraciones éticas sobre las consecuencias de las tecnologías en el medio ambiente y en la salud humana. Todo esto hace que los sistemas reguladores se vuelvan más complejos que los que se aplicaban a las tecnologías convencionales y adquieran además una dimensión internacional, con repercusiones tanto en la forma en que se organizan los sistemas de logística como en el comercio internacional y la transferencia de tecnología. Estos cambios, importantes en sí mismos, deben ser puestos en un contexto más amplio: el del tránsito hacia la “sociedad o la economía del conocimiento”, donde hay una modificación sustantiva del peso de los distintos factores de producción en la generación de valor económico. Estas transformaciones generan nuevos procesos, nuevos actores y nuevas formas de interaccionar, y esto ya se está empezando a reflejar en los marcos institucionales de propiedad intelectual, de bioseguridad, en el financiamiento, el mercadeo, la percepción pública, etc.

Por otra parte, hay que advertir que estos no son escenarios consolidados. Muy por el contrario, están en plena evolución. Tanto desde la perspectiva de la ciencia y la tecnología como desde los propios marcos institucionales, nacionales e internacionales, se observa un período de transición en el que conviven paradigmas y se negocian no solo los marcos institucionales sino el proceso mismo de transición. En efecto, la ciencia está en plena transición de paradigmas, y los nuevos conceptos frecuentemente deben resolverse con aproximaciones y con infraestructura e instituciones antiguas (la obtención de patentes de los resultados de la investigación básica, el etiquetado, la trazabilidad, etc.). Puesto en otras palabras, se está en medio de un proceso de cambio y los escenarios futuros, aun cuando pueden estar comenzando a delinearse, no son de ninguna manera evidentes y su definición dependerá

de cómo se resuelvan ciertos aspectos en los ámbitos nacional e internacional.

La biotecnología ha evolucionado de manera sorprendente: más de 110 millones de hectáreas son cultivadas por más de 12 millones de agricultores en 23 países (ver capítulo 1). Un panorama de esta naturaleza permitiría afirmar que estamos frente a un “escenario de consolidación” de la biotecnología como la base del paradigma predominante en agricultura; sin embargo, todavía falta mucho camino por recorrer.

Muchos consumidores (en forma individual o por medio de las organizaciones que los representan) aún dudan acerca de la conveniencia de usar estos productos o se oponen abiertamente a ellos.

Si bien ha habido grandes avances en cuanto a la bioseguridad, el tema todavía no se ha resuelto de manera definitiva y temas como las normas de etiquetado y la compensación del daño continúan discutiéndose en los foros internacionales. Las innovaciones de segunda y tercera generación —sobre las que se asientan muchos de los argumentos acerca de la conveniencia de adoptar estas tecnologías— aún son promesas en cuanto a su llegada a los mercados mundiales.

La forma en que van a evolucionar los acontecimientos, entonces, no está clara, por lo que también se podría plantear un escenario futuro diametralmente opuesto al mencionado (“de consolidación” u “optimista”), en el que se observa un deterioro de la percepción pública acerca de estas tecnologías y el estancamiento y hasta la retracción de las inversiones, y los OGM y la biotecnología acaban diluyéndose como promesas en el aire. A esta visión podemos denominarla una visión “pesimista” del futuro del sector.

También podríamos visualizar un “escenario intermedio”, en el que no se hacen nuevos

avances, pero se mantienen los productos que actualmente se encuentran en el mercado, si bien con conflictos puntuales respecto del acceso a los mercados y la evolución de las negociaciones en los foros internacionales, como los de la OMC y el Protocolo de Cartagena. O sea, un escenario en el que la consolidación de las tecnologías avanza lentamente pero los logros no llegan a “diluirse”.

El cuadro 25 resume las principales características de estos tres escenarios y plantea cuál podría ser la situación en los años 2010 y 2020. Está claro que también podrían suscitarse escenarios que combinarán aspectos de cada una de las situaciones planteadas.

La ampliación y diversificación del flujo de innovaciones

En más o menos una década los cultivos transgénicos han pasado de ser poco más que una curiosidad, restringida a un cultivo (la soja) y a una característica (la tolerancia a herbicidas) a una tecnología de amplia aplicación. Hoy se puede decir que más de tres cuartas partes de la soja y casi la totalidad de los maíces que se comercializan a nivel internacional son transgénicos. Dado que los derivados de la soja y el maíz (por ejemplo, harina, proteína y aceite de soja, y harina, melaza, aceite, almidón y aceite de maíz) son ingredientes comunes en la industria de los alimentos procesados se puede aseverar que también una proporción considerable de los alimentos disponibles en los supermercados en muchos países del mundo —ya sea que los cultiven o no— contienen OGM. Esto es un claro indicador de que la biotecnología y su aplicación al mejoramiento de los cultivos, independientemente del debate que la rodea, en particular en Europa, se está

transformando en la norma antes que en la excepción, en cuanto al patrón tecnológico de la agricultura de nuestros días. Por otra parte, sería de esperar que estas tendencias se acentuaran, y no que se debilitaran, al incorporarse cultivos de amplia incidencia cultural, como el arroz, a escala masiva en países como China (en Irán ya se cultiva arroz Bt) y nuevas características, como la tolerancia a la sequía y la salinidad, así como al afianzarse la liberación comercial de “eventos transgénicos” de segunda generación beneficiosos para la salud (arroz fortificados con vitamina A, aceites con mayor contenido de Omega 3, etc.). La consolidación de este escenario se ve favorecida en ciertos países en los que el apoyo al desarrollo de la biotecnología agropecuaria y a la adopción de variedades GM, constituye un componente estratégico de las políticas agropecuarias ²².

Dos aspectos estrechamente relacionados resultan fundamentales al visualizar los posibles escenarios. Por una parte, la familiaridad de los productores y los consumidores respecto de la tecnología, y por otra, la acumulación de evidencias acerca de la seguridad de las innovaciones —o lo que es lo mismo, la falta de evidencias científicamente comprobadas de que existe un riesgo—.

En los diez años transcurridos desde la introducción de los primeros productos, la información disponible acerca de estos ha ido creciendo significativamente y en los últimos tiempos destacan dos aspectos. En primer lugar, que la virulencia de la discusión ha comenzado a decrecer; en segundo, que, si bien los números de las encuestas de opinión acerca de la actitud de los consumidores respecto de los OGM actuales no ha cambiado substantivamente,

22. Un ejemplo de esta tendencia es la decisión del gobierno chino de considerar los transgénicos como un componente estratégico para la producción agropecuaria nacional.

Cuadro 25
Tres escenarios posibles para el desarrollo de la biotecnología
(hasta el año 2020).

	De consolidación u optimista	Estable	Pesimista
General	La biotecnología se convierte en el paradigma tecnológico dominante de los sistemas agrícola y alimentario del mundo.	Situación actual. La biotecnología agrícola sigue suscitando controversia; la inversión en I+D en los países menos desarrollados crece muy lentamente y está dirigida sobre todo a áreas no relacionadas con el consumo.	Una mayor virulencia en la oposición a los OMG por parte de grupos ecologistas y de consumidores se extiende hasta los EEUU. Se generaliza el etiquetado. Se produce una reducción de las inversiones en I+D.
Perspectiva de la demanda	Mayor aceptación del consumidor en Europa, Japón y EEUU. China se convierte en uno de los principales participantes de la industria. Las ventas en 2010 llegan a US\$25 mil millones.	Europa y Japón aumentan gradualmente los permisos para utilizar OGM en piensos animales. La aceptación por parte de los consumidores crece de manera lenta pero progresiva, debido a la ausencia de problemas de salud o ambientales serios, y al etiquetado.	Los mercados europeos se cierran a los OMG; el etiquetado se generaliza.
Situación 2010	<ul style="list-style-type: none"> • Se generaliza el uso de técnicas de cultivo de tejidos y otras estrategias celulares para el fitomejoramiento así como para obtener otros subproductos biológicos. • Se aplican estrategias moleculares para hacer una amplia variedad de diagnósticos en los campos de la sanidad animal y vegetal, así como en la calidad alimentaria. • Las características de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos se extienden a la mayoría de los cultivos de importancia económica. • Se extiende la aceptación del arroz fortificado con vitamina A y arroces con TH y RI. • El trigo GM está en proceso de liberación para comercialización. • Las tecnologías de "apilamiento de genes" se extienden a una amplia variedad de cultivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se generaliza el uso de técnicas de cultivo de tejidos y otras estrategias celulares para el fitomejoramiento así como para obtener otros subproductos biológicos. • Se aplican estrategias moleculares para hacer una amplia variedad de diagnósticos en los campos de la sanidad animal y vegetal, así como en la calidad alimentaria. • Las características de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos se extienden pero a un ritmo lento y solo en algunos cultivos y en algunos países. • Se extienden los cultivos resistentes a enfermedades (resistencia a virus y a hongos). • Continúa la indefinición en cuanto al arroz fortificado con vitamina A y la Tolerancia a Herbicidas y la Resistencia a Insectos también encuentran problemas para su aplicación comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> • El uso del cultivo de tejidos y otras estrategias celulares se generaliza para producir materiales de planta mejorados así como subproductos biológicos. • La resistencia a plagas se desarrolla hasta convertirse en la primera generación de productos biotecnológicos –las sustituciones son lentas • Los trabajos de la genómica se vuelven muy restringidos y limitados a fines de investigación • Los aceites de calidad mejorada y la proteína mejorada para el maíz no producen beneficios (muchos sustitutos y coste de segregación) • Los suplementos naturales para la salud de procedencia vegetal se llevan una muy parte pequeña del mercado de suplementos.

	De consolidación u optimista	Estable	Pesimista
	<ul style="list-style-type: none"> • La investigación genómica se extiende y abarca la mayoría de los cultivos y se convierte en una herramienta habitual para el mejoramiento de variedades. • Comienza a extenderse la resistencia a virus y hongos. • Se expanden los programas de I&D que buscan mejorar la eficiencia de distintos cultivos (tradicionales y nuevos) para la producción de biocombustibles. • Entran en el mercado los primeros productos “de 2^{da} y 3^{ra} generación” (particularmente aceites y proteínas de mejor calidad), así como otros nutraceuticos en plantas y animales. • La transgénesis se extiende a los principales cultivos tropicales. • Los rasgos de calidad se diversifican y extienden a las variedades de cultivo. • Las tecnologías vinculadas a características “complejas”, como tolerancia a la sequía y mayor rendimiento están claramente insertas en el “pipeline” comercial. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay progreso en los trigos transgénicos. • El fitomejoramiento de maíz enfocado a la obtención de aceites y proteína de alta calidad disminuye considerablemente debido a su relación costo/beneficio • Los suplementos naturales para la salud, de procedencia vegetal, tienen una participación muy pequeña en el mercado de suplementos. • La investigación relacionada con la resistencia a plagas da lugar a la “primera generación” de productos biotecnológicos –continúa el desarrollo de nuevos genes para la protección de los cultivos. • A través de los híbridos, se logra aumentar el rendimiento del arroz, el maíz y otros cultivos. • El uso industrial resulta apenas ligeramente ventajoso en cuanto a costos, frente a los métodos convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las herramientas para diagnósticos basados en estrategias moleculares están disponibles para una amplia gama de aplicaciones de sanidad animal y vegetal y calidad alimentaria. • El arroz rico en vitamina A se extiende con lentitud por las dificultades en los procesos reguladores y por que a los agricultores no les gusta el color y el sabor. • Los aumentos del rendimiento se restringen a las tecnologías tradicionales de hibridación y a las aplicaciones de genómica al mejoramiento. • Los usos industriales no ofrecen ventaja alguna en los costes frente a los métodos convencionales.
Situación 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Las tecnologías vinculadas a la tolerancia a la sequía y un mayor rendimiento se aplican a la mayoría de los cultivos. • Las tecnologías de “2^{da} y 3^{ra} generación” (mejoramiento de calidad y utilidad nutraceutica) se convierte en la norma habitual. • Se consolida la producción de fármacos a partir de plantas y animales GM, así como la producción de otros insumos industriales (sustitutos de los derivados del petróleo, etc.) • Se autoriza uso en humanos de complementos alimenticios cuya eficacia para reducir riesgo de contraer cáncer y sufrir un infarto ha sido clínicamente probada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Considerables mejoras en el rendimiento: la eficiencia de las plantas mejora gracias a la genómica. • Continúa el desarrollo de nuevos genes para la protección de los cultivos. • Desarrollo de nuevos productos químicos para proteger cultivos y potenciar rendimiento. • Se ha comprobado químicamente que suplementos alimenticios reducen riesgo de cáncer e infarto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento gradual del rendimiento gracias al incremento en la eficiencia de la planta. • Desarrollo más rápido de nuevos genes para la protección de cultivos, pero continúan las dificultades para llevar los productos al mercado. • Desarrollo de nuevos productos químicos para la protección de cultivos y la potenciación del rendimiento. • Los usos industriales adquieren un carácter práctico.

Fuente: Elaborado por los autores, con base en Trigo et al. 2002.

sí ha aumentado el porcentaje de aquellos que reaccionan positivamente, en la medida en que los organismos representen un beneficio directo, ya sea al consumirlos, o para el medio ambiente (menor uso de herbicidas, biocombustibles, etc.) (Comisión Europea 2006).

Por otra parte, cada día se acumula más evidencia en favor de los efectos beneficiosos de estas tecnologías para la salud y el ambiente²³. Un ejemplo destacado de este último caso es el del algodón Bt (resistente a insectos), pues todos los estudios disponibles coinciden en señalar una disminución de más del 50% —y en algunos casos, de más del 80%— en el número de aplicaciones de insecticidas usados en una campaña (Sanvido et al. 2006). En el caso de la salud humana, la mayoría de los metaestudios llevados a cabo por organizaciones internacionales o comisiones gubernamentales y científicas de alto nivel coinciden en señalar que hasta la fecha no se ha podido detectar ningún efecto nocivo para la salud humana. Más aún, el panel convocado por la Organización Mundial de la Salud para analizar la seguridad de los alimentos transgénicos llegó a la conclusión de que “todos los alimentos genéticamente modificados actualmente disponibles en el mercado internacional han pasado con éxito las evaluaciones de riesgo establecidas y no representan riesgos para la salud humana” (OMS, 2005: 27). Incluso los informes más críticos, como el elaborado por el Panel Expertos de la Royal Society de Canadá (2002), afirma que no se debe centrar la atención en los riesgos que podrían derivarse de los productos que actualmente se encuentran en el mercado, sino en el hecho de que las políticas y procedimientos de regulación vigentes podrían no ser los más adecuados para garantizar que, en el

futuro, los alimentos derivados de productos GM sean tan seguros como lo son hoy.

Aspectos como estos deben ser analizados en conjunto al hacer cualquier proyección sobre el futuro de esta tecnología, al menos en lo que respecta a su aceptación en el mercado.

Las regulaciones nacionales e internacionales

La biotecnología en general y la biotecnología agropecuaria en particular están, tanto a nivel nacional como internacional, entre las tecnologías más reguladas de la historia. Partiendo de una percepción temprana sobre los posibles riesgos para la salud humana y el medioambiente, se generó una amplia polémica en la que, en no pocas ocasiones, las cuestiones políticas, y aspectos como el derecho a la información de parte de los consumidores, han primado sobre los criterios científicos. Tan es así que se fue generando una suerte de acuerdo tácito acerca de que la presencia de estrictas medidas de bioseguridad era un componente imprescindible para el desarrollo de esta tecnología. La polémica que se desató entre los grupos ambientalistas y los promotores de la tecnología condujo, en muchos casos, y sobre todo en países en los que los beneficios de la adopción de las nuevas tecnologías no eran evidentes en ese momento a la evolución progresiva de una opinión pública poco favorable o incluso claramente adversa a las nuevas tecnologías.

Este proceso culminó con la firma del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (PCB), que ha sido ratificado por 147 países, y que si bien tiene como objetivo principal regular el movimiento transnacional de los OGM y sus productos, también es cierto que

23. Un ejemplo del aporte de la biotecnología a la mitigación de los problemas ambientales es la modificación en el gen que regula la fijación de carbono en los Eucalyptus, para colaborar así a reducir el efecto invernadero (The China Post 2007). Un ejemplo relacionado con la salud humana es la provisión de vacunas en los alimentos; tal es el caso de las investigaciones que se están llevando adelante en China para lograr variedades de arroz GM que produzcan la vacuna contra la hepatitis B (ISAAA 2007).

plantea requisitos muy precisos en cuanto a la necesidad de establecer mecanismos que regulen el campo de la bioseguridad²⁴.

Esta situación ha hecho que los países hayan ido creando marcos reguladores —para la aprobación de este tipo de productos— relativamente complejos, y, lo mismo ocurre con los requisitos de etiquetado y trazabilidad de dichos productos.

El sistema que ha ido surgiendo de este proceso ha hecho que la tecnología de producción; es decir, la forma en que se produce un determinado producto, esté directamente ligada a las condiciones de acceso a los mercados en el comercio internacional, más allá de los aspectos que ya se habían tomado en cuenta en los acuerdos internacionales vigentes, como el Acuerdo de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias. Así, el Protocolo fija algunos principios generales de bioseguridad que deben seguirse —incluida la creación de un “centro de intercambio de información sobre seguridad de la biotecnología” con base en Internet, para ayudar a los países a intercambiar información científica, técnica, medioambiental y legal sobre organismos vivos modificados— y promueve el que los países miembros adopten medidas para cooperar con los países en desarrollo, a fin de crear, o fortalecer, su capacidad para hacer un manejo seguro de la biotecnología moderna.

Pero además estipula un conjunto de normas y principios entre los que se incluye el del “Acuerdo informado previo” e identificación de los OVM —restringido a aquellos que estén destinados a ser liberados al medio ambiente—, y en su artículo 27 establece que las Partes deberán discutir y acordar un sistema de responsabilidad y compensación respecto de los daños que pudieran surgir como resultado del uso de OVM. Estos últimos aspectos son de la mayor importancia para los flujos de comercio y del mayor interés para los países que no ha ratificado el Protocolo (Argentina, Uruguay, Canadá y Estados Unidos, entre otros) y, por lo tanto, las condiciones del mismo, no son mandatorias para las actividades que estos realizan e involucran OVM. En este sentido, el Protocolo declara que “los movimientos transfronterizos de organismos vivos modificados entre Partes y Estados que no son Partes deberán ser compatibles con el objetivo del presente Protocolo”, pero, a pesar de este enunciado, es razonable anticipar que, como una cuestión práctica, las compañías de los países que no son Partes y deseen exportar a las Partes deberán acatar las reglamentaciones internas implementadas en las Partes importadoras, a fin de cumplir con el Protocolo.

El escenario posterior a la entrada en vigencia del Protocolo de Cartagena atenúa la incertidumbre, dado que comienza a

24. En términos generales, lo que ha primado ha sido una aplicación amplia del principio “precautorio”, tal como se enunció en el principio 15 de la Declaración de Río de 1992, el cual establece que “[...] Con el fin de proteger el medioambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”. Dado el carácter novel de las tecnologías involucradas, el artículo 19 de la Convención sobre la Diversidad Biológica, sobre la gestión de la biotecnología y distribución de sus beneficios estableció en su inciso iii que: “[...] las Partes estudiarán la necesidad y las modalidades de un protocolo que establezca procedimientos adecuados, incluido en particular el consentimiento fundamentado previo, en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización de cualesquiera organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica”, y en su inciso iv que: “[...] cada Parte Contratante proporcionará, directamente o exigiéndoselo a toda persona natural o jurídica bajo su jurisdicción que suministre los organismos a los que se hace referencia en el párrafo 3 toda la información disponible acerca de las reglamentaciones relativas al uso y la seguridad requeridas por esa Parte Contratante para la manipulación de dichos organismos, así como toda la información disponible sobre los posibles efectos adversos de los organismos específicos de que se trate, a la Parte Contratante en la que esos organismos hayan de introducirse”. Estas disposiciones dieron origen al Protocolo de Cartagena, el cual se concentra en el movimiento transfronterizo de organismos genéticamente modificados, pero indirectamente legisla sobre cuestiones nacionales, al establecer condiciones que los países deben cumplir en lo nacional, tales como la designación de la “autoridad competente” y otros aspectos relacionados con el análisis de riesgo, así como otros temas.

aclarar la postura de los países frente a los organismos vivos modificados y se conoce el tipo de medidas que habrá que tomar para su exportación. Pero al mismo tiempo podría terminar obligando a los países exportadores a incurrir en costos adicionales para poder vender OVM a países Parte y, al confirmar la vigencia del principio precautorio, los expone a posibles trabas discrecionales al ingreso de sus productos. La importancia de esto dependerá de si se mantiene, como hasta ahora, un requisito de “baja intensidad” en cuanto a la identificación de las innovaciones pues lo que se demanda únicamente es que se incluya la leyenda “puede contener” OVM. De igual relevancia será la forma en que se resuelva el artículo 27 en lo concerniente a las responsabilidades y la compensación —un aspecto crítico para el comercio internacional de estos productos—. Las opciones aún están bajo discusión (la discusión del artículo 27 estaba prevista para la Reunión de las Partes, que tuvo lugar en Bonn en mayo de 2008, pero no se logró llegar a un acuerdo).

Esta situación llama la atención sobre lo que ha sido uno de los problemas permanentes del Protocolo, cual es cómo compatibilizar el manejo de estos temas con la estructura vigente en el comercio internacional de bienes agropecuarios. Y es que, por lo general se plantean propuestas con poco fundamento científico y poco realistas en cuanto a la viabilidad efectiva de su implementación, dada las capacidades y estructuras vigentes. En el caso del artículo 27, las propuestas que se llevaron al plenario incluían la instauración de seguros para el tráfico transfronterizo y en un momento dado la creación de un fondo dentro del propio Protocolo para compensar posibles daños. Tanto una como otra alternativa no parecen ser realistas. En el caso del seguro, se estaría tratando de riesgos no determinados, lo que hace prácticamente imposible el desarrollo de un mercado de seguros de este tipo, y por otra parte, se plantea un problema de incongruencia con los actuales mecanismos reguladores de bioseguridad, que están

diseñados para asegurar la inocuidad —para el ambiente y la salud humana— de los productos cuya comercialización se autoriza. La creación de un fondo, por otro lado, tendría, potencialmente, un efecto negativo sobre el rigor científico de los sistemas de bioseguridad, al transferir parte de la responsabilidad —al menos la compensación económica— fuera de su ámbito, es decir, liberándolo, parcialmente de esa responsabilidad. Ante estas alternativas, las Partes no alcanzaron un acuerdo y el tema se pospuso.

Es probable que esta situación continúe, lo que, inevitablemente, terminará debilitando la validez del Protocolo como instrumento de protección frente a los posibles riesgos y le añadirá aún más peso al tema de fondo, que es la existencia o no de riesgos, diferentes, es cierto, a los que se corren con las tecnologías convencionales, pero tampoco se puede negar que con estas también se corren riesgos, y la “razonabilidad” de incurrir en costos adicionales en un tipo de tecnología que lleva ya más de 15 años sometida a rigurosas pruebas de bioseguridad, sin que se haya presentado ninguna evidencia bien sustentada que permita presumir la existencia de un riesgo.

Este panorama suele traerse a colación al discutir el futuro de estas tecnologías. Su impacto negativo en las inversiones en I&D y, sobre todo, las consecuencias —respecto de las condiciones de acceso a los mercados— para quienes decidan acoger el uso de cultivos genéticamente modificados (países o productores) son aspectos preocupantes. De hecho muchos países, sobre todo en África, cuyo principal destino de exportación son los mercados de la Unión Europea, han restringido el uso de estas tecnologías para reducir la posibilidad de perder ese mercado. Incluso, ha habido casos, como el de Zambia, que rechazó ayuda alimentaria cuando el país donante —Estados Unidos, en este caso— se negó a dar garantías de que los productos donados (maíz) no eran genéticamente modificados.

Ahora bien, ¿cuál ha sido la evolución de este proceso en los últimos años? La implementación de sistemas de bioseguridad y de otras medidas concomitantes, como las normas de etiquetado y trazabilidad, ha progresado de manera muy dispar en los diferentes países. Los sistemas planteados han mostrado ser sistemas que demandan una capacidad científica y de implementación que simplemente no está disponible en la mayoría de los países. Con frecuencia, y sobre todo en los países más pequeños, han salido a relucir conflictos de interés en el campo científico, puesto que las mismas capacidades científicas que se necesitan para desarrollar las nuevas tecnologías son las que se necesitan para sacar adelante los procesos reguladores.

En países que tienen las capacidades necesarias se ha generado un “cuerpo de evidencia”, cada día más contundente, acerca de la seguridad de las innovaciones, que solo en contados casos, aparte de la Unión Europea, ha conducido a restringir su aprobación. El proceso, sin embargo, ha mostrado ser muy demandante en cuanto a recursos humanos y financieros, al punto de que en muchas situaciones el costo de la regulación es superior al costo de desarrollar los nuevos productos.

En el campo internacional, la realidad es que más allá del hecho político de la ratificación por parte de los 147 países del Protocolo de Cartagena, es poco lo que se ha avanzado en el tema de la implementación. Las decisiones que debían tomarse, por ejemplo sobre las normas de información, y sobre los principios y mecanismos para implementar “la responsabilidad y la compensación”, como mencionamos anteriormente, no han progresado al ritmo estipulado al momento de firmar acuerdo, y por ahora no parece que se pueda llegar a un consenso en el corto plazo. En temas como el de la información que debe acompañar a los embarques, el progreso ha sido extremadamente lento y solo se han alcanzado acuerdos de carácter general. Y esto se debe, en parte, a las dificultades prácticas de

implementación, sobre todo en los países más pequeños, que no cuentan con la infraestructura necesaria, pero también al hecho de que el apoyo político que en algún momento tuvieron estos enfoques se ha ido diluyendo. Lo cierto es que habiendo transcurrido ya varios años desde la puesta en marcha del mecanismo del Protocolo, no se ha hecho evidente ningún impacto en lo que se refiere a los flujos del comercio de los productos involucrados. Este es el caso del maíz argentino —que en la actualidad es GM en casi un 80%— y que se continúa exportando sin ninguna restricción tanto a países miembros como no-miembros del Protocolo.

En cuanto a las regulaciones de alcance nacional, principalmente las relacionadas con el etiquetado, la situación es un tanto más compleja, ya que hay una gran variabilidad en cuanto a cómo se plantean los requisitos de etiquetado, sobre todo en lo que se refiere al establecimiento de los umbrales a partir de los cuales se debería indicar que los productos contienen o no OGM. En este caso, no existe información específica sobre cuál puede haber sido el impacto de las normativas, pero, nuevamente, este no parece haberse reflejado en los flujos del comercio internacional. Es más, en casos como el de la UE, donde el establecimiento de los requisitos de etiquetado y trazabilidad fueron determinantes para que se levantara la moratoria a los OGM, no se ha avanzado mucho en la implementación práctica de las normativas, como consecuencia de las dificultades técnicas para poder reflejar de manera adecuada —y a un costo razonable— los umbrales extremadamente bajos que se establecieron para señalar la presencia no intencional de OGM (0,9%) y la consecuente excepción de etiquetar los mismos.

Por otra parte, en cuanto al tema del etiquetado, es muy posible que la discusión comience a sufrir modificaciones sustanciales a medida que se intensifique la entrada al mercado de eventos transgénicos de segunda generación, ligados a la calidad de los productos y a

posibles cualidades benéficas para los consumidores. En estos casos, el etiquetado será una condición “deseable” para el mercado y muy probablemente su efecto se hará sentir en la actitud de los consumidores hacia las innovaciones.

Todos estos aspectos han ido creando un ambiente donde cada día es más frecuente oír hablar de “sobre-regulación” y, aun en los ámbitos donde la oposición a las tecnologías que deriven en OGM es más fuerte y que han sido los bastiones a partir de los cuales se construyó la base política para las definiciones adoptadas en el Protocolo de Cartagena, como es el caso de la Unión Europea, hoy comienzan a vislumbrarse signos claros sobre la necesidad de moverse hacia esquemas más flexibles. Esto, por supuesto, sin dejar de reconocer la necesidad de mantener los sistemas de bioseguridad y de respetar los derechos de los consumidores a la plena información.

Entre los aspectos que avalan esta tendencia está el hecho de que en la Comisión Europea surgen con más frecuencia acciones formales de apoyo no solo a un mayor trabajo en biotecnología de plantas, incluida la transformación genética, siempre y cuando se trate de cultivos no-alimenticios (particularmente en el caso de los biocombustibles), sino a los grupos de científicos, para garantizar una mayor perspectiva científica en las políticas comunitarias y en las políticas de los países miembros²⁵. Dos ejemplos concretos de esta forma de pensar son los siguientes: (i) que en la actualidad se encuentra siendo sometida a consideración del Parlamento Europeo una Resolución que en uno de sus puntos (inciso 8) señala: “Se lamenta la actual complejidad de los sistemas de aprobación de nuevos productos biotecnológicos, y se

pone en duda que las prácticas basadas en los actuales procedimientos son siempre justificadas sólo por criterios científicos objetivos y no más bien por las posiciones políticas; se señala que otros factores distintos a la protección de la salud humana y el medio ambiente debe ser claramente identificados y separados de otros aspectos en el proceso de aprobación (Parlamento Europeo 2006)”, y (ii) las propuestas que en el presente está considerando la Comisión para revisar, a corto plazo, su estrategia para la biotecnología y las ciencias de la vida, y en las que se remarca la necesidad de a) adoptar una actitud más proactiva con respecto a la promoción de la I&D y la transferencia de conocimientos a la industria, lo mismo que la necesidad de instalar un debate más amplio acerca de los beneficios y riesgos de las aplicaciones de la biotecnología, en el que haya una mayor participación de los puntos de vista científicos, b) trabajar para asegurar una mayor contribución de la biotecnología al desarrollo de la agricultura y c) mejorar la implementación de las políticas comunitarias para que no tengan un impacto negativo en la competitividad de Europa en los diversos sectores de aplicación²⁶.

Estos hechos, conjuntamente con el levantamiento de la moratoria en cuanto a la consideración en Europa de eventos transgénicos, en respuesta al fallo condenatorio del panel de la OMC presentado por los Estados Unidos, permitirían anticipar sin ser demasiado aventurados, que el sistema se vaya moviendo hacia una situación más flexible y con posiciones más moderadas en donde la coexistencia de sistemas tecnológicos sea una tendencia mundial, aunque con diferencias en cuanto a si dicha situación se desenvuelve en marcos formalmente regulados —como sería en el caso de Europa— o en sistemas regulados más bien por arreglos de mercado, como

25. Ver actividad 3: Ciencias de la vida y biotecnología en productos y procesos no vinculados a la alimentación del Área Temática 2 (Agricultura, alimentación y biotecnología) del Séptimo Programa Marco de Ciencia y Tecnología (Programa de la comisión Europea) y también EAGLES (2008).

26. European Community (2007).

parece ser la tendencia en Estados Unidos y Argentina²⁷.

La biotecnología más allá de los cultivos transgénicos

Un tercer tema que seguramente tendrá consecuencias en los escenarios futuros de la tecnología está ligado a la forma en que evolucione la aplicación de los avances tecnológicos a los sistemas productivos. Hasta el presente el panorama ha estado dominado por los cultivos genéticamente modificados y por el hecho de que, en la práctica, se ha identificado a la biotecnología con estas innovaciones. Esto, sin duda, es un reflejo de lo que ha sido el ciclo tecnológico hasta ahora y del hecho indiscutible de que estas innovaciones son las que han tenido más “prensa” y más visibilidad, sea por su impacto potencial en la agricultura —que ya comienza a hacerse evidente, no solo desde el punto de vista de su cobertura, sino también desde el punto de vista de sus beneficios económicos y sociales— o por la controversia que han suscitado. Sin embargo, durante todo este tiempo el sustrato científico ha continuado expandiéndose de la mano del avance de la biología molecular en general y de la genómica y la bioinformática en particular, así como de un conjunto de otras áreas que no han hecho sino abrir el espectro de las aplicaciones independientes de la transgénesis y permitimos vislumbrar un impacto aun mayor que el logrado con los OGM, pues no cubren solo a la producción agrícola sino la pecuaria y la forestal, e incluyen nuevas áreas de interés, como la bioenergía.

La aplicación de marcadores moleculares, la genómica y la bioinformática en general (para

incrementar la eficiencia y la efectividad del mejoramiento tradicional, y la conservación y el aprovechamiento de los recursos genéticos vegetales), la nutrigenómica (el uso de información acerca de cómo los genes y los componentes químicos presentes en los alimentos afectan los genes y procesos metabólicos en los seres humanos), las nuevas vacunas y los nuevos métodos de diagnóstico, la aplicación de la biología molecular al mejoramiento de la gestión reproductiva en la producción animal, las nuevas aplicaciones destinadas a aprovechar la eficiencia de las fuentes vegetales y de la biomasa en general para la producción de biocombustibles, así como, otras innovaciones relacionadas con mejoras en la calidad y efectividad de los ingredientes y procesos de la industria alimentaria, se están transformando paulatinamente en el denso tejido de componentes del nuevo escenario tecnológico. Lo cual, obliga a pensar en los escenarios de la tecnología de manera independiente de una técnica o conjunto de técnicas en particular (la transgénesis en este caso)²⁸.

El escenario más probable

Dados los aspectos planteados, el escenario futuro más probable para la biotecnología, y por consiguiente para el diseño de políticas públicas en este sector, es uno que se caracteriza por dos dimensiones estrechamente relacionadas, pero con implicancias distintas en el ámbito político institucional. La primera dimensión atañe a la tecnología propiamente dicha. En este caso, muy probablemente se observará una consolidación paulatina de la biotecnología como fuente de producción de innovaciones para el sector agropecuario (escenario de “consolidación u

27. Argentina, por ejemplo es un importante exportador de productos orgánicos aunque no haya una norma formal de coexistencia, como sí ocurre en la UE. La base del sistema es el cumplimiento de los protocolos de certificación de productos orgánicos, y la coexistencia se logra con base en acuerdos privados entre productores, para que se cumplan las normas del caso.

28. Esta situación se verá fortalecida también por la proliferación de tecnologías más eficientes para prevenir o controlar la posibilidad de flujo génico a partir de los OGM. En el pasado este tipo de tecnologías – las denominadas “terminator”- recibieron muy mala prensa, ya que trabajaban produciendo la esterilidad de la progenie de los OGM y por lo tanto impidiendo el “uso propio” de semilla por parte de los agricultores, un derecho establecido en muchas de las legislaciones nacionales, particularmente las basadas en el convenio de la UPOV de 1978. En la actualidad ya existen distintas alternativas que controlan, o eliminan, la posibilidad del flujo génico al “eliminar” el transgen después de una única expresión (“GM gene delator”), sin afectar para nada la base de germoplasma original y permitiendo, por lo tanto, el uso de la progenie como semilla en próximas campañas (ver UCONN ADVANCE 2007).

optimista”). Seguramente se verá un aumento en la aplicación de innovaciones tecnológicas a una mayor diversidad de sectores, no solo relacionados con la producción primaria, sino con la industria alimentaria, así como una aplicación de “tecnologías OGM” a una mayor diversidad de cultivos y características. De igual forma, se hará evidente una mayor participación de las innovaciones tecnológicas de segunda generación —vinculadas a la calidad de los productos y no a las condiciones de producción— no solo en la producción primaria, sino también en lo que concierne al uso de plantas y animales como biofactorías, para producir proteínas para la industria alimentaria o farmacéutica. Esta diversidad conducirá, asimismo, a una transformación significativa de los sistemas logísticos ligados a la producción agropecuaria, sobre todo por su “descomodización” progresiva.

La segunda dimensión está relacionada con el contexto institucional en el que se desenvolverán los sistemas tecnológicos y los procesos de innovación. Seguramente prevalecerá la complejidad en cuanto a los sistemas de gestión del proceso tecnológico así como la necesidad de prestar mayor atención a los instrumentos relacionados con la promoción de redes de investigación. Prevalecerá también la vinculación público-privada, la promoción de inversiones, la gestión de la propiedad intelectual, el desarrollo de los sistemas reguladores destinados a proteger el ambiente y los derechos de los consumidores, y la incorporación explícita de lo tecnológico en los procesos de negociación y comercio internacionales.

En línea con lo anterior hay que considerar que, en los últimos años, algunos de los países en desarrollo más avanzados, como China, India y Brasil, han hecho sentir su presencia en el concierto internacional de la innovación biotecnológica. En principio a partir de la liberación comercial y la aceptación de cultivos transgénicos en sus economías, y luego al implementar políticas activas de promoción y desarrollo de la biotecnología²⁹. Las políticas que han puesto en marcha buscan generar nuevas redes de investigación y fortalecer las alianzas públicas, privadas y público-privadas, tanto entre organizaciones nacionales como internacionales³⁰. Este nuevo “escenario institucional” permite prever la aparición de nuevos jugadores —con gran potencial de desarrollo— donde hasta el momento el rol destacado lo han desempeñado las empresas multinacionales, que hoy controlan prácticamente toda la oferta de transgénicos (lo que hoy se ha dado en llamar la industria de las ciencias de la vida) en el mercado³¹. Esta diversificación del origen de las tecnologías puede significar una transformación importante en la medida en que los criterios de investigación de los nuevos actores pueden ser distintos de los de las grandes empresas, por lo general orientadas al tamaño del mercado potencial y no necesariamente a factores sociales (necesidades dietarias, pequeños productores, etc.). Las pruebas de campo que se están llevando a cabo en India y en China con vegetales de interés para el consumo interno, pueden tomarse como una señal de que esta tendencia puede llegar a consolidarse.

29. Un ejemplo de esta tendencia es la decisión del gobierno chino de considerar los OGM como un componente estratégico para la producción agropecuaria nacional, ampliando su espectro de producción (pues el país es uno de los principales productores de algodón y hortalizas —como ají y tomate—) al arroz, la soja y el maíz. Por otra parte, en India se ha comenzado a implementar una política pública que les facilita a las pequeñas y medianas empresas, a las universidades nacionales y a los institutos de investigación pública la gestión de la liberación comercial de variedades transgénicas. Esta política tiene como finalidad incentivar la investigación privada, la articulación público-privada y los “joint ventures”, y parte del reconocimiento de que más del 80% de la investigación en biotecnología que se hace en el país está en manos de organismos públicos (The Wall Street Journal 2008).

30. Vale citar el caso del “joint venture” celebrado en 2008 entre la Dupont y la Beijing Weiming Kaituo Agriculture Biotechnology Co., Ltd. (empresa vinculada a la Universidad de Pekín) para el desarrollo de productos agrobiotecnológicos, inicialmente para el mercado chino (Bio-Medicine 2008). Otro ejemplo es la creación de la Plataforma Transnacional de Investigación en Cultivos Transgénicos (PTTC, por sus siglas en inglés) por parte del DBT (India's Department of Biotechnology) y el ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), para la que el gobierno indio ha destinado US\$6,25 millones por 5 años (2008-2013).

31. Según Falk Zeppeda et al. 2008 (en prensa), más del 80% de todas las pruebas de campo que se han realizado en América Latina hasta el momento se originan en este tipo de empresas.

Referencias

Literatura Citada

- BROOKES, G. 2005. GM Crops: Global Socio-Economic and Environmental Impacts. The First Nine Years 1996-2004. *AgBioForum* 8(2-3): 187-196.
- BROOKES G.; Barfoot. 2006. GM Crops: The First Ten Years - Global Socio-Economic and Environmental Impacts. Manila, PH, ISAAA. ISAAA Brief no. 36.94 p.p.
- CAPI (Canadian Agri-Food Policy Institute). 2007. Moving Forward on Vision and Action for Canadian Agriculture. Ottawa, CA.
- CHRISTENSEN, JF. 2003. Introduction: The Industrial Dynamics Of Biotechnology: New Insights and New Agendas. *Industry and Innovation* 10(3).
- CLARK, N; STOKES, K; MUGABE, J. 2002. Biotechnology and Development: Threats and Promises for the 21st Century.
- COMISIÓN EUROPEA. 2007. Consequences, Opportunities and Challenges of Modern Biotechnology in Europe. Luxemburgo, Institute for Prospective Technological Studies.
- DÍAZ, A; GOLOMBEK, D. Eds. 2004. ADN: 50 años no es nada. México, DF, Siglo XXI.
- DROBNÍK, J. 2007. Time to Relax Gmo Regulation in Europe. Presentado en: Symposium in the Series "Recent Advances in Plant Biotechnology": Impact on High Quality Plant Production (7, 2007, Stara Lesna, SK).
- FOEI (Friends of the Earth International). 2007. Agriculture and Food: Who benefits from GM crops? An Analysis of the Global Performance of GM Crops (1996-2006) (en línea). Amsterdam, NL. Disponible en <http://www.foei.org/en/publications/pdfs/gmcrops2007full.pdf>.
- GÓMEZ BARBERO, M; RODRÍGUEZ CEREZO, E. 2006. Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: A Review. Luxemburgo, Luxemburgo, Institute for Prospective Technological Studies, European Commission, Sustainability in Agriculture, Food and Health Unit.
- LARACH, MA. 2001. El comercio de los productos transgénicos: el estado del debate internacional. Santiago, CL, CEPAL. Serie Comercio Internacional.
- MAC DONALD, C; WHELLAMS, M. 2007. Corporate Decisions about Labelling Genetically Modified Foods. *Journal of Business Ethics* Vol. 75, N°. 2, 2007, pags. 181-189.
- SAYLER, T. 2006. 'Nutrigenomics' among Next-Generation Applications in Ag Biotechnology. ISB News Report. Virginia, US, Information Systems for Biotechnology. Disponible en <http://www.isb.vt.edu/articles/nov0605.htm>. Noviembre.
- THE MELLMAN GROUP. 2006. Research Based Strategy, Review Of Public Opinion Research. WashingtonDC, USA. Mellman Group

USDA, 2006. and 21st Century Agriculture. Opportunities and Challenges in Agricultural Biotechnology: The Decade Ahead. Advisory Committee on Biotechnology, Julio 13. Washington DC, USA, USDA

USDA, ARS. 2007. Improving Crop Plants Through Genomics. Washington DC, USA, Disponible en línea <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/jan07/plants0107.htm>

Virrankoski, K. 2006. Draft Report on Biotechnology: Prospects and Challenges for Agriculture in Europe. Bruselas, Bélgica European Parliament. www.seedquest.com/News/releases/2006/pdf/17382a.pdf

ZIMMERMANN, R; QAIM, M. 2004. Potential Health Benefits of Golden Rice: A Philippine Case Study. *Food Policy* 29(2):147-168.

Literatura Consultada

AGBIOWORLD. 2008. AgBioView Newsletter on Agricultural Biotechnology (en línea). Alabama, US. Disponible en <http://www.agbioworld.org/>.

ARAJI, AA; GUENTHNER, JF. 2001. The Economic and Environmental Impacts of Investments in the Development and Adoption of Genetically Modified Potato. Presentado en: International Conference on Biotechnology, Science and Modern Agriculture: A New Industry at the Dawn of the Century (5, 2001, Ravello, IT).

EPSO, 2005. European Plant Science: A Field of Opportunities. *Journal of Experimental Botany* 56(417):1699-1709.

BID, 2006. Capacidades de la biotecnología agropecuaria en América Latina. Proyecto Regional # BID/ATN/SU-9735-RS (En ejecución), Washington DC, USA.

BIO-MEDICINE. 2007. DuPont Forms Joint Venture with Chinese Biotech Firm (en línea). Disponible en <http://www.bio-medicine.org/biology-technology-1/DuPont-Joint-Venture-with-Chinese-Biotech-Firm-Strengthens-Gene-Discovery-Research-Efforts-2040-1/>

BRAUN, J VON. 2008. Agriculture for Sustainable Economic Development: A Global R&D Initiative to Avoid a Deep and Complex Crisis (en línea). Washington D.C., US, IFPRI. Disponible en <http://www.ifpri.org/pubs/speeches/20080228jvbriley.asp>.

BROOKES G.; BARFOOT, P. 2008. GM Crops: Global Socio-Economic and Environmental Impacts - 2006. Dorchester, UK, PG Economic Ltd.

CABANILLA, L; ABDOULAYE, T; SANDERS, J. 2003. Economic Cost of Non-adoption of Bt Cotton in West Africa: With Special Reference to Mali. *International Journal of Biotechnology* 2005 - Vol. 7, No.1/2/3 pp.46 - 61

CARNEIRO, P. 2008. Benefícios Ambientais da Biotecnologia no Brasil: O caso da soja RR (en línea). Uberlandia, Minas Gerais, BR, Céleres. Disponible en http://www.celeres.com.br/SumarioExecutivoBeneficioEconomico_SojaRR29.01.08.pdf.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2007. Anuario estadístico de América Latina y el Caribe. Santiago, CL.

COHEN, J. 1994. Biotechnologies Priorities, Planning, and Policies: A Framework for Decision Making. ISNAR. Research Report n.º 6.

COMISIÓN EUROPEA. 2006. Eurobarómetro (en línea). Disponible en http://ec.europa.eu/public_opinion/index_en.htm.

CONNEXIONS.2008.Definitionofbiodiversity (en línea). Houston, US. Disponible en <http://cnx.org/content/m12151/latest/>.

EAGLES (European Action on Global Life Sciences). 2008. Proceedings of the EAGLES Food Symposium 2008. Alexandria, Egipto. Disponible en <http://www.efb-central.org/eagles/site/eagles/c28/>.

ECHEVERRÍA, RG; TRIGO, EJ. 2008. Los retos de la investigación agroalimentaria en América Latina. Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros. Madrid, España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España.

EUROPEAN PARLIAMENT. 2006. Draft Motion for European Parliament. Resolution on Biotechnology: Prospects and Challenges for Agriculture in Europe (en línea). Bruselas, BE. Disponible en www.seedquest.com/News/releases/2006/pdf/17382a.pdf.

Expert Group Meeting on Industrial Uses of Plants for the Production of Biomaterials (2007, Salvador, Bahía, BR). 2008. Conclusions and Recommendations.

FALK ZEPEDA, J FALCONI C.; TRIGO E.; 2008, en prensa. Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina: oportunidades y retos. Washington DC, USA. IFPRI.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2008. FAOSTAT (en línea). Disponible en <http://faostat.fao.org/>.

FAO; IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis). 2000. Global Agroecological Zones (GAZ) (en línea). Disponible en <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZ/index.htm>.

ERS (Economic Research Service, US). 1997. Structural and Financial Characteristics of U.S. Farms, 1994. 19th Annual Farm Report to Congress. AIB-735. Washington Dc, USA. USDA

European Commission; Community Research and Development Information Service (CORDIS). 2007 Seventh Framework Programme (FP7) (en línea). Bruselas, BE. Disponible en http://cordis.europa.eu/fp7/home_es.html.

EUROPEAN COMMUNITY. 2007. Memo 07/130 Life Sciences and Biotechnology – A Key Sector for Europe's Competitiveness and Sustainability (en línea). Bruselas, BE. Disponible en <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/07/130>.

FAO, 2008 High-Level Conference on World Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy (2008, Rome). 2008. Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required. Roma, Italia.

GALVÃO GOMES, A. 2008. Benefícios econômicos da biotecnologia no Brasil “O caso da soja RR”. Uberlândia, Minas Gerais, BR, Céleres. Disponible en http://www.celeres.com.br/SumarioExecutivoBeneficioEconomico_SojaRR29.01.08.pdf.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística). 2008. Estadísticas por tema. Disponible en <http://www.ibge.gov.br/espanhol/>.

ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Biotecnológicas).

2007. Hepatitis B Vaccine from Transgenic Rice (en línea). Disponible en <http://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/online/default.asp?Date=9/28/2007#924>.

JAMES, C. 2007. Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2007. Ithaca NY, USA. ISAAA.

KATZ, J; BÁRCENA, A; MORALES, C; SCHAPER, M. Eds. 2004. Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto. Santiago, CL, CEPAL.

MACHINEA, JL; MARTÍN, J; CIMOLI, M. 2008. La transformación productiva 20 años después. Viejos problemas, nuevas oportunidades. Santiago, CL, CEPAL.

MAYER, JE. 2006. Los derechos de propiedad intelectual como herramienta de desarrollo económico en el ámbito de los recursos filogenéticos. Presentado en: Seminario Regional Los Derechos de Propiedad Intelectual en el Ámbito de los Recursos Filogenético (2006, Buenos Aires, AR). 18-20 de octubre.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2001. The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability – A Primer. Paris, Francia. Disponible en: www.oecd.org/dataoecd/61/13/1947629.pdf

USDA. 2004. Agricultural Outlook 2004-2013. Washington DC, USA 2004. (proceedings)

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2006. The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda. Paris, Francia. Disponible en: www.oecd.org/dataoecd/7/51/37504590.pdf

IEA, 2008. Biofuels: is the cure worse than the disease? Presentado en: Round Table on Sustainable Development, IEA Bioenergy Executive Committee (2008, Oslo, NO). 14 de mayo.

OMS (Organización Mundial para la Salud). 2005. Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias. Génova, Suiza. Disponible en www.who.int/foodsafety/publications/general/en/strategy_es.pdf.

PARDEY, PG; BEINTEMA N.; DEHMER S.; WOOD S. 2006. Agricultural Research: A Growing Global Divide? Food Policy Report 17. Washington D.C., US, IFPRI.

PIÑEIRO M; TRIGO, E. 1983. El cambio técnico en el agro latinoamericano: situación y perspectivas en la década de 1980. San José, CR, IICA. 490 p.

RAPELA, MA 2006. Innovación y propiedad intelectual en mejoramiento vegetal y biotecnología agrícola. Buenos Aires, Argentina, Universidad Austral.

RAVEN, P. 2007. An environmental challenge: the role of transgenics in Brazil (en línea). Campinas, BR, Biotech Brasil. Disponible en <http://www.biotechbrasil.bio.br/en/2007/11/28/an-environmental-challenge-the-role-of-transgenics-in-brazil/>.

RICYT. 2001. Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe. Bogotá Colombia. Disponible en <http://www.rieyt.org/interior/difusion/pubs/bogota/bogota.pdf>.

ROCA, W. M; ESPINOZA, C.; PANTA, A. 2004. Agricultural Applications of Biotechnology and the Potential for Biodiversity Valorization in Latin American and the Caribbean. AgBioForum 7 (1, 2).

RULLI, J; SEMINO, S. 2007. La génesis de una política agraria: de la OCDE a la producción de biodiésel de soja. Presentado en: Seminario de Expertos “Biodiversidad y Derecho a la Alimentación (2007, Madrid, ES).

- Sanvido O, Stark M, Romeis J, and Bigler F. (2006) Ecological impacts of genetically modified crops: experiences from ten years of experimental field research and commercial cultivation, Agroscope Reckenholz Tänikon Research Station ART, Zurich, Switzerland
- Schuler, I; Orozco, L. 2006. Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: estudio de caso. Bogotá, Colombia, REDBIO.
- Scopus. 2008. Scopus Database (en línea). Disponible en <http://www.scopus.com/scopus/home.url>.
- Tewelde, A. 2006. Biotechnology and Biosafety: Instruments for Achieving Agricultural Competitiveness. *Comuniica* 3, 14-20.
- The China Post. 2007. Gene-Modified Eucalyptus Ingests More CO₂ (en línea). Taipei, TW. Disponible en <http://www.chinapost.com.tw/taiwan/2007/09/14/122524/Gene-modified-eucalyptus.htm%20>.
- The Royal Society. 2002. Genetically Modified Plants for Food Use and Human Health. An Update (en línea). Londres, UK. Disponible en <http://royalsociety.org/document.asp?tip=1&id=1404>.
- The Wall Street Journal. 2008. China to Urgently Boost Gm Crop Development. Nueva York, US. Jul 10.
- Traxler, G. 2007. Riesgos, oportunidades y beneficios de la biotecnología para los países de las Américas. Presentado en: Foro técnico sobre riesgos, oportunidades y beneficios de la biotecnología para los países de las Américas (2007, San José, CR). San José, CR, IICA.
- IICA, 2009. Agricultural Biotechnology in the Americas: Economic Benefits, Capacity, Risks, Opportunities, and Policy Options. San José, CR, IICA.
- Trigo, EJ. 2005. Consecuencias económicas de la transformación agrícola. *Ciencia Hoy* 15(87):46-51.
- Trigo E; Cap, E. 2006. Diez años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina. Disponible en http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/Diez_anos_cultivos_GM_Argentina.pdf. Buenos Aires, AR, Argenbio.
- Trigo E.; Traxler, G; Pray, CE; Echeverría, RG. 2002. Biotecnología agrícola y desarrollo rural en América Latina y el Caribe. Washington DC, USA. BID.
- Trostle, R. 2008. Global Agricultural Supply and Demand: Factors Contributing to the Recent Increase in Food Commodity Prices. Outlook Report No. (WRS-0801) 30 pp. Washington DC, USA. USDA
- UConn ADVANCE. 2007. Científicos desarrollan nueva herramienta para proteger a las plantas de genes modificados (en línea). Disponible en <http://infoagro.net/es/apps/news/printfriendlynews.cmf>.
- USDA, 2008. Global Traceability and Labeling Requirements for Agricultural Biotechnology-Derived Products: Impacts and Implications for the United States Biotechnology Law Report. October 2008, 27(5): 496-498. Mary Ann Liebert publishers.
- Villalobos, V. 2008. Los transgénicos, oportunidades y amenazas. México, Mundiprensa.
- Vooren, J van der. 2007. Science for Impact, Wageningen UR Latin America Office. Piracicaba, Brasil. Presentación en Power Point.

