Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto

Alicia Bárcena
Jorge Katz
César Morales
Marianne Schaper

Editores

Comisión Económica para América Latina y el Caribe
(CEPAL)

Santiago de Chile, junio de 2004

Libros de la CEPAL

78

Este libro fue preparado principalmente sobre la base de trabajos presentados por diferentes autores al Seminario Regional "Los Transgénicos y sus impactos en la agricultura de América Latina y el Caribe", realizado en noviembre del 2001 en Termas de Cauquenes, Chile.
Las opiniones expresadas en este libro son de exclusiva responsabilidad de sus autores, y pueden no coincidir con las de la Organización.

Diseño de portada: Mariana Babarovic

Publicación de las Naciones Unidas
ISBN: 92-1-322536-9
LC/G.2227-P
N° de venta: S.04.II.G.74
Copyright © Naciones Unidas, junio de 2004. Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse al Secretario de la Junta de Publicaciones, Sede de las Naciones Unidas, Nueva York, N.Y. 10017, Estados Unidos. Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Índice

Resumen 9

Summary 13

Presentación 17

I El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico. El caso de los productos transgénicos. *Jorge Katz* y *Alicia Bárccena*.....19
1. Consideraciones generales 19
2. Procesos coevolutivos y de retroalimentación entre lo económico, lo tecnológico y lo institucional.....23
3. La emigración del nuevo paradigma hacia la región 27
4. Instituciones y capacidad tecnológica en el medio receptor.....29

II Ventajas y desventajas de la agrobiotecnología. *Otto T. Solbrig* 33
1. La necesidad de producir más y mejores alimentos.....34
2. Antecedentes históricos de la agrobiotecnología.....41
3. Las principales técnicas de la agrobiotecnología.....47
4. El uso de la biotecnología en la agricultura 53
5. Biotecnología y agricultura: posibles problemas 61
Conclusiones.....66

III Innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina. *Roberto Bisang* 71
1. Los cambios en la producción agrícola en las últimas décadas 72
2. Apertura económica e incorporación tecnológica 78
3. Difusión de tecnología: el caso de los transgénicos 99
Conclusiones 106

IV La bioseguridad de las plantas transgénicas. *Rubens Onofre Nodari* y *Miguel Pedro Guerra* 111
1. Consideraciones generales sobre la ingeniería genética 111
2. Análisis de riesgo 115
3. El principio de precaución 121
Conclusiones 122

V Política comercial y organismos genéticamente modificados: el mercado mundial de la soja y el caso Argentina *Eduardo R. Ablin* y *Santiago Paz* 123
1. Introducción 123
2. Evolución de los cultivos genéticamente modificados: el caso de la soja 125
3. La soja genéticamente modificada y la soja convencional en Argentina: márgenes para el productor pampeano 132
4. El mercado mundial de la soja: limitaciones a la oferta 137
5. Reglamentos nacionales, normativa multilateral y equilibrio de mercado: algunas reflexiones 141

VI Variabilidad genética y liberalización del comercio: el maíz en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte *Alejandro Nadal* 153

VII La ingeniería genética y la intensificación de la agricultura argentina: algunos comentarios críticos. *Walter Pengue* 167
1. El modelo agrícola argentino 168
2. Consideraciones ambientales 172
3. Consideraciones socioeconómicas 179
4. Aumento de escala, nuevos actores y desaparición de pequeñas y medianas empresas agropecuarias 180
5. Consideraciones finales 183

VIII Las nuevas fronteras tecnológicas: los transgénicos y sus impactos en América Latina y el Caribe.
César Morales y *Marianne Schaper* 191
1. Un nuevo modelo de producción agropecuaria 191
2. Tipos de transgénicos en el mercado 194
3. Evolución de la superficie cultivada con transgénicos 198
4. Las grandes empresas de la vida 203
5. Los derechos de propiedad intelectual de los OGM: situación y perspectivas de la región 210
6. Efectos económicos, sociales y ambientales de las plantas transgénicas 221
7. La situación en algunos países de América Latina y Caribe 246
8. Competitividad internacional de la soja transgénica y la soja convencional: los casos de Argentina y Brasil 260
9. Consideraciones finales 267

IX Los derechos de propiedad intelectual de los ogm: situación y perspectivas para la región.
César Morales 273
1. Solicitud y obtención de patentes 274
2. Las patentes en los Estados Unidos 276
3. Patentes en biotecnologías 279
4. La situación de los países de la región 296
Conclusiones 300

X Transgénicos y propiedad intelectual.
Jacqueline Abarza, *Jorge Cabrera* y *Jorge Katz* 303
1. Evolución histórica del concepto de propiedad intelectual 304
2. ¿Qué es la propiedad intelectual? 307
3. La propiedad intelectual en el marco de la OMC 312
4. La protección de la biotecnología en la OMC 315
5. Observancia de los derechos y solución de conflictos 325
6. Negociaciones sobre propiedad intelectual en América 327
7. Consecuencias de la discusión sobre propiedad intelectual y biotecnología agrícola 338

XI Hacia una agenda regional de acciones públicas y privadas en el ámbito de los productos transgénicos. *Alicia Bárccena* y *Jorge Katz* 359
1. El nuevo paradigma biotecnológico como objeto de estudio interdisciplinario 359
2. Diversidad de actores y construcción de ventajas comparativas basadas en el conocimiento tecnológico 363
3. Hacia una agenda de políticas públicas en el campo de los transgénicos 364
4. La singularidad de la región 365
5. La biodiversidad como fuente de riqueza y crecimiento económico 368
6. La cooperación entre los países 370
7. El debate mundial sobre los transgénicos 370
8. Consideraciones finales 371

Bibliografía 375

Acerca de los autores 395

Publicaciones de la Cepal 397

Resumen

En las últimas décadas, la humanidad ha sido testigo de los impresionantes avances logrados en el campo de la ingeniería genética, lo cual ha permitido crear organismos no existentes antes en la naturaleza, entre ellos rubros agrícolas transgénicos, dotados de características de claro interés productivo y comercial.

La aparición en el mercado de semillas transgénicas originó grandes expectativas, a causa de las ventajas que se atribuían a los nuevos cultivos desde el punto de vista del rendimiento, el ahorro de trabajo y otros insumos, y el favorable impacto ambiental. En poco menos de 10 años, la superficie mundial sembrada con variedades transgénicas, principalmente soja, maíz, algodón y colza, llegó a 52 millones de hectáreas, concentradas en su mayor parte en Argentina, Canadá y los Estados Unidos; Argentina es, por lo demás, el segundo productor mundial de soja genéticamente modificada. Ello ha dado origen a un nuevo paradigma agrícola, caracterizado por el uso de semillas transgénicas, herbicidas y pesticidas especiales y métodos novedosos de manejo, conocidos como siembra directa o labranza cero.

No obstante, la utilización de las nuevas variedades no ha dejado de suscitar controversia, pues diversos círculos han hecho ver las desventajas que ofrecen en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, según se sostiene, las variedades transgénicas pueden entrañar graves peligros para la salud humana y animal y el medio ambiente. En segundo lugar, a diferencia de lo que ocurría con la revolución verde, las nuevas tecnologías están mayoritariamente en manos de unos pocos consorcios transnacionales, los cuales podrían ejercer un control casi total sobre la

producción agrícola de todo el mundo, con graves consecuencias para los países en desarrollo y los agricultores más pobres.

El temor por las posibles repercusiones negativas de los transgénicos sobre la salud en general ya ha tenido manifestaciones prácticas, pues en Asia y la Unión Europea se han impuesto severas limitaciones a su cultivo y consumo. En los países de América Latina y el Caribe, entre tanto, no se ha alcanzado una posición uniforme al respecto.

Como puede advertirse, se trata de un fenómeno de particular importancia para la región, precisamente por los dos motivos antes indicados: el control ejercido por las grandes compañías transnacionales, y los posibles peligros para el medio ambiente. La región está considerada como la de mayor diversidad biológica del planeta, y varios de sus países son centros de origen de muchos de los rubros hoy explotados comercialmente. Además, de esa riqueza proviene buena parte del material genético con que operan las compañías transnacionales. Por otra parte, como se deja ver especialmente en el caso del maíz, nativo de México, sus pueblos autóctonos han actuado desde hace miles de años como curadores de las especies silvestres, de modo que gracias a sus cuidados la humanidad dispone hoy de variedades notablemente mejoradas con respecto a sus antecesores primitivos.

Toda una gama de problemas surge de ello: para mencionar sólo los más graves, es imposible desechar la posibilidad de que las variedades transgénicas contaminen especies emparentadas y tengan efectos catastróficos sobre la diversidad genética atesorada en la región. Miles de especies podrían extinguirse para siempre. Segundo, el carácter privado de las nuevas tecnologías y la extensión a todo el mundo del régimen de derechos de propiedad imperante en los países desarrollados, en especial en los Estados Unidos, atentan contra los derechos que deberían corresponder a los pueblos autóctonos como curadores de la diversidad biológica, junto con representar, como se dijo, una amenaza para la autonomía de los agricultores de menores recursos. Por último, no menos grave es el hecho de que las instituciones de investigación de los países en desarrollo estén largamente a la zaga con respecto a las grandes transnacionales en todo lo referente a ingeniería genética. Fácil es advertir que se trata de una esfera del conocimiento de especial importancia para América Latina y el Caribe, dado el atraso en que se encuentran sus institutos de investigación, y dada su riqueza en recursos naturales y diversidad genética.

De ese conjunto de problemas se ocupa el presente libro, tomando en consideración el hecho de que el fenómeno, precisamente por su carácter multifacético, sólo puede ser abordado por medio del enfoque simultáneo o complementario de diversas disciplinas. El libro está

compuesto de once capítulos. El primero, de Katz y Bárcena, sirve de introducción a los restantes. En dos artículos, de Solbrig y de Nodari, se analizan las potencialidades de los cultivos transgénicos y sus posibles efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana y animal. En tres capítulos (Ablin; Bisang, y Pengue), se analiza desde el punto de vista del comercio internacional, así como desde la óptica de sus consecuencias económicas y ambientales, la formidable expansión experimentada por los cultivos transgénicos en Argentina. En el capítulo escrito por Nadal se estudian las posibles repercusiones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC) sobre la diversidad genética del maíz mexicano, fuente de todas las variedades comerciales conocidas. En otro capítulo, Schaper y Morales analizan los impactos económicos, sociales y ambientales de los transgénicos en la región. Dos artículos, uno de Abarza, Cabrera y Katz, y uno de Morales, tratan sobre los regímenes de propiedad intelectual relativos a los productos transgénicos. Por último, el libro se cierra con un artículo de Bárcena y Katz, en que se intenta avanzar hacia una definición del programa que deberían adoptar conjuntamente los sectores público y privado de la región sobre la materia.

Summary

Over the past few decades, humanity has been witness to breakthrough advances in genetic engineering that have led to the creation of organisms never before seen in nature. These include transgenic farm products having obvious production and commercial applications.

The appearance of transgenic seeds in the marketplace gave rise to great expectations based on the advantages ascribed to these new crops in terms of yields, potential savings in labour and other inputs, and their positive environmental impact. In just under 10 years, the amount of farmland being used to grow transgenic varieties –mainly soybeans, maize, cotton and rape– has reached 52 million hectares worldwide, with the bulk of these crops being concentrated in Argentina, Canada and the United States. Argentina is also the world's second largest producer of genetically modified soya. This has given rise to a new agricultural paradigm characterized by the use of transgenic seeds, special pesticides and herbicides, and innovative approaches known as direct seeding or zero tillage.

Nonetheless, the use of such new varieties has not been free of controversy, as various groups have drawn attention to two major drawbacks. Firstly, some experts contend that transgenic varieties can pose serious health hazards for humans and animals and can harm the environment. Secondly, contrary to what occurred during the Green Revolution, the new technologies of today are primarily in the hands of a limited number of transnational consortiums, which could exert

almost exclusive control over the world's crop production, to the serious detriment of developing countries and the poorer farmers in the world.

Fears about the potentially negative health effects of genetically modified varieties have already prompted some regions to take precautionary measures. For example, in Asia and the European Union, tight restrictions have been placed on their cultivation and consumption. Latin American and Caribbean countries, however, have not reached a unified position on the matter.

Transgenic farm products are clearly of particular importance for the region, precisely because of the two reasons mentioned above: the control exerted by huge transnational corporations and the potential environmental risks they may pose. The region is considered to be the most biologically diverse in the world, and several of its countries serve as the source of many commodities traded today. In addition, much of the genetic material used by these transnational corporations derives from this biological wealth. Furthermore, as is particularly evident in the case of maize, which is native to Mexico, indigenous peoples have been responsible for the husbandry of wild species for thousands of years. Thanks to the care they have provided, the varieties that are available today are clear improvements over those enjoyed by their ancestors.

A wide array of problems arise as a result, however. One of the most serious is the possibility that transgenic varieties may contaminate native species and have catastrophic effects on the extensive genetic diversity of the region. Thousands of species could fall prey to extinction. Another is the private ownership of new technologies and the expansion of the property rights scheme currently used in developed countries, particularly the United States, since this violates the rights to which indigenous peoples, as the guardians of biodiversity, are entitled, as well as posing a threat to the autonomy of farmers with limited resources. Lastly, of no less concern is the fact that developing-country research institutes are far behind the large transnational corporations in all areas of genetic engineering. It goes without saying that genetic engineering is a sphere of knowledge of particular importance for Latin America and the Caribbean, given the extent to which the region's research institutes are lagging behind and its wealth of natural resources and genetic diversity.

These are the array of problems addressed in this book. The discussion is based on an awareness of the fact that the phenomenon, precisely because of its multifaceted nature, can only be dealt with using a complementary or simultaneous cross-cutting approach. The book is composed of eleven chapters. The first, written by Katz and Bárcena, serves as an introduction to the following chapters. Two articles, by

Solbrig and by Nodari, consider the potentialities of transgenic crops and their potentially negative effects on the environment and on human and animal health. Three chapters (by Ablin, Bisang and Pengue) analyse the widespread expansion of transgenic crops in Argentina from an international trade perspective, as well as through the lens afforded by their economic and environmental consequences. The chapter authored by Nadal investigates the potential repercussions of the North American Free Trade Agreement (NAFTA) on the genetic diversity of Mexican maize, the source of all known commercial varieties. In another chapter, Morales and Schaper explore the economic, social and environmental impacts of transgenic crops in the region. Two other articles –one by Abarza, Cabrera and Katz and another by Morales– discuss the intellectual property schemes relating to transgenic products. The book concludes with an article in which Bárcena and Katz attempt to move towards the definition of a joint course of action in this field for the public and private sectors in the region.

Presentación

Desde su aparición a mediados de los años noventa, los cultivos transgénicos, junto con despertar grandes expectativas, han ocasionado intensos debates, que están lejos aún de agotarse. Se trata de un fenómeno de especial importancia para América Latina y el Caribe, tanto por la amplitud de la superficie cultivada —Argentina ocupa el segundo lugar en el mundo a este respecto— como por el hecho de ser la región de mayor biodiversidad del planeta, centro de origen de rubros tan cruciales para la alimentación mundial como el maíz y la papa.

El libro, donde se reúnen diversos puntos de vista sobre la materia, pretende constituir un primer aporte a la discusión acerca del impacto económico, social y ambiental de estos cultivos en la región. En sus distintos capítulos se abordan aspectos conceptuales, aspectos prácticos, como la experiencia de Argentina y México, y los problemas relativos al régimen de propiedad intelectual vigente sobre los productos biotecnológicos. Esa diversidad de puntos de vista está en consonancia con la naturaleza multifacética del fenómeno, cuyo estudio exige la confluencia de disciplinas tales como la microbiología molecular, la economía, la sociología y las ciencias ambientales.

Los autores del libro aspiran a entregar a los gobiernos de la región, así como a sus medios académicos y empresariales, elementos de juicio que contribuyan al análisis de las posibilidades y los peligros vinculados a las nuevas tecnologías, y permitan avanzar hacia la elaboración de políticas nacionales al respecto.

Capítulo I

El advenimiento de un nuevo paradigma tecnológico. El caso de los productos transgénicos

Jorge Katz y Alicia Bárcena

1. Consideraciones generales

El vertiginoso avance de la frontera de conocimientos científico-tecnológicos en el campo de lo biológico y lo genético, ha abierto un amplio espectro de nuevas preguntas que, con frecuencia, no es posible aún contestar. En fechas recientes, el ser humano ha aprendido a manipular el ácido desoxirribonucleico (ADN) mediante la técnica del ADN recombinante, y por esa vía ha podido a crear plantas o animales antes inexistentes en la naturaleza. Ahora es posible transferir determinados rasgos de una especie a otra, en una suerte de proceso de optimización que permite saltar el puente biológico de la evolución y entrar en una nueva fase, plena de potencialidades, pero también de incertidumbres y dudas, de manejo de la vida vegetal, animal y humana.

Ello, sin duda, plantea numerosos interrogantes, no sólo desde la perspectiva del biólogo o del genetista, sino también desde la de otras disciplinas, más alejadas, como la medicina, la economía, el derecho

y aun la ética. Abundan las imágenes promisorias relacionadas con el aumento de la esperanza de vida, con la posibilidad de alcanzar mejoras significativas en campos como salud, alimentación, nutrición y protección ambiental. La prensa informa cotidianamente acerca de promesas vinculadas a la apertura de nuevas ramas productivas basadas en procesos biológicos, como la biometalurgia o la producción de energía merced al aprovechamiento de la biomasa.

Junto con ello, sin embargo, abundan las visiones amenazadoras acerca del impacto que estos nuevos procesos productivos y tecnológicos pueden tener sobre la salud humana, la ecología, el medio ambiente e incluso las normas éticas de convivencia, que podrían verse afectadas por procedimientos de repercusiones tan complejas como la clonación y otros de parecido alcance.

En realidad, el debate sobre estos fenómenos recién comienza. En él entran componentes científico-tecnológicos, así como económicos e institucionales. Pese a que cada uno de estos componentes avanza y se desarrolla con un ritmo y un estilo propios, hay entre ellos un claro proceso de retroalimentación, que va dando por resultado el surgimiento de un nuevo espacio de interacción social, formado por nuevos mercados, campos de investigación científico-tecnológica, cuerpos legales, regímenes reguladores, nuevas formas de organización de la producción y nuevos patrones de especialización productiva y de comercio internacional.

Uno de los terrenos en que está teniendo lugar, y a pasos agigantados, este complejo fenómeno coevolutivo entre lo científico-tecnológico, lo productivo y lo institucional, es el de los productos transgénicos. Su advenimiento ha hecho llegar al mercado nuevas tecnologías de proceso, que permiten producir, por ejemplo, rubros vegetales de características novedosas, como una variedad de arroz de mayor contenido vitamínico. Las tecnologías transgénicas están dando origen también a nuevas formas de organización de la producción, como la siembra directa, que elimina la fase de preparación del suelo y la sustituye por la aplicación de herbicidas, con la consiguiente reducción de costos y de uso de mano de obra.

A raíz de lo anterior, se ha ido constituyendo una nueva trama de agentes, mercados y formas de comportamiento del aparato productivo e institucional de la sociedad. Desaparecen empresas, instituciones y formas preexistentes de organización de la producción, al tiempo que surgen otras empresas que traen aparejados nuevos modos de utilizar los factores productivos —tales como suelos, agua, mano de obra e insumos agroquímicos— o de organizar la producción agropecuaria, muestra de lo cual es, por ejemplo, la agricultura de contrato. Cobran fuerza otras fuentes y vías de acceso al progreso tecnológico, entre ellas los programas de investigación y desarrollo (ID) de grandes compañías transnacionales

como Monsanto o Novartis, que actúan protegidas por nuevos derechos de propiedad intelectual.

Hasta hace unas décadas, las entidades estatales ocupadas del sector agropecuario en el mundo o la región, como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), de Argentina, o la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), operaban en un contexto en que el conocimiento tecnológico era considerado, en general, como un bien público; hoy, en cambio, protegido como está por patentes, se halla cada vez más cerca de ser un bien exclusivamente privado. Por otra parte, los cambios tecnológicos tienen lugar hoy más en la esfera de lo biológico-genético que en la de la mecánica, aun cuando subsiste un indudable proceso de retroalimentación entre ambas.

Vistas las cosas desde esta perspectiva, resulta claro que en el presente se asiste a la consolidación gradual de un nuevo paradigma científico-tecnológico, institucional y productivo en la agricultura. Ello evoca el concepto de destrucción creativa definido por Schumpeter, conforme al cual el cambio tecnológico abre nuevas oportunidades de negocios, genera cuasi rentas innovadoras y pone en marcha un proceso selectivo entre agentes e instituciones, del cual resultan ganadores y perdedores: hay empresas y agentes productivos que crecen y ganan espacio en el mercado, en tanto otros lo pierden y se ven forzados a replantear su operatoria o simple y llanamente a desaparecer. Se trata de un momento en el desarrollo de un nuevo sector productivo en que priman la incertidumbre, el desequilibrio, el ensayo y el error.

El propósito de este libro es explorar ese vasto y complejo territorio en que interactúan biólogos, economistas, juristas, antropólogos y otros especialistas, en un esfuerzo por construir conjuntamente un nuevo lenguaje interdisciplinario que permita comprender lo que está ocurriendo, para avanzar después hacia el diseño y la ejecución de estrategias de política pública en esta esfera.

Del material expuesto en este libro se desprende que ninguna de las disciplinas recién mencionadas está en condiciones de reclamar exclusividad en la construcción de políticas públicas en torno a este fenómeno; por el contrario, se está ante un nuevo espacio de interacción que requiere la integración de áreas temáticas, es decir, de conocimientos científico-tecnológicos y de áreas de gestión pública. El enorme desafío que enfrentan los Estados es definir el interés público a partir del cual cada nación —o cada asociación de países— deberá estructurar y articular un conjunto de políticas públicas para acompañar los vertiginosos avances biotecnológicos vinculados al agro.

Si bien en cada país de la región prevalece una situación específica e idiosincrásica, determinada por sus recursos naturales, su biodiversidad, su inserción competitiva internacional y otros factores, hay numerosos aspectos de carácter genérico, comunes a distintos países, que pueden ser estudiados de manera global antes de entrar en la particularidad de cada escenario nacional. Para elaborar y llevar a la práctica una estrategia nacional de absorción y aclimatación a la realidad local del nuevo paradigma biológico-genético, es necesario que en cada país se aprenda a manejar esta dualidad entre lo genérico y lo específico de su propia situación. Entre otras tareas, dicha estrategia tendrá que construir nuevos mercados, desarrollar instituciones, diseñar regímenes competitivos y entes reguladores, desplegar esfuerzos científico-tecnológicos locales, e importar y adaptar al medio nacional tecnología extranjera, combinando pragmáticamente horizontalidad y reglas de mercado con selectividad y nuevas formas de alianza entre el sector público y el privado, para aprovechar plenamente las potencialidades de esta nueva ventana de oportunidades.

Como se verá a lo largo del libro, ello supone necesariamente aumentar en forma considerable el gasto nacional en ID, fortalecer los sistemas locales de innovación e inducir la aparición de nuevos vínculos entre empresas privadas, universidades, sistema bancario y financiero y sector público, a fin de construir ventajas comparativas dinámicas basadas en el conocimiento y la innovación. Éstas deberán complementar las ventajas comparativas estáticas dadas por la amplitud y excelencia de los recursos naturales de cada país. En algunos, esa riqueza natural estará representada por los bosques; en otros, por la riqueza acuícola o los suelos de gran fertilidad, y así sucesivamente. Eslabonar, sobre la base de un uso inteligente de lo biológico-genético, nuevas cadenas productivas basadas en los recursos naturales, generadoras de un alto valor agregado interno, no lesivas para el medio ambiente y sustentables en el largo plazo, debería ser el objetivo general del esfuerzo de política pública que ha de encararse en el futuro.

Sin embargo, esta conclusión es el punto de llegada de un extenso recorrido, que comienza necesariamente con la búsqueda de una mirada interdisciplinaria del campo que nos ocupa, con la cual se intenta elaborar un lenguaje que permita el enriquecimiento cruzado de las diversas disciplinas que interactúan en él.

En las páginas que siguen se pretende analizar precisamente el proceso coevolutivo que es dable observar entre lo científico-tecnológico, lo económico y lo institucional. El proceso se inicia con la exploración de las fronteras del conocimiento científico-tecnológico y el descubrimiento de nuevos principios activos, productos y métodos para producir en

mejor forma bienes ya conocidos. Esta fase, plagada de incertidumbre y de información imperfecta, se apoya primordialmente en los vínculos entre el Estado, las empresas y las universidades.

Es importante tener en cuenta la especificidad de los recursos naturales de cada país, hecho que impide que en los países de América Latina y el Caribe puedan aprovecharse directamente los conocimientos alcanzados en los países de mayor desarrollo. Por ejemplo, en el caso de los bosques o los salmones, no basta con que en Chile se acceda a los resultados de las investigaciones biológicas o genéticas provenientes de Finlandia o Noruega para aplicar sin más ese saber a la producción nacional, debido al alto grado de especificidad de los bosques o salmones, así como de las investigaciones pertinentes de esos países.

Paralelamente a lo que sucede en el plano del conocimiento, el despliegue de todo nuevo paradigma supone también nuevos desarrollos en el ámbito institucional y productivo. De qué manera ha ocurrido ello en el curso de las últimas décadas en el campo de los productos transgénicos, y hasta dónde ese proceso coevolutivo muestra fragmentaciones y deficiencias en los países periféricos, son el tema de la próxima sección.

2. Procesos coevolutivos y de retroalimentación entre lo económico, lo tecnológico y lo institucional

Aunque de manera rudimentaria, el ser humano ha utilizado técnicas biológicas y genéticas desde tiempos muy remotos. Sin ir más lejos, ha manejado desde hace siglos, por ensayo y error, en forma intuitiva y experimental, la fermentación y la hibridación. No obstante, tales métodos experimentaron un salto cualitativo con el surgimiento de la industria biotecnológica propiamente tal Esta rama nació hace apenas 30 años, en la década de 1970, merced a la fusión entre la biología molecular y la industria de la fermentación, cuando se llevaron a cabo las primeras aplicaciones practicas de la técnica del ADN recombinante en el campo de las bacterias y las levaduras, de utilidad para la producción farmacéutica y agroindustrial. La década de 1970 abunda en avances científico-técnicos en este campo, con descubrimientos o productos tales como la insulina humana, el interferón, la vacuna de la hepatitis B, la hormona del crecimiento, y las bacterias capaces de degradar petróleo, útiles en el ámbito de la protección ambiental.

A los cambios acontecidos en el conocimiento biológico-genético siguieron rápidamente cambios en las esferas jurídico-legal y productiva. En efecto, juristas y abogados comenzaron prontamente a ocuparse de los derechos de propiedad sobre el nuevo paquete de conocimientos; al

mismo tiempo, la aparición de empresas de base biotecnológica, como Genetech, Biogen, Cetus y otras que florecieron en los Estados Unidos y Europa en los años setenta, trajo consigo la apertura de nuevos mercados. Muchas de ellas se originaron en laboratorios universitarios o surgieron de la iniciativa de académicos que hacían sus primeras armas en el mundo de los negocios. Estas empresas abrieron nuevos sectores productivos, y en poco tiempo llamaron la atención del sector bursátil y financiero. No obstante, tuvieron que pasar varios años para que las grandes compañías transnacionales, principalmente farmacéuticas y químicas, siguieran el ejemplo de estas empresas pioneras o, como ocurrió con frecuencia, las adquirieran.

También se registró, en forma paralela, un notable avance en el plano institucional, especialmente en lo relativo a marcos reguladores y a entidades públicas encargadas de supervisar y ordenar la explotación económica de las nuevas tecnologías.

En resumen, la difusión del nuevo paradigma biológico-genético conlleva un complejo proceso coevolutivo entre lo tecnológico, lo productivo y lo institucional y regulador, que toma tiempo y es rico en éxitos y fracasos, en marchas y contramarchas. Debido a su misma complejidad, tal proceso no puede ser descrito adecuadamente por medio de los modelos convencionales de crecimiento económico, que operan a partir de las nociones de equilibrio, información perfecta, expectativas racionales y ausencia de incertidumbre.

En el caso particular de los productos transgénicos, Solbrig (véase el capítulo II) describe con claridad el componente de información imperfecta y de incertidumbre que subyace bajo la maduración gradual del nuevo paradigma biotecnológico. En efecto, se calcula que tendrán que pasar por lo menos 25 años antes de poder identificar las funciones de las decenas de miles de genes que posee una planta, a fin de mejorar su resistencia contra las pestes, fortalecer su capacidad de supervivencia en condiciones de sequía, o permitir su crecimiento en suelos salobres. También se estima que, conforme se vayan adquiriendo los respectivos conocimientos, será posible mejorar paulatinamente las variedades y su rendimiento. La misma idea se reafirma en un trabajo publicado en 2003 en *The Economist*, donde se señala que hoy en día es difícil tocar algo que la industria química no haya tocado antes y que, en unos 100 años, igual cosa podrá decirse de la biotecnología.

Se sostenía más arriba que la esfera jurídico-legal aportó su propia dinámica y sus propios tiempos al proceso de cambio experimentado por el paradigma biotecnológico y genético en los años setenta y ochenta. En efecto, prontamente surgieron numerosas dudas acerca de aquello que se tenía al frente, y acerca de los derechos de propiedad y de apropiación

privada de los nuevos conocimientos y productos. No tardó en arreciar el debate al respecto, porque cabía legítimamente preguntarse, por ejemplo, si podía calificarse como nuevos a organismos ya existentes en la naturaleza sometidos a modificación genética, o si debían o no concederse derechos de propiedad sobre éstos. En el debate salieron a la palestra cuestiones de gran importancia, referidas, entre otras cosas, a la naturaleza del conocimiento como bien económico, a la noción de novedad y a los rasgos de no rivalidad y de exclusión imperfecta descritos por Romer, aspectos que diferencian el conocimiento biotecnológico del relativo a la gran mayoría de los bienes que se transan en el mercado. A partir de allí, surgió en forma casi natural la discusión acerca de cuál debía ser el régimen de propiedad más adecuado para impulsar la creación y difusión de estos conocimientos.

El primer debate sobre la pertinencia o no pertinencia de otorgar derechos de propiedad intelectual sobre los organismos genéticamente modificados (OGM) tuvo lugar en los Estados Unidos, en la década de 1980, a propósito de una solicitud de patente sobre un OGM capaz de degradar petróleo. Ello ocurrió en un momento en que el medio político-institucional estadounidense se hallaba particularmente preocupado por la pérdida de competitividad que experimentaba la industria nacional frente a la de Japón y, más tarde, la de la República de Corea y la provincia china de Taiwán, en diversos campos productivos, especialmente en la industria automotriz, la de microelectrónica y de la entretención.

En esos años se llevaron a cabo intensos análisis en los medios académicos y políticos estadounidenses para tratar de determinar las causas de la desaceleración de la productividad nacional y la rápida conquista de mercados internacionales por parte de las empresas del sudeste asiático. Según una de las muchas hipótesis al respecto (Olson, 1991), postulada primordialmente por el grupo de cabildeo empresarial de Washington, D.C., liderado por empresas farmacéuticas, de microelectrónica y del sector de la entretención, lo que permitía a las compañías japonesas o coreanas copiar con facilidad e impunidad los diseños de producto y los procesos productivos estadounidenses, era la escasa protección que la legislación internacional de patentes brindaba a los derechos de propiedad intelectual de las empresas estadounidenses creadoras de las nuevas tecnologías.

En otras palabras, se estimaba que la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, los dos grandes cuerpos institucionales que regulaban por ese entonces los derechos de propiedad intelectual en el ámbito internacional, carecían de verdadero poder para cautelar y hacer cumplir esos derechos, y en la práctica resultaban muy poco eficaces en

lo concerniente a defender a las empresas estadounidenses innovadoras. Esta tesis parecía estar confirmada, en los hechos, por la ausencia de un mecanismo claro de sanciones y de un aparato institucional de alcance mundial que pudiera sustentar los derechos de propiedad intelectual (Olson, 1991; Coriat y Orsi, 2001).

Debido a las fuertes presiones ejercidas por los empresarios sobre el gobierno del país, la Corte Suprema de los Estados Unidos analizó la doctrina imperante en materia de patentes, proceso a partir del cual comenzó a considerarse desde una perspectiva totalmente distinta la posibilidad de otorgar patentes por la creación de nuevos organismos vivos.

Tal era el clima prevaleciente en Washington, D.C., hacia fines de los años setenta, y tal fue el espíritu dentro del cual el Gobierno de los Estados Unidos llevó adelante las negociaciones de la Ronda Uruguay del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT). Poco puede sorprender que tales negociaciones concluyeran con la aprobación del Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio (Acuerdo sobre los ADPIC), como parte del conjunto de nuevas disciplinas comerciales asociadas a la Organización Mundial del Comercio (OMC), acuerdo en el cual quedaban recogidas muchas de las demandas estadounidenses. De ese modo, debido a las presiones de este país, el mundo se tornó más proclive a la concesión de patentes y se avanzó, en particular, hacia la consagración de nuevas formas de protección de la propiedad intelectual en el campo de lo biológico y lo genético.

En forma paralela, la irrupción de nuevos productos y procesos productivos de base biotecnológica o genética fue creando nuevas ramas de industria y nuevos mercados, e induciendo al mismo tiempo profundas transformaciones en la organización industrial y el comportamiento de muchas de las ramas productivas existentes. Entraron en el mercado empresas que hacían un uso intensivo del conocimiento y desafiaban con productos y procesos novedosos las posiciones de mercado de las empresas establecidas. Hacia fines de 1981 operaban ya en los Estados Unidos unas 80 compañías biotecnológicas, que comercializaban productos tales como interferón, insulina humana, hormona del crecimiento y vacunas contra la hepatitis, todo lo cual hizo surgir grandes expectativas en el sentido de que la humanidad estaba ad portas de una gran revolución biotecnológica.

Como se indicó, muchas de estas compañías innovadoras fueron luego adquiridas por grandes empresas transnacionales del rubro farmacéutico, agroquímico y otros, que estimaron provechoso entrar en el campo de la biotecnología mediante la compra de empresas pequeñas

o medianas dotadas de recursos humanos altamente calificados. Algunas de estas últimas eran de propiedad de ex académicos que habían alcanzado éxitos comerciales resonantes a partir de uno o unos pocos productos biotecnológicos, en virtud de una legislación que autorizaba el otorgamiento de patentes privadas a los productos derivados de investigaciones hechas con recursos públicos.

En este proceso, tal como había ocurrido ya con el ferrocarril y, después, con la industria automotriz, es posible percibir algo que se ha repetido a lo largo de la historia del capitalismo, a saber, que en los albores de todo nuevo paradigma, la combinación de incertidumbre, delimitación imperfecta de los derechos de propiedad y búsqueda de nuevos negocios pone en marcha una burbuja especulativa que termina a la larga en un proceso de adquisiciones y fusiones, en el cual las empresas más grandes se apropian de las pequeñas y medianas de alto contenido innovador, constituyéndose así, finalmente, un nuevo régimen tecnológico y competitivo sectorial dominado por las compañías tradicionales.

Como podrá verse en varios capítulos de este libro, gran parte de esta secuencia reaparece en el caso de los transgénicos. Tres capítulos se ocupan, en particular, de esta temática, cada uno desde su propia perspectiva: el capítulo VIII, donde se describe la estructura productiva y el comportamiento institucional del mundo de los transgénicos; el IX, sobre el sistema de patentes, y el X, donde se examinan las disciplinas jurídicas internacionales surgidas en el marco de la OMC con respecto al comercio de estos productos.

Cabe hacer notar que el nuevo paradigma, al emigrar desde los países desarrollados hacia los países periféricos, adquirió características particulares, si bien, como es natural, conservó muchos de sus rasgos generales. Es lo que se examina a continuación.

3. La emigración del nuevo paradigma hacia la región

Aunque siempre con cierto rezago respecto a la frontera científico-tecnológica mundial, los nuevos paradigmas tecnoproductivos terminan por asentarse en los países periféricos, generando sus propios escenarios de interacción e influencias recíprocas entre lo productivo, lo tecnológico y lo institucional. Como es fácil entender, no se trata de una reproducción lineal de lo ocurrido en el mundo desarrollado, sino de un proceso que sigue la lógica de desarrollo propia de los países receptores. Cada sociedad construye sus propias formas de organización social de la producción, sus propias instituciones, regímenes tecnológicos y competitivos sectoriales, y sólo una detenida mirada sobre la especificidad de los escenarios locales

permite concebir, a la larga, una agenda de políticas públicas adaptada a cada caso en particular.

Por lo general, los países periféricos intervienen más en la fase de explotación que en la de creación de todo nuevo paradigma, y lo hacen en un contexto de mayor inmadurez científico-tecnológica e institucional, lo que los lleva a plantear de partida un modelo de desarrollo sectorial menos intensivo en cuanto a generación local de nuevos conocimientos tecnológicos, toda vez que por lo general se limitan meramente a adaptar a la realidad local los nuevos productos y procesos llegados del exterior. Dicha debilidad en el plano de la innovación suele extenderse también a la esfera institucional y reguladora, por lo que no es raro encontrar que el nuevo paradigma se explota en el mundo periférico en un contexto de estructuras de mercado más concentradas y de modelos de comportamiento microeconómico menos competitivos, con instituciones, marcos y entidades reguladores más frágiles que los de los países desarrollados.

Median enormes diferencias entre los países en cuanto al modo en que esa adaptación toma forma a través del tiempo, y es justamente ello lo que determina la mayor o menor eficiencia con que el nuevo paradigma es asimilado en cada caso. Ese proceso de asimilación es lo que define, en última instancia, el impacto que ejerce la emigración del paradigma sobre la sociedad receptora.

Lo que interesa comprender en este estudio es la interacción entre los aspectos genéricos y los aspectos específicos, de orden nacional y local, del despliegue del nuevo paradigma, a fin de entender, primero, cuáles son las oportunidades que ofrece a los países de la región y cuáles los peligros que les pone por delante, y, segundo, cuáles son las acciones de política científico-tecnológica e institucional que es necesario emprender en cada uno de ellos para aprovechar en forma eficiente los beneficios que éste trae consigo.

En el presente libro, los aspectos genéricos, esto es, de carácter biológico-genético, de organización industrial y de orden jurídico-legal, son tratados en el capítulo II, de Solbrig; en el capítulo VII, de Pengue; en el VIII, de Schaper y Morales; el IX, de Morales; y en el X, de Abarza, Cabrera y Katz. Por otra parte, la especificidad de lo local y nacional aparece destacada en el capítulo III, de Bisang, y en el capítulo V, de Ablin y Paz, ambos sobre la agricultura argentina, y, asimismo, en el capítulo VI, de Nadal, sobre el maíz en México. En estos estudios se ilustra con claridad de qué manera los países receptores han ido tejiendo gradualmente una nueva trama local de agentes, instituciones, reglas de comportamiento y formas de organización social de rasgos propios. En esa trama confluyen lo nuevo y genérico del paradigma de los transgénicos y la historia

tecnológica e institucional del medio receptor, lo cual da por resultado un sendero altamente idiosincrásico de despliegue del paradigma en el medio local. La agenda de problemas que es preciso resolver en el futuro también resulta de una mezcla entre lo genérico y lo local. A continuación se pasa revista al contenido de estos trabajos.

4. Instituciones y capacidad tecnológica en el medio receptor

Se dijo anteriormente que cada escenario receptor se caracteriza por tener un conjunto de empresas, instituciones, mercados y reglas de comportamiento sumamente específico e idiosincrásico. En cada caso, difieren de manera fundamental las preguntas que deben formularse, los agentes que han de contestarlas, y los ganadores y los perdedores que derivan del desarrollo del paradigma de los transgénicos, tal como se ilustra en el capítulo VI, referido al cultivo de maíz en México, y en los capítulos III y V, sobre el cultivo de soja en Argentina.

En el capítulo VI, Nadal describe la problemática de un alimento básico en México, las tortillas de maíz, de profundo arraigo en la cultura nacional, cuya producción da trabajo directo a más de 3 millones de personas, y cuya materia prima ha sido expresión, a lo largo de la historia, de la gran diversidad genética que caracteriza al país. El acervo de germoplasma de México ha contribuido de manera decisiva a la producción mundial de maíz, contándose por miles las variedades existentes en bancos de genes del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias o del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Pese a ello, el sector maicero mexicano se halla en la actualidad en pleno proceso de reestructuración —y, cabe agregar, de franco declive—, debido al hecho, posterior a la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), de que su productividad física es muy inferior a la del sector maicero estadounidense, basado en transgénicos, que es uno de los más eficientes del mundo, fuerte exportador y, además, receptor de subvenciones estatales. El escenario productivo y comercial suscitado después de la suscripción del TLC pone en peligro la supervivencia de este sector de la agricultura mexicana, así como la capacidad del país de conservar y desarrollar los recursos genéticos correspondientes. Con ello aumenta también la vulnerabilidad alimentaria de México, a causa de la eventual desaparición de una amplia variedad de razas criollas que constituyen la principal garantía contra las malas cosechas.

La problemática de Argentina es totalmente diferente: como muestra Bisang en el capítulo III, en la década de 1990, la producción de soja se duplicó en apenas cinco años, gracias a la rápida expansión de la

superficie sembrada, y a la espectacular difusión de la soja transgénica, factor al cual debe atribuirse prácticamente la totalidad del aumento de la producción. Dentro de lo que Ablin y Paz denominan la América sojera (véase el capítulo V), que aporta 96% de la oferta neta de soja al mercado mundial, Argentina, Brasil y los Estados Unidos se reparten en forma casi equitativa la participación en los mercados de Asia, Oceanía y de la Unión Europea (UE). Este proceso ha tenido considerable impacto sobre la estructura agropecuaria argentina, sobre el modelo dominante de organización de la producción de soja, y sobre los vínculos que establecen los productores primarios y las entidades gremiales del ámbito agropecuario con los proveedores de insumos intermedios y de servicios técnicos, todo lo cual puede ser caracterizado como un auténtico episodio de destrucción creativa en el seno de la sociedad argentina. Un nuevo modelo de organización productiva, la agricultura de contrato, ha ido ganando terreno a ritmo acelerado, lo cual ha modificado profundamente la función de producción sectorial.

Como se advierte, el despliegue del nuevo paradigma ha tenido un impacto muy distinto en uno y otro país. Mientras la llegada del maíz transgénico ha estado acompañada, en México, de secuelas tales como la alteración de costumbres alimentarias ancestrales, pérdida de competitividad internacional, desempleo agrícola, eventual erosión de la biodiversidad, mayores riesgos de abastecimiento (externo) de un producto de primera necesidad y un marcado abaratamiento de las tortillas, principal ingrediente de la mesa mexicana, en Argentina los transgénicos han acarreado una explosiva ampliación de la agricultura de contrato, basada en la siembra directa y el uso intensivo de agroquímicos. Ello ha estado asociado a un aumento del grado de concentración económica en favor de un pequeño elenco de grandes empresas transnacionales, entre ellas Monsanto, Pioneer Hi-Bred, Novartis y Nidera. Al mismo tiempo, han perdido terreno las iniciativas internas de modernización tecnológica encaminadas a elevar la productividad, mejoras que hasta fechas recientes eran difundidas como bien público por el INTA. Frente a ello, gana importancia el cambio tecnológico proveniente de fuentes externas, asociado a derechos de propiedad intelectual controlados por compañías extranjeras.

En consecuencia, para comprender el impacto ejercido por los productos transgénicos en un país dado, hay que examinar de manera cuidadosa dos dimensiones, que si bien son distintas, están en estrecha relación entre sí: por una parte, los aspectos genéricos, vinculados a cuestiones de índole institucional —por ejemplo, las leyes de propiedad intelectual o el papel de los entes reguladores o de investigación del sector público— y a cuestiones de índole económica —como empleo, equilibrio

comercial externo y exportaciones—, y, por otra parte, los múltiples aspectos que son específicos de cada país.

Quiénes son los actores involucrados, cuál es su poder de negociación y su capacidad de llevar sus propios intereses y problemas a la agenda política nacional; qué capacidad tienen las entidades públicas de regulación y de ID para elevar el poder de negociación de las empresas e instituciones locales que deben confrontar al capital extranjero y crear, de esa manera, una situación de mayor equilibrio entre ambas partes, son algunos de los hechos que más decisivamente influyen en la capacidad local de diseñar y poner en práctica una estrategia de desarrollo nacional en el mundo de los transgénicos. Lamentablemente, los casos de Argentina y México aquí estudiados no dejan la impresión de que dicha estrategia sea parte importante de la agenda política contemporánea de los respectivos Estados. Antes bien, el común denominador en ambos parece ser la enorme consolidación del poder de los agentes externos.

Cuál podría ser una estrategia alternativa, que prestara mayor atención a la construcción de ventajas comparativas dinámicas basadas en el aprendizaje y el conocimiento, constituye el tema de reflexión del último capítulo del presente libro. En él se intenta demostrar que el nuevo paradigma puede abrir oportunidades insospechadas a los países de la región, de por sí ricos en recursos naturales y biodiversidad, pero que ello requiere necesariamente una agenda proactiva de parte del sector público, semejante a la que sin duda se maneja en los países desarrollados.

Capítulo II

Ventajas y desventajas de la agrobiotecnología

Otto T. Solbrig

La agricultura y la ganadería son la base de la alimentación humana. Sin ellas no podríamos existir. Desde los comienzos de la agricultura, se han seleccionado las semillas de las plantas de mayor rendimiento y mejores características alimenticias, mientras que en ganadería se elegían los sementales más productivos. De esa manera se introdujo, a través de los siglos, un sinnúmero de técnicas destinadas a mejorar la calidad de los productos agropecuarios y aumentar su rendimiento. Si bien tales técnicas estuvieron basadas, durante largo tiempo, únicamente en la acumulación de experiencia por parte del agricultor, todas tienen un rasgo en común, a saber, la manipulación del patrimonio genético de las especies domesticadas. Con el desarrollo de la ciencia, esas técnicas comenzaron a basarse cada vez más en conocimientos teóricos y experimentales de la biología de plantas y animales.

Todo avance científico y toda tecnología asociada suscitan siempre, al principio, incertidumbres y dudas, que suelen disiparse cuando, al cabo de un tiempo, las tecnologías muestran ser beneficiosas. En ese caso, los nuevos conceptos se van incorporando poco a poco al bagaje cultural y psicológico del ser humano, hasta dejar de ser fuente de preocupación para convertirse en parte de su visión del mundo (FAO, 2001a). Sin embargo, aun así, todo cambio entraña un costo económico y social.

Cuando los cambios provocados por los avances científicos son muy repentinos, y sobre todo cuando ponen en cuestión creencias profundamente arraigadas, incluso en aquellos casos en que las nuevas tecnologías son beneficiosas, las sociedades humanas pueden rebelarse contra ellos, a veces hasta en forma violenta. La historia humana está plagada de ejemplos en tal sentido.

Hoy estamos confrontados una vez más por conocimientos que no concuerdan plenamente con muchas de las creencias fundamentales de la cultura occidental, tales como los conocimientos referidos a la determinación de la base físico-química de la vida, la transferencia de genes de una especie a otra, y la clonación de animales, todos los cuales forman parte de una serie de avances en el saber científico, sobre todo en las ramas de la microelectrónica y la biología (Solbrig, 2001a; PNUD, 2001).

La capacidad de traspasar las barreras genéticas y transferir genes de una especie a otra es un ejemplo en este sentido. Se trata, en efecto, de un descubrimiento de enormes repercusiones, que amenaza con echar por tierra una idea de raíces tan hondas como la creencia en la integridad genética de las especies. Si bien estos cambios han sido aceptados cuando se refieren a productos de uso medicinal o farmacéutico, han encontrado mayor resistencia en lo que atañe a los productos agrícolas, pues el público no advierte que su aplicación traiga consigo grandes beneficios.

En este trabajo se pretende explicar qué es la agrobiotecnología y describir sus beneficios actuales y potenciales, así como delinear de manera crítica, desde la perspectiva de las ciencias biológicas, los problemas que podría plantear en el futuro.

1. La necesidad de producir más y mejores alimentos

El primer objetivo de toda política económica debe ser el de alimentar adecuadamente a todos los habitantes de un país, por medio de la producción interna o las importaciones. Como se trata de bienes perecederos, la producción de alimentos no puede ser ilimitada. En ella influyen, además, factores físicos sumamente variables en el tiempo y el espacio, como las lluvias, la temperatura y la calidad del suelo, y factores biológicos, como enfermedades y pestes. La seguridad alimentaria de un país depende también de factores sociales y económicos, entre ellos la mayor o menor equidad en la distribución del ingreso, la estructura tributaria, las redes de comunicación y la paz social, y, asimismo, de la tecnología utilizada y el rendimiento de los cultivos, el cual se ha elevado substancialmente en las últimas décadas gracias a la mejora de las

tecnologías agrícolas (Tannahill, 1973; Solbrig y Solbrig, 1993; Cassman, 1999; Solbrig, 2000; FAO, 2001b).

Entre 1960 y 2000, la población mundial se duplicó, pasando de 3.000 millones a 6.000 millones de personas (véase el cuadro II.1). Un crecimiento de tal magnitud hizo surgir más de alguna duda acerca de la capacidad del mundo de producir alimentos en cantidad suficiente (Brown y Finsterbusch, 1972; Ehrlich, 1975). Sin embargo, merced a los avances de una serie de nuevas tecnologías, fenómeno conocido como revolución verde, la producción de alimentos creció en ese período a una tasa superior a la de la población humana (véase el gráfico II.1) (Serageldin y Persley, 2000; Fernández Alés y Solbrig, 2001; FAO, 2001b). Gracias a ello, la desnutrición, que en 1960 golpeaba a 17% de la población mundial, bajó a 14% en 2000, lo que de todos modos significa que restan cerca de 800 millones de personas desnutridas, muchas de ellas niños (Alexandratos, 1999).

Pese a seguir creciendo, la población mundial lo hace hoy a un ritmo cada vez menor (véase el gráfico II.2) y, según se prevé, continuará aumentando en el curso de los próximos 50 años, hasta estabilizarse en una cifra cercana a 9.000 millones. De persistir el actual patrón de distribución, ello exigiría elevar más de 50% la producción de alimentos sólo para mantener el presente nivel de alimentación, proporción que tendría que ser todavía más alta si se deseara terminar con la malnutrición. Se trata de un objetivo formidable, quizá inalcanzable con las actuales técnicas agrícolas.

Si los alimentos estuviesen distribuidos en forma equitativa, la producción mundial bastaría para alimentar al conjunto de la humanidad (Boucher, 1999; Fernández Alés y Solbrig, 2001; FAO, 2001a); no obstante, es improbable que tal condición pudiese cumplirse en el presente, pues el problema de la equidad distributiva parece más difícil de resolver que el del aumento de la producción agrícola (Serageldin y Persley, 2000).

Esta última se halla íntimamente ligada a la demanda del mercado, que está determinada a su vez por el tamaño de la población y su nivel de ingreso. Según se prevé, la economía mundial crecerá, en los próximos años, a una tasa neta cercana a 3% (Banco Mundial, 2000). La combinación de aumento de la población y crecimiento económico elevará en más de 50% la demanda de alimentos, sobre todo de carnes y aceites (FAO, 2001b). Básicamente, hay tres modos de incrementar la producción: la ampliación de la superficie cultivada, el aumento de la intensidad del uso de la tierra —acortamiento de los períodos de descanso, doble cultivo— y la mejora del rendimiento por unidad de superficie. Estos tres factores han operado, en mayor o menor medida, a lo largo de los últimos 50 años, estimándose en 30%, 10% y 60% respectivamente la incidencia de cada uno de ellos en el incremento resultante (FAO, 2001b). La superficie

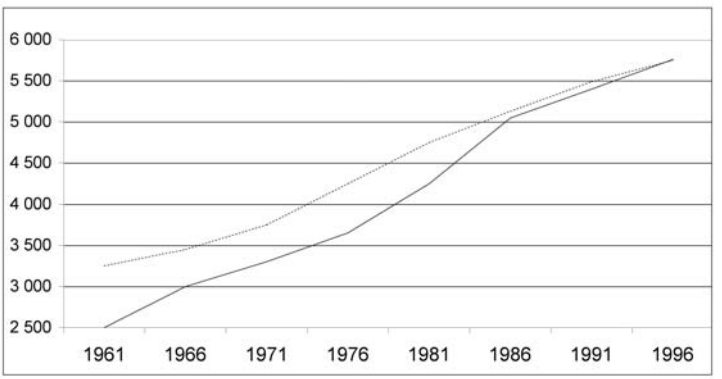
cultivada aumentó sobre todo en el trópico y el subtrópico de África y América Latina; la intensidad del uso, particularmente en zonas de agricultura itinerante y de riego, y el rendimiento, en zonas templadas de América, Asia —especialmente en China— y Europa.

Cuadro II.1
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL, 0-1999
(Millones de habitantes)

Año	Millones de habitantes (número aproximado)
0	250
1750	500
1830	1 000
1930	2 000
1660	3 000
1975	4 000
1987	5 000
1999	6 000

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

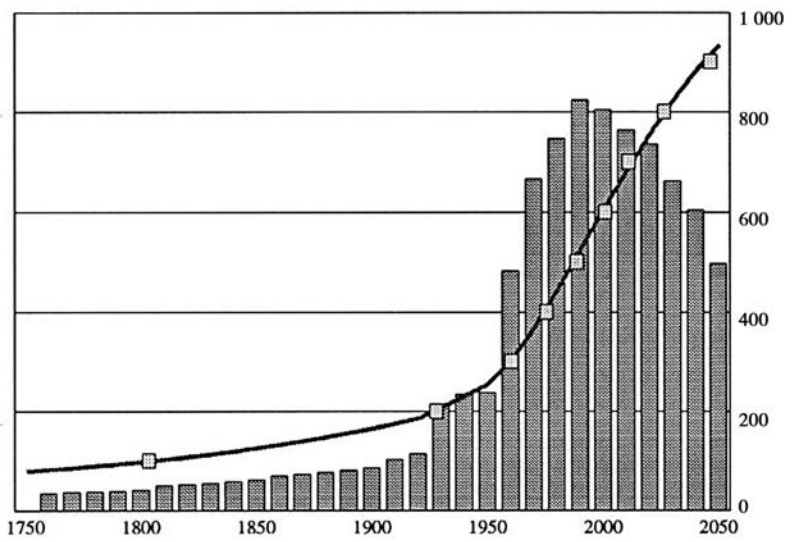
Gráfico II.1
CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y DE LA OFERTA DE ALIMENTOS EN EL MUNDO, 1961-1996
(Número de habitantes y kilocalorías)



Fuente: Rocío Fernández Alés y Otto T. Solbrig, "Are famines and malnutrition questions of supply or demand? Implications for Environmental Rural sustainability", *Globalization and the Rural Environment,* Otto T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (comps.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, julio de 2001.

Nota: La línea de puntos corresponde al crecimiento de la población mundial expresada en personas por 10^6; la línea doble corresponde al crecimiento de la oferta mundial de alimentos expresada en kilocalorías por 10^2.

Gráfico II.2
PROYECCIÓN DEL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MUNDIAL, 1750-2050
(Número de habitantes por 106)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Nota: Las barras indican el aumento de la población cada diez años; la línea corresponde al número total. Como se advierte, la tasa de crecimiento tiende a bajar, pero no el número total de habitantes.

En los próximos años, el crecimiento de la producción de alimentos tendrá que provenir principalmente de la mejora del rendimiento. La gran mayoría de las tierras de aptitud agrícola actualmente no explotadas se encuentran en zonas de bosques y selvas tropicales, y hay particular interés en no modificar tales ecosistemas (FAO, 2001a; FAO, 2001b). No existen muchas posibilidades de intensificar el uso de las tierras actualmente explotadas, lo que significa que para alcanzar el objetivo de duplicar la producción de alimentos, será preciso aumentar el rendimiento en una proporción de por lo menos 80%.

En teoría, es posible elevar el rendimiento mediante las técnicas agronómicas de la revolución verde, sobre todo en las regiones tropicales, siempre y cuando todos los agricultores puedan aumentar el rendimiento y producir en el mismo nivel de los agricultores más eficientes de cada región (Andrade, 1998a; Andrade, 1998b). Sin embargo, es poco probable que ello ocurra (Viglizzo, 2001), ya que los rendimientos aumentan a tasas

cada vez menores, y hay razones teóricas para temer que, con las técnicas actuales, se esté llegando a un máximo a partir del cual sea imposible ya seguir ascendiendo (Cassman, 1999; Pinstrup-Andersen, Pandya-Lorch y Rosengurt, 1999). Urge, por lo tanto, encontrar nuevos medios de aumentar la productividad.

La revolución verde se basó fundamentalmente en tres factores: el cultivo de nuevas variedades de mayor rendimiento; el uso masivo de fertilizantes, sobre todo nitrogenados, y de herbicidas y pesticidas, y, tercero, el aumento de la mecanización y de la superficie regada. Si bien estas tecnologías cumplieron con el objetivo de duplicar la producción en menos de 40 años, el uso masivo de fertilizantes, herbicidas y pesticidas ha tenido graves efectos contaminantes (Redclift, 1989; Trigo, 1995; Tilman, 1999; Soule, Carré y Jackson, 1990; Davidson, 2000; Viglizzo, 2001), aparte de que la ampliación de la superficie ha incrementado la erosión de los suelos (Pimentel y otros, 1995; Crosson, 1995; Scherr, 1999; Bot, Nachtergaele y Young, 2000), y el uso del riego ha aumentado la salinidad y elevado peligrosamente las napas freáticas en muchas regiones.

Otro problema sumamente grave es la escasez creciente de agua dulce, base de toda vida. Por lo menos una cuarta parte de la población humana vive en regiones que pronto van a experimentar este problema (Seckler y otros, 1998). Un 40% de la producción agrícola mundial proviene de zonas bajo riego, que ocupan 10% de las tierras cultivadas. Según se ha calculado, el aporte de la producción bajo riego tendría que haberse incrementado cerca de 80% hacia el año 2025 para satisfacer las necesidades alimenticias de una población en aumento. Sin embargo, como la demanda de agua para consumo humano y uso industrial y agrícola se eleva a una tasa mucho más rápida que la de las existencias, no es difícil augurar que el futuro deparará graves problemas en cuanto a suministro de agua de riego. La única solución consiste en obtener variedades mejor adaptadas al cultivo en secano, a fin de depender menos del riego.

Esas demandas futuras de recursos ambientales suscitarán, y suscitan ya, un dilema entre dos necesidades igualmente imperiosas: la de producir más alimentos y la de proteger el medio ambiente, para impedir una catástrofe ecológica (Viglizzo, 2001). El gran reto es encontrar el modo de aumentar la producción sin degradar los suelos, ni contaminar el suelo y el aire. Hasta ahora, la agricultura industrial de altos insumos ha sido capaz de satisfacer las necesidades alimentarias del mundo, pero es indudable que degrada el medio ambiente, si bien se debate a qué extremo llega esa degradación (Altieri y Nicholls, 2001; Crosson, 2001). La agricultura tradicional es, en general, menos destructiva, aunque también hay discrepancias a este respecto (Altieri y otros, 1999; Solbrig, 1999; NAS, 1999); pero de todas formas será incapaz de satisfacer las

necesidades alimentarias de los próximos 50 años. La solución tendrá que ser múltiple, con diversos enfoques según las condiciones climáticas, edáficas y sobre todo sociales de cada región (Ruttan, 1991; Powledge, 1995; Hazell, 1999).

Muchos piensan que lo que se requiere es un conjunto de nuevas tecnologías, a lo que se ha denominado revolución siempre verde, esto es, tecnologías que se asemejen a la revolución verde pero reduzcan o eliminen el uso de insumos tóxicos, utilicen menos agua y lleven adelante una agricultura sostenible. La agrobiotecnología puede ser parte importante de esta nueva revolución (Mann, 1997; Conway y Toenniessen, 1999; Kishore y Shewmaker, 1999; Serageldin y Persley, 2000; Lesinger, 2001). Sin embargo, para que pueda convertirse en la herramienta necesaria para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, tiene que cumplir cuatro condiciones: i) debe incrementar significativamente los rendimientos, sin crear con ello problemas ambientales; ii) debe ser rentable; iii) debe estar al alcance de todos, y iv) tiene que superar los temores que ha despertado en el público.

A continuación se examinarán las posibilidades de que se cumplan estas cuatro condiciones, para lo cual se pasará revista a los posibles beneficios que la agrobiotecnología, así como a las objeciones que se le oponen.

La gran promesa de la agrobiotecnología es que, al superar muchos de los impedimentos biológicos para el mejoramiento de los cultivos, tales como las barreras genéticas que separan a las especies, en el futuro será posible introducir en un rubro agrícola las características favorables de otras especies, como la resistencia a enfermedades o pestes, o la capacidad de crecer en suelos magros o en zonas de escasas precipitaciones (Tangley, 1987; Persley, 1992; Conway y Ruttan, 1997; Tilman, 1998; Abelson y Hines, 1999; Mann, 1999; Serageldin, 1999; Wambugu, 1999; Enríquez y Goldberg, 2000; Borlaug, 2000; Lesinger, 2001; Izquierdo, 2001).

Las pérdidas anuales por pestes y enfermedades oscilan entre 20% y 40% de la producción potencial. En la actualidad se utilizan en todo el mundo cerca de 2.000 millones de toneladas de pesticidas al año para controlar estos males (Pretty, Vorley y Keeney, 1998), lo cual tiene serias consecuencias para el ambiente, como la contaminación de acuíferos y fuentes de agua dulce, y, sobre todo, efectos nocivos directos sobre la población rural e indirectos sobre la población urbana. Una estrategia de la agrobiotecnología consiste en crear variedades más resistentes a pestes y enfermedades, a fin de reducir el uso de pesticidas y herbicidas y, a la vez, aminorar las pérdidas anuales debidas a estos flagelos. El trigo, por ejemplo, es muy susceptible a las royas, enfermedad producida por hongos del género *Puccinia*, mientras que el arroz es bastante resistente

a éstas. Como el arroz y el trigo no se cruzan, no se ha podido hasta ahora introducir en este último la resistencia a las royas que es propia del arroz, lo cual podría hacerse, sin embargo, con métodos biotecnológicos. De encontrarse un modo de controlar las royas del trigo, su producción podría aumentar entre 10% y 30%, sin necesidad de ampliar la superficie cultivada.

Otra de sus promesas es la de producir alimentos de mayor calidad nutritiva, lo que se denomina alimentos funcionales. La desnutrición no es sólo un problema de cantidad, sino también de calidad. En muchas regiones, la dieta se limita a unos pocos productos, generalmente cereales, que son deficientes en aminoácidos esenciales, minerales y vitaminas. Otras poblaciones consumen demasiadas grasas y aceites saturados, que suelen provocar problemas cardíacos y diabetes. Un objetivo importante de la biotecnología es producir variedades más nutritivas: cereales, frutas y verduras de mayor contenido vitamínico, harinas más ricas en aminoácidos, aceites con mayor contenido de ácidos grasos no saturados (Salamini, 1999; Wambugu, 1999), con la esperanza de reducir con ello la incidencia de diversas enfermedades.

Sin embargo, el uso de la agrobiotecnología ha chocado con diversas objeciones (Pimentel y otros, 1989; Kendall y Pimentel, 1994; Altieri, Rosset y Thrupp, 1998; Peterson y otros, 2000; Pengue, 2000), que pueden clasificarse en dos tipos, objeciones intrínsecas y objeciones extrínsecas. Las primeras guardan relación, entre otras cosas, con los posibles peligros para la salud o el medio ambiente que encierran los nuevos cultivos, como. Las segundas, de índole más filosófica, tienen que ver con el modo en que se interpreta la naturaleza y el alcance de la agrobiotecnología.

Entre las objeciones intrínsecas, cuya validez puede demostrarse o refutarse mediante experimentos y observaciones, cabe citar las tres siguientes: en primer lugar, se teme que los productos que contienen genes provenientes de otras especies, especialmente bacterias y virus, sean nocivos para la salud humana, el ganado o los animales silvestres. Segundo, existe el temor de que los nuevos productos puedan convertirse en malezas, o que sus genes puedan transferirse a especies emparentadas y éstas se conviertan a su vez en malezas. Finalmente, se teme que estos productos ejerzan efectos adversos sobre la vida silvestre, tales como una pérdida significativa de biodiversidad (May, 1999).

La principal objeción extrínseca se basa en el recelo que despierta una tecnología que no respeta las barreras biológicas que separaban hasta ahora las distintas especies de plantas, animales, hongos y bacterias (Donaghy, 2001; Isserman, 2001; Bender y Westgren, 2001). Muchos se oponen, por razones religiosas o filosóficas, a consumir alimentos que contengan genes de bacterias u hongos. El temor principal reside en la

posibilidad de que estas tecnologías afecten el funcionamiento normal de los ecosistemas.

Otra objeción extrínseca se refiere a que el productor campesino puede perder parcial o totalmente el control que ejerce sobre sus cultivos (Goldsmith, 2001; Sonka, 2001; Wansink y Kim, 2001), dado que, debido al costo y la complejidad de estas tecnologías, las compañías o instituciones que producen las semillas transgénicas se cuidan de proteger su uso por medio de patentes u otros derechos de propiedad exclusivos.

En las páginas siguientes se examinarán en detalle las ventajas de la agrobiotecnología y las objeciones intrínsecas que se le oponen, sin hacer referencia a las objeciones extrínsecas. Como toda tecnología, la agrobiotecnología ofrece ventajas y desventajas. El dilema consiste en saber si los beneficios son mayores que los efectos adversos, si quienes se benefician son más numerosos que los que saldrán perdiendo, y si los beneficios se distribuirán de modo equitativo. Como es imposible responder cabalmente estas preguntas, porque el futuro es impredecible, y como los beneficios y los costos son complejos y de diferente naturaleza, el debate tiene forzosamente que desarrollarse en un plano sobre todo conjetural. En lo que sigue se procurará presentar en detalle la información científica disponible en cada caso, tratando de dejar de lado los juicios de valor tan frecuentes en este campo.

2. Antecedentes históricos de la agrobiotecnología

a) ¿Qué es la agrobiotecnología?

La agrobiotecnología o biotecnología agrícola es aquella parte de la biotecnología que se dedica a aplicar los nuevos conocimientos biológicos a la mejora de las plantas y el ganado. Hasta 1950 aproximadamente, existía una separación clara entre las ciencias físicas —química y física— y las ciencias biológicas. Las primeras estudiaban el mundo de las cosas inertes; las segundas, el de las cosas vivas. La comprobación de que los organismos están formados por átomos y moléculas permitió aplicar a la biología conceptos y métodos provenientes de la física y la química, lo que se denominó biología molecular. Ésta borró la distinción entre lo inerte y lo vivo. Básicamente, es la aplicación práctica de los nuevos conocimientos derivados de la biología molecular lo que hoy recibe el nombre de biotecnología, para distinguirla de la aplicación de conocimientos de fisiología, morfología y genética clásica en agronomía. La biotecnología es, entonces, una combinación entre las ciencias físicas —la física propiamente dicha y la química— y las ciencias biológicas.

b) Antecedentes de la biotecnología agrícola

Como ocurre con casi todas las plantas silvestres, los ancestros salvajes de los cultivos actuales son, en su gran mayoría, levemente tóxicos para el ser humano. Esto se debe a que las especies vegetales, para protegerse de insectos depredadores y de hongos y bacterias, están llenas de compuestos venenosos. Durante el proceso de domesticación, los agricultores fueron seleccionando plantas cada vez menos tóxicas, con lo cual, al quitarles sus defensas naturales, fueron haciéndolas cada vez más vulnerables a pestes y enfermedades. Por otra parte, para adaptar los cultivos a las necesidades humanas, se seleccionaron plantas con semillas más grandes, frutos dehiscentes y otros rasgos análogos, lo que les restó aún más competitividad biológica. Debido a estas nuevas características, los cultivos muestran en general escasa resistencia frente a pestes y enfermedades y están poco capacitados para competir con las malezas, por lo cual en su mayoría no podrían sobrevivir por sí mismos en la naturaleza. Para subsistir, necesitan precisamente los cuidados del agricultor. Lo mismo puede decirse del ganado. El resultado de este proceso de selección es una simbiosis entre los seres humanos y sus cultivos y animales.

Paralelamente, la alimentación humana se ha vuelto cada vez más dependiente de la agricultura. Uno de los ejemplos extremos de ello es el maíz, uno de los rubros que mayores modificaciones ha experimentado por obra del ser humano, gracias a lo cual ha aumentado enormemente en términos de tamaño y número de granos por planta, es decir, de productividad. A diferencia de lo que ocurre con la teocinte (*Zea mexicana*), ancestro del maíz, los granos del maíz actual ya no se separan del raquis cuando maduran, sino que se mantienen adheridos al marlo. El maíz actual depende enteramente del ser humano para su subsistencia.

Con el correr de los siglos, agricultores y agrónomos se hicieron de una serie de herramientas que permitieron un control cada vez mayor sobre los cultivos. Por ejemplo, la coliflor es una degeneración en el desarrollo de las flores de la colza (*Brasica campestris*) que algún campesino alerta descubrió y cultivó durante la Edad Media, deformación que no habría sobrevivido en un mundo natural. Sin embargo, merced a la protección del ser humano, sobrevivió, para convertirse con el tiempo en el cultivo hoy conocido. La utilización de aberraciones biológicas como rubros cultivables es, de hecho, una práctica bastante difundida. Además de la coliflor, pueden citarse los nabos, la papa, el maíz y muchos otros cultivos, con partes comestibles de gran tamaño, rasgo que, pese a ser muy favorable para el consumidor, impide a la planta subsistir en un ambiente natural.

Una de las objeciones que se hacen a la agrobiotecnología es que el ser humano se está transformando en el artífice de la naturaleza, o al menos de las plantas y el ganado. Como se desprende de estos ejemplos, se trata en realidad de un proceso que comenzó con la primera domesticación de plantas y animales, y sólo se ha ido acelerando con el tiempo conforme las sociedades humanas iban adquiriendo un saber cada vez más preciso acerca del funcionamiento de los organismos. La biotecnología es el paso más reciente de este proceso, y posiblemente no sea el último.

Detrás de la oposición a la agrobiotecnología está la idea de que el ser humano no debería interferir en el funcionamiento de la naturaleza. Sin entrar en una discusión filosófica acerca de lo que debe entenderse por natural, es importante insistir en que la modificación de las propiedades de los cultivos y el ganado por medio de la biotecnología es, como se dijo recién, sólo el último capítulo de una larga historia iniciada hace miles de años. La agricultura y la ganadería son precisamente el resultado de haber interferido en el funcionamiento de la naturaleza, como ocurre con casi todas las prácticas culturales. Lo que no sabemos, y es algo que no deja de inquietar, es si hay límites que el ser humano no debería trasponer en este proceso de manipulación del medio biológico (Viglizzo, 2001).

c) El traspaso de las barreras específicas

Según piensan algunos, uno de los límites que no deberían trasponerse es el de las barreras específicas. Por ende, la capacidad de insertar genes de una especie en otra ha concitado el rechazo de quienes se oponen a la manipulación de la naturaleza. Prevalece en este plano una creencia muy arraigada, conforme a la cual el cruzar las barreras específicas constituye un paso no natural, y que las especies vegetales o animales construidas con genes de otras, esto es, las especies transgénicas, son un invento peligroso. Sin embargo, no es una creencia del todo correcta, dado que el proceso de modificar, insertar y mezclar genes de diferentes especies ocurre de modo permanente en la naturaleza, si bien con escasa frecuencia. Además, es un proceso del cual se han beneficiado los agricultores desde tiempos muy remotos. Lo único que ha cambiado es la frecuencia y la precisión con que ahora es posible crear especies transgénicas.

Desde los comienzos mismos de la agricultura, el ser humano ha seleccionado las plantas más productivas y aprovechado las variaciones naturales de sus cultivos (Harlan, 1992; Solbrig y Solbrig, 1993). Muchas de las especies cultivadas, como el trigo, las papas, las calabazas, los ajíes y las fresas, tienen un origen híbrido perdido en el pasado, lo que indica que el traspaso de las barreras genéticas específicas ha sido un fenómeno bastante común. Lo que empezó como el aprovechamiento de

los experimentos de la propia naturaleza, se ha convertido en un proceso controlado, ya que desde hace casi un siglo se ha estado experimentando con la hibridación de variedades y especies para obtener rubros agrícolas de mayor rendimiento.

En la ganadería, las barreras específicas son más difíciles de traspasar con métodos tradicionales. Sin embargo, la biotecnología podría tener en la ganadería y la medicina un impacto incluso mayor que el ya registrado en la agricultura. El reemplazar genes defectuosos por otros funcionales es una práctica ya aceptada en la lucha contra ciertos tipos de cáncer humano, ejemplo de lo cual es el transplante de médula.

Otra técnica muy antigua, que también viola la integridad de las especies, es el injerto, que consiste en la creación de una planta con material genético de dos o más especies. Se parte de un pie, obtenido generalmente de semillas, y sobre él se injertan tallos o yemas de otras especies. La planta resultante combina características de dos o más especies, pero esas características se manifiestan mayormente por separado en el pie y el injerto, sin combinarse como en los híbridos, aunque influyen unas sobre otras. Por ejemplo, muchas de las actuales vides comerciales están formadas por una especie nativa de América del Norte (*Vitis lambrusca*), resistente a un insecto que ataca las raíces (*Phyloxera*), especie que se utiliza como pie, y un injerto de una especie originaria del Caúcaso (*Vitis vinifera*), cuyos frutos poseen una calidad comestible muy superior a los de la primera especie. Las peras (*Pyrus communis*) suelen injertarse sobre pies de membrillos (*Cydonia oblonga*), otro ejemplo de dos especies pertenecientes a dos géneros diferentes que se cultivan como una sola. Algo parecido sucede con los manzanos enanos o semienanos, que facilitan enormemente la cosecha. Éstos se obtienen injertando una variedad común, por lo general de tamaño normal, sobre las variedades Malling o Malling Merton. El pie afecta el crecimiento del injerto, con lo cual la energía fotosintética se canaliza, de un modo no establecido aún, hacia la producción de frutos en lugar de la producción de ramas y hojas, y de esa manera se desarrolla finalmente un árbol enano o semienano. En este caso, el injerto y el pie pertenecen a variedades diferentes de la misma especie.

Si bien la hibridación es una práctica común, tiene el inconveniente de ser poco controlable, porque la combinación de dos especies no siempre da origen a variedades benéficas. En la década de 1930, por ejemplo, se descubrió que la variedad argentina de avena Victoria era resistente a la roya del tallo. En consecuencia, fue cruzada extensamente con variedades comerciales de avena, de mayor rendimiento, procedentes del hemisferio norte. Pronto se comprobó, sin embargo, que las nuevas variedades, si bien resistentes a las royas, eran más propensas a contraer una enfermedad

producida por un hongo que hasta entonces no había afectado nunca a la avena, porque la variedad Victoria, pese a su resistencia a la roya, era muy sensible a los ataques de dicho hongo, y esa sensibilidad se había transferido accidentalmente con los híbridos (Yarwood, 1970; Coffman, Murphy y Chapman, 1961).

Estos problemas son en parte resultado de la imprecisión de la técnica de hibridación. Cuando se cruzan dos variedades o dos especies, cada una aporta su propio juego de genes, los cuales se combinan en el híbrido. Es imposible saber qué características va a aportar cada especie, como tampoco se sabe si el resultado será favorable; la biotecnología, por el contrario, permite separar con precisión los genes.

d) Breve historia de la agrobiotecnología

La historia de la biotecnología comienza en 1953, cuando dos científicos de la Universidad de Cambridge, James Watson y Francis Crick, desentrañaron la estructura molecular del ADN. Se trata, posiblemente, del descubrimiento biológico más importante del siglo XX, ya que el ADN es la molécula que contiene la información genética que determina las características de todo organismo. Watson y Crick recibieron el premio Nóbel por su hallazgo.

El descubrimiento desencadenó una intensa actividad científica y dio origen a lo que hoy se llama biología molecular. A mediados de la década de 1960, diversos biólogos moleculares pudieron determinar en detalle cómo funcionan los genes, cómo se transmiten, y precisar su modo de acción. Al comienzo, tales estudios se hicieron casi exclusivamente con bacterias y virus, cuyos genes, aparte de ser menos numerosos, son mucho más simples que los de plantas y animales superiores, pero pronto se empezó a trabajar con organismos más complejos.

Por esa época, algunos investigadores empezaron a cultivar órganos y tejidos vegetales y a tratar de crear clones a partir de células individuales. Tales experimentos culminaron con el trabajo del investigador estadounidense F. C. Steward, el cual, a partir de una célula, produjo una zanahoria en un tubo de ensayo. Estos trabajos de biología básica permitieron conocer el proceso de desarrollo de los vegetales y fueron fundamentales para las aplicaciones prácticas subsiguientes.

La explotación comercial de la biotecnología comenzó en la década de 1970, período en que los biólogos moleculares sabían ya transferir genes de una especie de bacteria o virus a otra, proceso que se denomina ADN recombinante. Bajo esta rúbrica se agrupó una serie de tecnologías que representaban los avances científicos logrados hasta ese momento, los cuales, debido al recelo que causaban, provocaron una violenta

oposición entre los estadounidenses, entre ellos numerosos científicos. La controversia, que empezó a manifestarse en 1970, tuvo su auge entre 1975 y 1977. No obstante, gracias a la rápida repuesta de la comunidad de biólogos moleculares, en pocos años se desvanecieron los temores que había suscitado la técnica del ADN recombinante, inquietud que sin embargo reapareció a fines de la década de 1990 con el cultivo de plantas transgénicas.

La industria biotecnológica propiamente tal nació de la fusión entre la biología molecular y la industria de la fermentación. En efecto, una de las primeras aplicaciones prácticas de la técnica del ADN recombinante consistió en aumentar el rendimiento de las bacterias y levaduras utilizadas en la elaboración de ciertas sustancias de utilidad farmacéutica, como vitaminas y aminoácidos. En los comienzos de la industria, se crearon empresas conjuntas entre investigadores universitarios de gran prestigio, muchos de ellos ganadores del premio Nóbel, y hombres de negocios. La participación de científicos da cuenta de otro rasgo muy importante de la actividad, a saber, que la distinción entre biología pura y biología aplicada, o entre investigación académica e investigación industrial, se hizo cada vez más difusa (Rabinow, 1996).

En 1971, la compañía francesa Roussel-Uclaf, que fabricaba vitamina B_{12} mediante fermentación bacteriana, firmó un convenio con la Cetus Corporation para mejorar el rendimiento de las cepas por medio de la tecnología recombinante. La experiencia fue positiva, pues las nuevas cepas mostraron un rendimiento mucho mayor que las anteriores, y de ese modo se inició el desarrollo industrial de la biotecnología (Rabinow, 1996). A ello se sumaron después numerosos productos, y en el presente, todas las levaduras utilizadas en la confección de pan, queso, vino y cerveza son de origen transgénico.

En la década de 1970, el desarrollo de la biotecnología estuvo íntimamente ligado al de la ingeniería genética de microorganismos, esto es, la modificación de su material genético. Entre los productos elaborados en ese período figuran el interferón humano, la insulina humana y la hormona humana del crecimiento. Otro producto importante de la naciente industria fueron las bacterias capaces de degradar petróleo, muy eficaces para combatir los derrames de petróleo que comenzaban a ocurrir con regularidad por esas fechas. Este último descubrimiento llevó a una decisión de la Corte Suprema de los Estados Unidos de enormes repercusiones.

En efecto, en 1980, el alto tribunal, en un fallo dividido de cinco votos a favor y cuatro en contra, dictaminó que podía patentarse un organismo que poseyese características nuevas como resultado de la manipulación genética. La decisión tuvo como consecuencia un aumento de la afluencia

de capital especulativo hacia la industria en ciernes, lo que se tradujo en un crecimiento espectacular de ésta.

Hasta 1983, los organismos transgénicos habían sido sólo bacterias Sin embargo, ese año se produjeron las primeras plantas transgénicas, pues se transfirió el gen β-faseolina de una especie de *Phaseolus* (porotos, frijoles) a plantas de girasol y tabaco (*Nicotiana*) (Murai y otros, 1983). Al mismo tiempo, y en forma independiente, se modificaron plantas de tabaco para expresar genes de otras plantas, utilizando para ello vectores de *Agrobacterium tumefaciens* (Horsch y otros, 1984). Esta nueva técnica habría de convertirse en el caballo de batalla que hizo posible la agrobiotecnología (Kung, 1993). La primera variedad transgénica comercial fue una variedad de tabaco resistente a virus, que fue comercializada por el Gobierno de China en 1992 (James y Kratinger, 1996).

3. Las principales técnicas de la agrobiotecnología

Si bien suele asociársela a la ingeniería genética y la producción de variedades transgénicas, la agrobiotecnología utiliza toda una gama de herramientas derivadas de investigaciones en biología molecular, entre las que destacan la micropropagación y el cultivo de células y tejidos; la fusión de protoplasmas; el cultivo de polen, y la transferencia de genes.

a) La micropropagación y el cultivo de células y tejidos

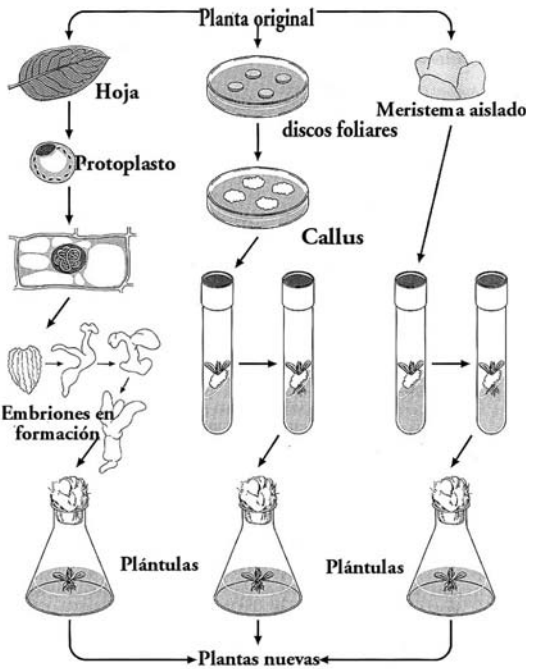
Aunque la manipulación de cultivos se remonta a los comienzos de la agricultura, la agrobiotecnología en sentido estricto empezó, como ya se ha dicho, hace poco más de 30 años. Una de las primeras técnicas desarrolladas fue la obtención de plantas de valor agrícola por medio de la micropropagación y el cultivo de células y tejidos vegetales (véanse los diagramas II.1 y II.2).

Ya en los años veinte se había logrado cultivar órganos de plantas y animales en probetas, y con el tiempo pudo hacerse lo mismo con tejidos y células aisladas. Estas últimas se reproducían, y creaban así otras células iguales a ellas, o formaban un tejido no diferenciado llamado callo o callus. Sin embargo, no formaban nuevos tipos de células o nuevos tejidos; esto es, las células simplemente se reproducían, pero no se diferenciaban. Algo semejante ocurre, por lo demás, en los organismos, pues, a pesar de que todas sus células poseen la misma información genética, sólo unas pocas tienen la capacidad de diferenciarse y dar origen a un nuevo individuo. Gran parte de la información genética contenida en las células está reprimida y no se expresa. Sin embargo, como ya se indicó, en 1963 el investigador estadounidense F. C. Steward (1964) logró producir una

zanahoria a partir de un cultivo de células, lo cual constituyó un verdadero hito en el desarrollo de la biotecnología agrícola, que muy pronto habría de tener aplicación práctica.

Diagrama II.1
REPRODUCCIÓN DE UNA PLANTA MEDIANTE CULTIVO DE TEJIDOS

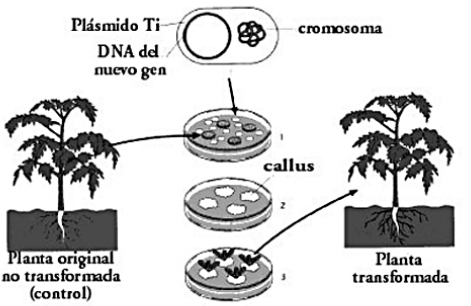
Se toma una hoja de la que se separan las células, un pequeño trozo de hoja o un meristema aislado. Éstos se cultivan en una caja de petri para formar un callo (*callus*), a partir del cual, mediante la aplicación de ciertas hormonas, se obtienen finalmente plantas nuevas.



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de Maarten J. Chrispeels y David E. Sadava, *Plants, Genes, and Agriculture*, Boston, Massachusetts, Jones and Barlett, 1994.

Diagrama II.2
PREPARACIÓN DE UN PLÁSMIDO Ti DE
AGROBACTERIUM PARA TRANSFERIR UN GEN

De una planta no transformada se toman trozos de hoja y se mezclan con el plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens*. Éste invade las células de los trozos de hojas y se produce una nueva planta, que contiene ahora el gen nuevo transferido por el plásmido Ti.



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de Maarten J. Chrispeels y David E. Sadava, *Plants, Genes, and Agriculture*, Boston, Massachusetts, Jones and Barlett, 1994.

En suma, el cultivo de tejidos y células vegetales consiste en desarrollar, en condiciones ambientales controladas, partes aisladas de una planta, a las cuales se suministran nutrientes de composición química conocida. En sus comienzos, esta técnica se utilizó en estudios básicos, para identificar los nutrientes que normalmente son necesarios para el desarrollo de un organismo. Con el tiempo se obtuvo esa información para varios cientos de especies, información que es necesaria para la reproducción in vitro de plantas de valor comercial.

Cuando en un cultivo agrícola aparece una mutación favorable, el proceso de aislarla e incorporarla a otras variedades por medio de cruces es sumamente impreciso y lento, pues toma años de trabajo. Por el contrario, con el cultivo de tejidos y células es posible reproducir la mutación en cuestión de meses, siempre y cuando la especie pueda ser cultivada artificialmente en el laboratorio. Ello reduce enormemente el costo de propagación de las mutaciones favorables: hoy en día, por ejemplo, el cultivo de células permite producir plantas ornamentales a precios muy bajos. Otra valiosa aplicación tiene lugar en la industria frutícola, donde usualmente se obtienen nuevas variedades gracias al cultivo de tejidos.

Más de 1.000 especies de plantas han sido producidas hasta ahora con esta tecnología. La micropropagación consiste en cultivar tejidos embrionarios en medios estériles, generalmente agar-agar. Su principal ventaja reside en que permite propagar individuos y variedades superiores sin modificar su estructura genética, lo cual es de suma importancia en la propagación de árboles de todo tipo. Otra gran ventaja consiste en que el acortamiento de los tiempos reduce considerablemente los costos de propagación.

Entre los beneficios del método figura también la obtención de plantas libres de virus, los cuales suelen transmitirse de una generación a otra a través de las semillas. Con esta técnica, en cambio, es posible obtener plantas en perfectas condiciones sanitarias, pues para ello se necesita únicamente trabajar con meristemas libres de virus. Con todo, no es valiosa sólo desde el punto de vista comercial, pues la micropropagación y el cultivo de tejidos y células sirven para la conservación de especies amenazadas de extinción, gracias a la rápida multiplicación de individuos que luego pueden volver a implantarse en su hábitat natural.[1]

b) Fusión de núcleos y cultivo de polen para crear híbridos interespecíficos

El cruzamiento de dos especies vegetales no emparentadas se ve obstaculizado por los fenómenos de incompatibilidad e incongruidad. La incompatibilidad, que impide la formación de híbridos entre especies emparentadas e incluso de individuos incompatibles dentro de una misma especie, se debe a la actividad de una serie de genes conocidos como alelos S. Por su parte, la incongruidad obedece a la falta de complementariedad entre el genoma de las dos especies que se trata de cruzar, lo cual provoca el aborto del embrión durante el proceso de embriogénesis (Hogenboom, 1973). La incompatibilidad es una valla algo más fácil de salvar que la de la incongruidad, aunque las técnicas biotecnológicas han permitido saltar ambas barreras y obtener híbridos interespecíficos.

La hibridación es una herramienta de gran valor en lo concerniente a devolver a un cultivo la variabilidad genética que ha perdido a lo largo del proceso de selección artificial. En efecto, como resultado de la selección natural, las plantas silvestres son, en su mayoría, genéticamente diversas. Al seleccionar en cada generación sólo aquellas plantas que poseen ciertas características, el agricultor y el fitotécnico tienden a reducir esa variabilidad, con lo cual disminuye la capacidad de mejorar el cultivo. La hibridación permite incrementar nuevamente la variabilidad.

---

[1] En estos experimentos debe tenerse presente la variabilidad genética de la población, para tratar de mantener la mayor diversidad posible.

Por el contrario, en la horticultura, sobre todo en la ornamental, se buscan variedades con características novedosas y, por lo tanto, se procura aumentar al máximo la diversidad. La hibridación desempeña una función de peso en esta búsqueda.

Aquello que define a una especie es la circunstancia de que todos los individuos pertenecientes a ella pueden cruzarse libremente entre sí, pero no con individuos de otras especies. Sin embargo, hay muchas excepciones a esta regla, sobre todo entre las especies vegetales. Los híbridos entre especies emparentadas pueden emplearse para introducir nuevos genes en un cultivo, los cuales sirven, por ejemplo, para proteger a la planta contra pestes o insectos, mejorar el vigor de la especie o aumentar el rendimiento.

No obstante, existen ciertas técnicas que permiten cruzar incluso especies que normalmente no lo hacen. Por ejemplo, muchas veces, debido a la incompatibilidad, el polen de una especie no germina en el estigma de otra; pero si se mezclan dos tipos de polen, esto es, el polen compatible de la especie que se utiliza como planta madre —polen que ha sido previamente esterilizado— y el polen de la planta que se está utilizando como padre, el polen compatible, a pesar de ser ahora estéril, puede en ciertos casos germinar sobre el estigma, con lo cual facilita que el polen foráneo germine a su vez y fertilice la planta, dando origen de esa manera a híbridos interespecíficos o, en otras palabras, a plantas transgénicas (Van Tuyl y De Jeu, 1997). Estas técnicas se han estado utilizando exitosamente desde hace un tiempo para obtener híbridos transgénicos y transferir genes de una especie a otra.

c) Creación de plantas transgénicas

Los avances más importantes de la biotecnología han tenido lugar en la manipulación de genes de plantas y animales. Ésta es el área de estudio que más controversias ha despertado, y es también el proceso menos entendido por el público.

La tesis básica de la agrobiotecnología es que prácticamente todas las características importantes de los cultivos pueden ser mejoradas por medio de la manipulación genética, entre ellas, por ejemplo, las tasas de fotosíntesis, la resistencia a la sequía y las heladas, la capacidad de crecer en suelos salobres o muy ácidos, y la resistencia a las enfermedades y pestes. El propósito de la manipulación es trasladar los genes responsables de esas características desde las especies silvestres a las cultivadas. Eso es, por lo demás, lo que se ha estado haciendo desde hace mucho mediante la selección y la hibridación. La biotecnología provee herramientas que

permiten acelerar considerablemente el proceso. Sin embargo, se trata de un procedimiento más complejo de lo que parece.

En primer lugar, los conocimientos genéticos y fisiológicos a este respecto son aún limitados. Mientras no se hayan conocido a fondo los procesos bioquímicos que confieren las características deseadas, es imposible identificar con precisión los genes responsables de ellas. Otro problema consiste en que las características rara vez están controladas por un sólo gen. En consecuencia, los estudios se han concentrado hasta ahora en procesos de determinación genética simple, especialmente aquellos que guardan relación con resistencia a pestes y enfermedades y mejoras en la calidad de las proteínas y aceites, características todas con una determinación genética relativamente sencilla. Los productos así obtenidos se utilizan hoy ampliamente, pero todavía está por cumplirse la promesa de producir rubros de características totalmente nuevas.

Para transferir genes foráneos a una planta, se recurre al proceso natural, mediado por virus y bacterias, que ocurre con cierta frecuencia en la naturaleza. Los investigadores Josué Lederberg y Edward Tatum fueron los primeros en descubrir, en 1947, que los genes pueden transferirse normalmente de una especie a otra en la naturaleza. Trabajando con bacterias, Lederberg comprobó que ciertos genes pasaban de una especie de bacteria a otra, a través de partículas de virus bacterianos llamadas plásmidos. Los plásmidos son trozos de ADN, y a veces de ácido ribonucleico (ARN), que en ciertas condiciones pueden transferirse también a organismos superiores.

Aunque la introducción experimental de nuevos genes en una planta es, en teoría, un proceso relativamente simple, no lo es tanto en la práctica, pues para ello se requieren varios pasos. El primero consiste en identificar en el genoma de la planta, animal o bacteria donante, dentro de los cientos de miles de genes que posee el organismo, el gen específico que se desea transferir. Este paso exige estudios fisiológicos moleculares para descubrir el producto primario —enzima— que produce el gen en cuestión. Éste es, en la actualidad, uno de los principales escollos de la agrobiotecnología, pues el conocimiento de la función de los cientos de miles de genes de plantas y animales continúa siendo rudimentario.

Una vez identificado el gen y localizado en el genoma del organismo donante, es necesario aislarlo del resto de los genes, lo cual constituye el segundo paso del proceso. Para ello se extrae el ADN del donante y, mediante el uso de enzimas de restricción, se lo divide en varios trozos. Las enzimas de restricción son de un tipo especial (endonucleasas), que tienen la propiedad de dividir la molécula de ADN. Sin embargo, los cortes no se hacen al azar, pues la enzima divide la molécula de ADN sólo allí donde encuentra una secuencia especifica de bases. Al cortar la cadena, se

producen dos pequeños trozos de ADN, que pueden fusionarse con otros similares separados también por las mencionadas enzimas. A esos trozos se los llama "terminales pegajosas". Las primeras enzimas de restricción fueron descubiertas a comienzos de la década de 1970, y desde entonces se han descubierto por decenas, de tal modo que son ya tan comunes que pueden obtenerse libremente en el comercio. Como cada gen tiene una secuencia de bases específica, el investigador trata de utilizar enzimas de restricción que corten el gen en los extremos y no en el medio, para separarlo del resto de la cadena del genoma.

El tercer paso consiste en preparar el gen para insertarlo en la planta huésped. Para ello se hace uso de un plásmido. Una vez infectada la planta con el virus e insertado el plásmido en el genoma, la planta huésped comienza a expresar el gen. En 1990, J. C. Sanford, de la Universidad de Cornell, inventó una máquina de aire comprimido para insertar directamente genes en las células. La máquina lanza partículas a gran velocidad que, después de atravesar la pared celular y la membrana del núcleo, se insertan en el núcleo de la célula huésped. Por razones no bien entendidas aún, el ADN inyectado de esa forma se incorpora al genoma de las células del huésped, que entonces pueden expresarlo. Otro modo de transferir genes de una especie a otra es infectar con un virus las células de la especie donante del gen. Por medio de técnicas parecidas a las descritas, se seleccionan las partículas de virus que poseen el gen deseado y se infectan con ellas las células de la especie objetivo. Una vez infectadas, se seleccionan aquellas que han recibido el gen, para multiplicarlas después mediante el cultivo de tejidos. Lo único que se necesita es un virus que sirva de puente entre ambas especies.

4. El uso de la biotecnología en la agricultura

En esta sección se describirán algunos productos biotecnológicos ya en funciones o en proceso de investigación, y se analizarán, asimismo, los problemas actuales y potenciales derivados de su existencia.

a) Multiplicación de nuevas variedades mediante cultivo de tejidos

La producción de una nueva variedad mediante los métodos fitotécnicos tradicionales suele demandar bastante tiempo, por lo general de 10 a 12 años. Normalmente se comienza, por ejemplo, con un híbrido intraespecífico entre un individuo que posee alguna característica deseada, como resistencia a una determinada enfermedad, y otro perteneciente a una variedad de alto rendimiento. Por medio de retrocruzas e identificación

en la progenie de plantas con el rasgo deseado, se van seleccionando, en generaciones sucesivas, individuos resistentes y de buen rendimiento, hasta que se obtiene una variedad de alto rendimiento y muy resistente a la enfermedad en cuestión. Ahora bien, el cultivo de tejidos y la micropropagación permiten acelerar casi 25 veces el proceso, ya que con ellos pueden obtenerse más de dos generaciones en un año.

Otra aplicación de gran utilidad es la identificación y selección de mutaciones, porque usualmente son necesarias nuevas mutaciones para aumentar la variabilidad de una serie de características, por ejemplo, resistencia a pestes y enfermedades y mayor rendimiento. Como se ha dicho, estas mutaciones suelen presentarse en forma espontánea, aunque con escasa frecuencia, en un cultivo, y también pueden ser inducidas con radiaciones o ciertos agentes mutagénicos químicos. El cultivo de células, en cambio, permite identificar el rasgo deseado sin tener que cultivar la planta completa, por lo cual se puede investigar un número mucho mayor de individuos. La palma aceitera fue uno de los primeros árboles mejorados con esta técnica; posteriormente, gracias a la micropropagación, fue posible reproducir rápidamente especímenes de palma aceitera dotados de mejores propiedades, tales como mayor rendimiento, menor tamaño —para facilitar la cosecha— y aceite de mejor calidad (Moffat, 1999).

b) Creación de variedades transgénicas con técnicas biotecnológicas

De 1992 en adelante, se han introducido en la agricultura comercial numerosas variedades transgénicas con características agronómicas favorables (James y Krattinger, 1996; James, 1999a y 1999b; Moffat, 1999; Persley y Doyle, 1999). Es probable que ninguna tecnología agrícola haya tenido una difusión tan rápida como ésta. Como se indicó, la primera variedad transgénica comercial fue introducida en 1992, y en 1995 ya se cultivaban nueve variedades transgénicas en seis países. En 1998 se sembraron 28 millones de hectáreas en todo el mundo con más de 40 variedades transgénicas, especialmente en Argentina, Canadá y los Estados Unidos, países que en conjunto concentraban en 2000 cerca de 80% de la superficie mundial de transgénicos (18% en Argentina, 6% en Canadá y 55% en los Estados Unidos). En otros países, sobre todo en Japón y en Europa, la introducción de estos productos ha encontrado gran resistencia. En el año 2000, según se estima, el valor de la producción mundial de transgénicos oscilaba entre 2.000 millones y 3.000 millones de dólares (James y Kratinger, 1996).

Dos características agronómicas, la resistencia a los herbicidas y la resistencia a las enfermedades, han predominado en la elaboración de

estos productos (véase el cuadro II.2). Los genes transferidos provienen mayoritariamente de bacterias. El número de rubros involucrados es bastante reducido, con énfasis en maíz, soja, colza y algodón. También se han obtenido variedades dotadas de proteínas y aceites de mejor calidad. Se está investigando el modo de obtener variedades aptas para regiones marginales, donde prevalecen suelos ácidos o salobres, y regiones con estrés hídrico. Por otra parte, los transgénicos han dado pie a una aplicación completamente nueva, consistente en el uso de plantas y animales como verdaderas factorías para la elaboración de compuestos químicos de alto valor.

El hecho de que en esta primera fase haya predominado la producción de variedades de mejores características agronómicas por sobre la de variedades de mejores características alimenticias, como lo prueba el escaso número de éstas que han llegado al mercado, obedece ante todo a la necesidad de convencer a los propios agricultores acerca de las bondades de estos productos, a fin de expandir su uso y establecer en forma sólida la tecnología transgénica. Cabe acotar que, debido a la falta de ventajas alimenticias, los consumidores han tendido más bien a rechazar estos productos.

Cuadro II.2
VARIEDADES TRANSGÉNICAS: ORIGEN Y EFECTOS

Cultivo	Origen del gen	Efecto
Papas (Solanum tuberosum)	Gallinas	Resistencia a enfermedades
	Gusano de seda	Resistencia a enfermedades
	Waxmoth	Reducción de daños en transporte
	Bacteria	Resistencia a herbicidas
	Bacteria	Resistencia a insectos y virus
Maíz (Zea mays)	Trigo	Resistencia a insectos
	Bicho de luz	Introducción de genes marcadores
	Bacteria	Resistencia a herbicidas
	Bacteria	Polen estéril
	Bacteria	Resistencia a insectos
Soja (Glycine max)	Bacteria	Resistencia a herbicidas
	Bacteria	Aceite de mejor calidad

continúa

Cultivo	Origen del gen	Efecto
Tomates (Lycopersicum esculentum)	Flounder	Resistencia a heladas
	Virus	Resistencia a enfermedades
	Bacteria	Resistencia a insectos
	Bacteria	Maduración modificada
Tabaco (Nicotiana tabacum)	Hamster chino	Mayor producción de esteroles
Arroz (Oryza sativa)	Porotos y arvejas	Nuevas proteínas
	Bacteria	Resistencia a insectos
Remolacha azucarera (Beta vulgaris)	Bacteria	Resistencia a herbicidas
Zapallos, melones, pepinos, girasol	Nuez de Pará	Nuevas proteínas
	Bacteria	Maduración modificada
	Virus	Resistencia a virus
Colza (Brassica napus)	Hongo	Aceite de mejor calidad
	Bacteria	Resistencia a herbicidas
	Bacteria	Polen estéril
	Umbellularia californica	Aceite de mejor calidad
Alfalfa (Medicago sativa)	Bacteria	Producción de una vacuna oral contra el cólera
Lechuga, pepinos	Tabaco, petunia	Resistencia a enfermedades
Algodón (Gossypium sp.)	Bacteria	Resistencia a herbicidas
	Bacteria	Resistencia a insectos
	Tabaco	Resistencia a herbicidas
Lino (Linum utitatissimum)	Bacteria	Resistencia a herbicidas
Papaya (Carica papaya)	Virus	Resistencia a virus

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

c) Resistencia a herbicidas

Para conseguir buenos rendimientos es esencial controlar las malezas, porque éstas compiten con el cultivo comercial por los nutrientes, el agua y la luz, hecho que se traduce en pérdidas de rendimiento del orden de 10% y 20% del valor del producto. El control de las malezas es particularmente importante en las primeras fases del cultivo, cuando es más susceptible a la invasión de aquellas.

Hasta mediados del siglo XX, el control de las malezas se hacía en forma manual, lo que exigía el uso de gran cantidad de mano de obra, con el consiguiente encarecimiento de los productos. En la segunda mitad del siglo XX se introdujeron herbicidas químicos para combatirlas, lo cual trajo consigo problemas de índole ecológica, como degradación de los suelos, y riesgos para la salud humana. En este plano, el aporte de la agrobiotecnología consiste en haber producido rubros más tolerantes a los herbicidas, los cuales, por ese mismo hecho, ejercen su efecto de modo más específico sobre las malezas, hecho que se traduce, a su vez, en el uso de menores volúmenes de herbicidas.

Sin embargo, no todos los cultivos comerciales son resistentes a los herbicidas, aun en dosis bajas. Pese a ello, han podido obtenerse por selección variedades más resistentes, entre las que cabe mencionar algunos tipos de soja resistentes al herbicida metribuzin (Barrentine, Edwards y Hartwig, 1976; Barrentine y otros, 1982), ciertas variedades de maíz resistentes a herbicidas con sulfonilurea (Harms y otros, 1990) y variedades de colza resistentes a la atrazina (Beversdorf y otros, 1989; Maltais y Bouchard, 1989).

También es posible trasladar resistencia de una especie a otra. Ello ha podido hacerse merced a mutaciones obtenidas por radiación y selección posterior. Sin embargo, estos métodos tienen el doble inconveniente de la imprecisión y del tiempo que demanda la producción de nuevas variedades resistentes, desventajas que precisamente es posible evitar con la ingeniería genética (Harms, 1992), pues una vez entendido el proceso de resistencia e identificados los genes correspondientes, es posible producir variedades resistentes a numerosos herbicidas.

No obstante, aun si se pudieran producir rubros tolerantes a todo tipo de herbicida, no es una práctica aconsejable, por diversos motivos. En primer lugar, es necesario fomentar el uso de herbicidas de alta actividad y amplio espectro, a fin de reducir la cantidad aplicada; de descomposición rápida y baja movilidad en el suelo; de acción selectiva, y no dañinos para las especies acuáticas, las aves y los mamíferos, entre ellos los seres humanos. Si se observan tales criterios, el desarrollo de variedades tolerantes a los herbicidas puede resultar favorable para el medio ambiente, pues con ello se reducen los volúmenes aplicados.

Existe el temor de que la introducción de variedades tolerantes a los herbicidas lleve a un aumento en el uso de éstos, y se teme también que la producción de variedades resistentes provoque una ampliación de la superficie sembrada con estos rubros y, por ende, un incremento en el uso de herbicidas. Finalmente, cabe la posibilidad de que las malezas adquieran resistencia al herbicida. Aunque ello no es improbable, debe tomarse en cuenta que tal inconveniente puede presentarse por igual con

variedades convencionales o con variedades transgénicas. Para evitar que las malezas se vuelvan resistentes, es aconsejable rotar los cultivos y los herbicidas. También conviene crear variedades resistentes a más de un herbicida.

d) Resistencia a pestes y enfermedades

Entre 20% y 40% de la producción agrícola mundial se pierde anualmente a causa de enfermedades o ataque de insectos. La naturaleza opera en un equilibrio dinámico, conforme al cual plantas y enfermedades evolucionan en una suerte de escalada bélica constante: las primeras van modificando y fortaleciendo sus defensas, mientras las segundas cambian sus mecanismos de agresión. Los seres humanos han agravado el problema de pérdida de cultivos, pues no sólo han contribuido a difundir malezas y pestes (Crosby, 1993), sino que han optado por el monocultivo extensivo, con lo cual las pérdidas han pasado a un rango superior: en efecto, al seleccionar plantas cada vez más digeribles, es decir, menos tóxicas y más indefensas, el ser humano ha formado un acervo de plantas más vulnerables.

Para reducir las pérdidas por enfermedades y pestes, se han utilizado básicamente dos estrategias: la selección de variedades resistentes y el combate químico. Aunque los resultados de la primera modalidad no son del todo claros, existe consenso en que la guerra química ha tenido efectos secundarios ambientales sumamente negativos, sobre todo en lo que atañe a contaminación de acuíferos y cursos de agua, destrucción de insectos y aves benéficas, y reducción de la biodiversidad (Carson, 1962; Pimentel y Levitan, 1986). La estimulación de las defensas internas de la planta es claramente preferible al combate químico, en conjunto con una serie de prácticas agronómicas, tales como rotación de cultivos, cultivo en tiras, agroforestería, cultivos mixtos y manipulación de los tiempos de siembra, prácticas que son conocidas bajo la rúbrica común de manejo integrado de pestes. La ingeniería genética puede desempeñar un rol importante en esta batalla.

Entre los primeros productos transgénicos introducidos en el mercado están los maíces Bt, establecidos bajo el nombre comercial de maíces *YieldGuard* ("defensores del rendimiento"). Éstos contienen un gen que protege contra ciertos insectos, sobre todo lepidópteros y coleópteros. Un abordaje prometedor en este plano consiste en utilizar productos transgénicos que reduzcan el metabolismo del insecto, con el fin de que actúen específicamente como inhibidores del aparato digestivo de éstos. Como tales productos transgénicos no son tóxicos, los insectos no dejan de comer el tejido vegetal, pero mueren antes de reproducirse al no poder digerir lo que comen. Si bien estos productos existen, no

se han comercializado hasta ahora, porque no confieren una resistencia total.

e) Mejoramiento de propiedades para el cultivo en zonas marginales

Un problema serio para la agricultura es la presencia en gran parte de los suelos, sobre todo en los trópicos, de metales pesados, que suelen ser tóxicos para los cultivos. El aluminio, por ejemplo, es uno de los metales más abundantes en la superficie terrestre, y en suelos ácidos afecta a los cultivos. Una solución fitotécnica consiste en transferir a los cultivos sensibles al aluminio la resistencia que poseen algunas especies silvestres, pero éste es un proceso lento e incierto, que se ha visto limitado por la necesidad de trabajar con especies afines al rubro, y que en definitiva no ha dado buenos resultados hasta ahora. En contraste, con el enfoque biotecnológico es posible aislar los genes responsables de la resistencia de las especies silvestres y transferirlos a los rubros comerciales. También se están estudiando los mecanismos por medio de los cuales las plantas pueden crecer en suelos salobres y en condiciones de estrés hídrico. De hecho, desde hace mucho se ha procurado mejorar diversos cereales, sobre todo trigo, para que soporten el estrés hídrico, pero infortunadamente los resultados han sido decepcionantes. No obstante, no se pierde la esperanza de tener mayor éxito con la biotecnología.

Cuando una planta es sometida a estrés ambiental, como falta de agua, altas temperaturas o un desequilibrio de nutrientes, suele perder vigor y capacidad competitiva. Los efectos fisiológicos más comúnmente observados en estos casos son la reducción de la capacidad de absorber y transportar nutrientes y metabolitos, la disminución de la tasa fotosintética, y la intensificación del metabolismo de las células y de la planta en su conjunto. Además, se producen otros cambios en esta última, como cierre de estomas y caída de hojas, que reducen la pérdida de agua. Por el contrario, las especies resistentes a la sequía responden a la falta de agua mediante otros mecanismos: por ejemplo, desarrollan hojas más pequeñas y cutículas más gruesas y modifican los mecanismos osmóticos de la célula, respuesta que se está estudiando en el presente como primer paso para obtener plantas resistentes al estrés hídrico, al tiempo que, como segundo paso, se procura identificar los genes correspondientes para incorporarlos después a los cultivos.[2]

Otra estrategia en que se ha trabajado desde hace largo tiempo es la de cruzar trigo (*Triticum sp*.) con centeno (*Secale cereale*), mucho más resistente que el primero al estrés hídrico, a objeto de producir híbridos (*Triticale*) que, junto con conservar las características alimenticias del

trigo, soporten mejor la sequía. De hecho, hace ya más de 50 años que se obtuvieron híbridos de trigo y centeno, pero el resultado no ha sido del todo satisfactorio, porque si bien son más resistentes que el trigo a la falta de agua, dejan mucho que desear en lo concerniente a la calidad de la harina.

f) Mejoramiento de las propiedades de granos y aceites

Aunque lentamente, se han alcanzado indudables progresos con las técnicas tradicionales en el mejoramiento de las semillas, proceso que habrá de acelerarse con la aplicación de técnicas biotecnológicas. De hecho, ya se han obtenido semillas de maíz y soja de mejor calidad, que están sólo a la espera de aprobación para ser lanzadas al mercado (Mazur, 1995). Para ello se ha recurrido a dos estrategias. La primera consiste en combinar métodos tradicionales de mejoramiento con técnicas biotecnológicas, esto es, se produce un gran número de individuos de maíz y de soja, y luego sus semillas son sometidas a pruebas rápidas pero rigurosas de calidad. Posteriormente se estudian con mayor detalle las plantas que poseen las características deseadas, con el fin de identificar los procesos fisiológicos y genéticos responsables de la mejor calidad conseguida. La segunda estrategia apunta a identificar los genes responsables de un rasgo deseado y estudiar su metabolismo y herencia; después, por medio de los métodos ya mencionados, se insertan los genes deseados en la planta objetivo. Ejemplo de ello es la producción de maíz con alto contenido de lisina. Dos enzimas cruciales en el metabolismo de la lisina son la aspartoquinasa y la sintetasa del ácido hidrolipcolínico, que son inhibidas por la lisina y que, por lo tanto, limitan la cantidad de lisina que produce la planta. Falco (1995) aisló dos variantes de estas enzimas que no eran inhibidas por la lisina y las transfirió posteriormente, mediante técnicas biotecnológicas, a plantas de maíz.

g) Uso de plantas como factorías

Las aplicaciones de la agrobiotecnología descritas hasta ahora no son sino extensiones de los métodos tradicionales de mejoramiento genético. Sin embargo, hay una aplicación totalmente nueva, que se caracteriza por utilizar plantas como verdaderas factorías para la producción de compuestos químicos.

---

[2] En el Centro de Agrobiotecnología de Godollo, Hungría, se ha identificado ya cierto número de genes que confieren resistencia a la sequía y se han creado los plásmidos correspondientes. Éstos fueron insertados en plantas de tabaco, las cuales resultaron efectivamente más resistentes al estrés hídrico (Jenes y otros, 2000).

La idea es muy simple. Prácticamente todos los compuestos químicos que son de interés para el ser humano son producidos por algún microorganismo. Sin embargo, no siempre es fácil cultivar microorganismos, y su rendimiento suele ser bastante bajo. De modo que si se pudieran identificar los genes que confieren a una bacteria la capacidad de producir determinado compuesto, sería posible transferir esos genes, mediante procedimientos biotecnológicos, a una planta o un animal, que actuarían de ese modo como productores del compuesto en cuestión. Como es obvio, resulta más económico cultivar plantas o criar animales que construir fábricas, aparte de que hay mucha más experiencia en cuanto al modo de cultivar o criar en forma eficiente. En suma, es preferible utilizar plantas a cultivar bacterias (y posiblemente más rentable también). También es aconsejable producir estos compuestos en forma biológica y no, como se ha hecho hasta ahora, con métodos químicos, que son muy contaminantes.

5. Biotecnología y agricultura: posibles problemas

Ninguna tecnología reciente ha despertado tanta oposición entre los consumidores como la agrobiotecnología (Grant, 2001; Di Castri, 2000; Pengue, 2000; Lesinger, 2001). Esta reacción tiene causas múltiples, algunas de las cuales se revisan a continuación.

Como se dijo ya, dos clases de objeciones, intrínsecas y extrínsecas, suelen oponerse al uso de la biotecnología en la agricultura. Las primeras ponen en duda la seguridad alimentaria de los productos biotecnológicos, o los estiman nocivos para el medio ambiente. Las objeciones extrínsecas, de índole más filosófica, tienen que ver con la visión del mundo de sus detractores. Aquí sólo se considerarán las objeciones intrínsecas, esto es, aquellas referidas a los problemas que pueden ocasionar la biotecnología y sus productos en la salud humana y el medio ambiente.

a) Eventuales peligros para la salud humana

En principio, las variedades obtenidas mediante la aplicación de la agrobiotecnología no difieren de las resultantes de otros métodos. El ser humano consume constantemente grandes cantidades de ADN, que son procesadas en el aparato digestivo. Por sí misma, la presencia de trozos adicionales de ADN no provoca ningún problema digestivo nuevo. Ello no quiere decir que todos los productos biotecnológicos sean perfectamente inocuos, pero los problemas que pueden causar, si así ocurre efectivamente, tienen que ver más con la calidad y la cantidad de

metabolitos que elaboran los genes adicionales y no con el hecho de que éstos hayan sido producidos con técnicas biotecnológicas.

Una de las preocupaciones a este respecto es que algunos de los genes introducidos en los cultivos den origen a proteínas o enzimas que, al ser ingeridas, induzcan alergias, esto es, reacciones inmunológicas anormales. Las reacciones pueden ser leves, una mera manifestación cutánea, o graves, es decir, adoptar la forma de choques anafilácticos, que pueden poner en peligro la vida de las personas. Los compuestos responsables de estas reacciones son, en su inmensa mayoría, proteínas, pero sólo un número muy pequeño de proteínas vegetales inducen alergias (Taylor y Lehrer, 1996; Taylor, 1997).

El problema surge cuando, para mejorar un rubro vegetal, se le introduce un gen alergénico y no se especifica o rotula adecuadamente su contenido genético. Ello puede acarrear trastornos a la población. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han propuesto que toda nueva variedad transgénica de consumo humano sea sometida a control, para determinar la presencia de elementos alergénicos y tratar de eliminarlos (FAO/OMS, 1991; 1996, y 2000).

Existe también la preocupación de que el uso de marcadores de antibióticos en la producción de especies transgénicas pueda crear resistencia a éstos en las bacterias que habitan en el aparato digestivo humano. Más inquietante resulta la presencia de ciertas enzimas y proteínas a las cuales el ser humano no ha sido expuesto, como ocurre con muchas de las enzimas provenientes de bacterias. En tal caso, es absolutamente esencial estudiar acuciosamente, en animales y seres humanos, el metabolismo de estos compuestos.

En suma, el hecho de ser transgénico no torna necesariamente peligroso a un producto comestible; pero puede serlo por efecto de los compuestos, sobre todo enzimas y proteínas, producidos por los nuevos genes. Por lo tanto, como concluyen numerosos trabajos al respecto (James y Kratinger, 1996; Juanillo, 2001), es del todo esencial crear instancias que estudien el posible efecto de estos productos sobre la salud en general antes de su lanzamiento al mercado, el cual ha funcionado hasta ahora sin mayores regulaciones. La aparición de los transgénicos vuelve imprescindible ejercer mayor control, a fin de evitar la introducción de sustancias alergénicas o tóxicas.

Aunque el grado de control ejercido sobre la introducción de variedades transgénicas varía de un país a otro, ha sido de todos modos más estricto que aquel que recae sobre la introducción de variedades tradicionales. Sin embargo, en la mayoría de los países se

carece de laboratorios capaces de estudiar, en forma independiente, la calidad alimenticia de las variedades transgénicas, de modo tal que su comercialización suele ser autorizada simplemente sobre la base de los antecedentes aportados por los fabricantes o de los criterios adoptados en otras naciones, específicamente en los Estados Unidos y los países de Europa. Parece esencial, en consecuencia, que en los países en desarrollo se instalen los mecanismos necesarios para ejercer dicho control en forma independiente.

Otro problema es el de la contaminación de la cadena alimentaria. Eso fue lo que ocurrió, por ejemplo, con una variedad de maíz, llamada StarLink, cuyo consumo humano había sido prohibido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, al constatarse que la variedad contenía una nueva proteína de características fisicoquímicas similares a las de ciertas proteínas alergénicas para el ser humano. Pese a ello, la proteína apareció en algunos alimentos de consumo humano, con las consecuencias del caso, probablemente porque el maíz StarLink se había mezclado con otros cereales en el proceso de transporte. Huelga decir que es preciso evitar situaciones de esta naturaleza.

b) Posibles amenazas contra el medio ambiente

El posible impacto negativo de los transgénicos sobre el medio ambiente es también motivo de profunda inquietud. Como se verá a continuación, ello no deja de estar justificado, pero debe tenerse en consideración que el problema es bastante más complejo de lo que suelen sostener los detractores de la biotecnología. Los dos cultivos agrobiotecnológicos de mayor difusión son los resistentes al herbicida glifosato y aquellos a los que se les ha incorporado el gen Bt, que otorga resistencia contra diversos insectos depredadores, principalmente lepidópteros y coleópteros.

Lo temores con respecto a los cultivos resistentes a los herbicidas son fundamentalmente tres: se afirma, en efecto, que el mayor uso de herbicidas químicos dará origen a malezas resistentes a estas sustancias; que el gen responsable de la resistencia se transmitirá por hibridación u otro proceso natural a las plantas silvestres, que de esa manera se convertirían en supermalezas, pues ya no sería posible combatirlas con los métodos actuales; y, por último, que la resistencia al glifosato u otros herbicidas obligará a un mayor uso de herbicidas químicos.

Está comprobado que las malezas pueden desarrollar resistencia a los herbicidas (Heap, 1997), por lo cual, si se generaliza el uso de cultivos resistentes al glifosato, es muy probable que aparezcan malezas resistentes a éste. En tal caso, lo más recomendable, como primera medida, es la

rotación de cultivos, práctica que ofrece la ventaja adicional de evitar que las semillas de las propias malezas se acumulen en el suelo. Otra línea de acción consiste en desarrollar variedades resistentes al glifosato y otros agroquímicos, y en rotar las distintas variedades para evitar el uso repetido del mismo herbicida.

Si se cultivan variedades transgénicas en zonas donde crecen especies silvestres emparentadas, con las cuales, por tanto, podrían cruzarse y formar híbridos fértiles, es muy probable que el gen de resistencia se transmita a las especies silvestres. Si éstas son malezas, su erradicación se vuelve aún más problemática. Nuevamente, es imprescindible que el agricultor, las entidades que producen las variedades transgénicas y las autoridades competentes estén alerta para impedir que ello ocurra. El sorgo del alepo (*Sorghum halepense*) es un posible ejemplo de este tipo de cruzamientos.

Si la introducción de estas variedades lleva a una expansión de la agricultura industrial de altos insumos, ello puede traducirse a su vez en un mayor uso de herbicidas. Es muy probable que el crecimiento de la población mundial, el aumento de los ingresos y el mayor grado de urbanización redunden en una elevación de la demanda de productos agrícolas, lo cual traería consigo una intensificación de la agricultura y una ampliación de la superficie plantada, sea con rubros tradicionales o biotecnológicos. Aunque es difícil estimar el rol que correspondería a estos últimos en ese proceso, cabe pensar que no sería determinante. Sin embargo, si dicho proceso va acompañado de un aumento de la superficie tratada con herbicidas, la existencia de variedades resistentes reducirá la tasa de incremento del uso de éstos.

Por otra parte, también suscita inquietudes el posible impacto ambiental de las variedades transgénicas resistentes a pestes y enfermedades. Se teme, en efecto, que los agentes patógenos o causantes de pestes desarrollen algún grado, mayor o menor, de resistencia; que los genes de las variedades en cuestión se transmitan a especies emparentadas, y por último, sobre todo, que causen daños a la vida silvestre. Hasta ahora, prácticamente todos los insectos han desarrollado resistencia a los productos químicos con que se los combate. Desde su misma aparición en el planeta, las plantas han ido formando diversas substancias para protegerse de sus atacantes, y los insectos, a su vez, han desarrollado procesos fisiológicos para burlar tales defensas. Sin embargo, mientras las diferentes especies vegetales han dado origen a distintos tipos de defensa, cada especie de insecto está en condiciones de anular sólo una o un número reducido de éstas. Ello ha conducido, con el tiempo, a una suerte de especialización de los insectos. Dado que se trata de un proceso que se remonta a millones de años, no parece probable que los seres humanos

puedan producir un compuesto o desarrollar un proceso fisiológico que elimine esta escalada constante de agresión y defensa entre insectos y plantas. Con todo, desde un punto de vista ambiental, es de todos modos preferible desarrollar variedades vegetales resistentes a insectos y pestes, aun sabiendo que a la larga algún insecto o peste necesariamente habrá de romper la defensa, que optar por la lucha química. De esa manera, por lo menos durante el período en que opera la resistencia, se evita la contaminación ambiental con pesticidas o se la reduce considerablemente, y se pone atajo asimismo a los serios problemas de envenenamiento de los trabajadores rurales.

Cabe mencionar, por último, el efecto causado por las variedades resistentes sobre la fauna silvestre. Como es sabido, los genes de resistencia se expresan en todos los tejidos de la planta; de otra manera no darían inmunidad. Basta que un insecto consuma cualquier parte de la planta para verse afectado, y ése es precisamente el objetivo de esta tecnología. Dos problemas surgen de ello: ¿qué pasa si el gen de resistencia se transmite, por hibridación, a una especie emparentada, y qué pasa cuando partes del rastrojo o polen o semillas son dispersadas fuera del predio cultivado con transgénicos?

La transmisión de genes de resistencia a especies emparentadas restará eficacia al ataque de los insectos, en la medida en que éstos no puedan romper la defensa de la especie emparentada. Si ésta es el huésped preferido o único de una especie de insecto en peligro de extinción, lo anterior podría significar la desaparición definitiva de esta especie, lo que representa una razón más para evitar el cultivo de especies transgénicas allí donde crecen especies emparentadas.

La existencia de la agrobiotecnología ha vuelto a plantear esta antigua controversia, sólo que esta vez con posiciones aún más extremas y dogmáticas que aquellas manifestadas en el pasado. Lo único cierto en este sentido, como se ha tratado de mostrar en el presente capítulo, es que la agrobiotecnología es sólo una continuación de la agricultura de altos insumos. Hay quienes están a favor de ella, por estimar que constituye el único medio de satisfacer en un futuro cercano las necesidades alimentarias de la población mundial, mientras otros consideran que los métodos tradicionales bastan para tal propósito. Cualquiera que sea la posición al respecto, queda claro, sin embargo, que es necesario profundizar los estudios generales y globales acerca del impacto de las variedades transgénicas sobre el medio ambiente.

Conclusiones

En este trabajo se ha intentado ofrecer una visión de la agrobiotecnología y su impacto en la agricultura, pues su efecto sobre la ganadería ha sido, por lo menos hasta ahora, de menor envergadura. Se la ha analizado sólo desde un punto de vista científico, sin entrar en disquisiciones filosóficas, y sin tomar en cuenta tampoco su impacto económico y social.

La introducción de prácticas biotecnológicas en el cultivo y comercialización de productos agrícolas ha dado origen, aunque en distinto grado, a un sentimiento de rechazo en casi todo el mundo: muy fuerte en Europa, algo menos acentuado en Japón, y definitivamente más moderado en los Estados Unidos y otros países, donde la oposición está circunscrita a ciertos grupos sociales. En general, la resistencia es mayor en los estratos sociales acomodados, que aparte de no ver ventaja alguna en estos productos, temen que puedan tener por repercusiones negativas sobre la salud humana y el medio ambiente. Otras consideraciones que no se han abordado aquí —como el rol de las empresas multinacionales en la producción y comercialización de variedades transgénicas, la función que han cumplido los Estados Unidos en la propagación de estas tecnologías, y su impacto sobre el medio social rural— desempeñan también un papel indudable en la aceptación o el rechazo de los transgénicos. Detrás de este debate hay enormes intereses económicos en juego: a favor de la introducción de estas técnicas están, por ejemplo, los países exportadores de productos transgénicos y las empresas multinacionales que han invertido enormes sumas en desarrollarlos; en contra están, entre otros, los agricultores tradicionales y el nuevo sector de agricultura comercial orgánica, que temen una posible baja de precios, o los países europeos, preocupados por la posibilidad de tener que incrementar las subvenciones estatales entregadas a la agricultura si aumentan los rendimientos.

Hace 50 años, muchos pusieron en duda la capacidad de la agricultura de alimentar a una población mundial en rápido crecimiento. El considerable aumento experimentado por los rendimientos agrícolas merced a la revolución verde contribuyó a resolver el problema de la seguridad alimentaria, pues la producción agrícola creció durante varias décadas a tasas superiores a las del incremento de la población (Fernández Alés y Solbrig, 2001). Sin embargo, en ese período aumentó también significativamente la superficie cultivada y se agravaron los problemas ambientales, como erosión de los suelos y contaminación de acuíferos, y los problemas de salud asociados al uso de pesticidas

(Oldeman, Hakkeling y Sombroek, 1990; Cairncross, 1993; McLaughlin y Mineau, 1995; Pimentel y otros, 1995).

La tasa de crecimiento de la población mundial ha bajado de manera notoria en todo el mundo, con excepción de los países africanos situados al sur del Sahara y unos pocos países asiáticos y latinoamericanos. Sin embargo, debido en gran parte a la composición etaria de la población mundial, donde predominan los jóvenes, muchos de los cuales no han alcanzado todavía la etapa de reproducción, la población mundial aumentará en alrededor de 50% en los próximos 50 a 100 años. En consecuencia, habrá entre 3.000 y 4.000 millones de bocas más que alimentar. Hasta ahora, siempre ha aparecido una nueva tecnología agrícola que ha permitido aumentar los rendimientos y cubrir las necesidades alimentarias. Muchos piensan que la biotecnología es esa nueva tecnología, es decir, aquella que va a resolver el problema de la seguridad alimentaria durante el siglo XXI (Pinstrup-Andersen y Cohen, 2000a y 2000b; Serageldin y Persley, 2000). Sin embargo, las tecnologías transgénicas difieren en más de un concepto de las técnicas de la revolución verde, por lo que cabe abrigar algunas dudas acerca de la posible eficacia de aquellas en tal sentido.

En efecto, la revolución verde se propuso desde su comienzo mismo el objetivo de aumentar el rendimiento de los cultivos en el mundo en desarrollo, para lo cual se utilizaron diversos instrumentos y técnicas —fertilizantes, herbicidas, pesticidas, tractores, maquinaria agrícola, variedades seleccionadas de alto rendimiento, híbridos—, cada uno de los cuales tenía una historia de años de aplicación en la agricultura industrial de los países desarrollados. Los impactos sobre el consumidor y el agricultor eran conocidos. La investigación básica estuvo en manos del sector estatal, y sus resultados eran en su mayor parte de dominio público. El paquete tecnológico de la revolución verde fue desarrollado en gran medida en los centros nacionales e internacionales de investigación agrícola, y fue financiado con fondos provenientes mayoritariamente de los países desarrollados. La meta que se perseguía, en los países industrializados así como en los países en desarrollo, era aumentar la seguridad alimentaria de la población mundial.

La investigación en biología molecular, que es la base de la agrobiotecnología, también se desarrolló con fondos públicos, pero en todos los demás aspectos ha seguido una trayectoria muy distinta a la de la revolución verde. La agrobiotecnología fue desarrollada principalmente por el sector privado de los países industrializados, en especial los Estados Unidos, y sus invenciones están protegidas por patentes que restringen su uso. Además, los productos elaborados por las empresas del ramo están concebidos específicamente para su uso en la agricultura industrial de

esos países, con un objetivo netamente comercial. El pequeño agricultor de los países en desarrollo no tiene suficiente poder de compra como para ser de interés para las grandes compañías.

Ello plantea un dilema. El crecimiento demográfico va a tener lugar sobre todo en los países en desarrollo, y es precisamente allí donde la agrobiotecnología podría ser más eficaz en la solución del problema de la seguridad alimentaria. Sin embargo, en su intento de crear variedades transgénicas que sirvan a la agricultura de los países en desarrollo, los institutos públicos nacionales e internacionales de investigación agrícola se encuentran con un obstáculo, porque no sólo los productos, sino también los procesos biológicos en que se basa su elaboración, están protegidos por patentes. Otro problema grave deriva de la reducción que han experimentado los fondos destinados al financiamiento de los programas de ID agrícola en los países en desarrollo.

A los mencionados problemas debe agregarse otro igualmente serio, a saber, las subvenciones otorgadas a la agricultura en los países desarrollados, por efecto de las cuales aumenta la producción y bajan los precios mundiales de los bienes agrícolas. Ello crea enormes dificultades a los productores de los países de agricultura no subvencionada, pues debido a lo estrecho de los márgenes que deja la actividad, no están en condiciones de adoptar las nuevas tecnologías. El resultado de todo ello es la aceleración del deterioro ambiental y un posible incremento de la inseguridad alimentaria.

Los beneficios alimentarios y ambientales —mejor calidad nutritiva, menor uso de pesticidas, mayor rendimiento— que la agrobiotecnología puede brindar a los países pobres, sólo se harán realidad si se adoptan masivamente estas técnicas. No obstante, si el mundo desarrollado termina por rechazarlas, es probable que a pesar de sus posibles beneficios, no lleguen a difundirse mucho más de lo que lo han hecho hasta ahora.

Esta situación pone a la humanidad frente a opciones contradictorias. En los próximos años, la población mundial se incrementará anualmente en cerca de 70 millones de personas, y esa población tendrá que ser alimentada. Si no se adoptan tecnologías de mayor rendimiento, habrá que ampliar la superficie agrícola, en gran parte a costa de la vegetación natural de bosques y sabanas, tierras en gran parte frágiles y poco productivas. Ello puede traducirse en un aumento de la desnutrición y del deterioro ambiental en los países más pobres, y eventualmente en una limitación del crecimiento demográfico, al tiempo que los países ricos seguirán lanzando excedentes agrícolas al mercado mundial sobre la base de subvenciones estatales.

Para evitar esa situación, es imperativo que las autoridades de los países desarrollados contemplen medidas encaminadas a liberar los procesos (no los productos) biológicos en que se basa la agrobiotecnología, a fin de que los institutos nacionales e internacionales de investigación agrícola puedan elaborar productos biotecnológicos para los países en desarrollo, con el propósito último de aumentar los rendimientos y reducir el deterioro ambiental. Ello iría en beneficio de los países en su conjunto, y en especial de los desarrollados, pues reduciría el daño ambiental que perjudica a todos por igual.

La preocupación constante es determinar si los cambios provocados por el ser humano pueden amenazar su propia existencia. De allí el interés por las tecnologías sustentables. Ello obliga a propiciar un debate responsable en torno a la agrobiotecnología, a fin de eliminar los peligros que puede entrañar para la humanidad.

Capítulo III

Innovación y estructura productiva: la aplicación de biotecnología en la producción agrícola pampeana argentina

Roberto Bisang

A lo largo de las últimas décadas, la economía argentina ha evidenciado cambios significativos en su estructura productiva, sus regímenes reguladores y sus formas de articulación con los mercados mundiales. Ello es concomitante con un contexto externo signado por cambios en el paradigma tecnoproductivo, que han estado centrados en dos grandes áreas: la biotecnología y la aplicación de la electrónica al almacenamiento y la transmisión de datos. Ambos avances apuntan a modificar el modelo vigente, y obligan por ello a redefinir, desde una óptica más amplia, los patrones de especialización de las economías nacionales.

Lo ocurrido recientemente en el agro argentino es un ejemplo paradigmático de actividades que adquieren el carácter de dominantes como consecuencia del nuevo modelo de especialización. Una rápida visión de lo acontecido en las últimas décadas permite advertir que la producción agrícola del país ha vivido un proceso de marcado crecimiento e internacionalización, sustentado en: i) el uso en gran escala de tecnologías de producto y proceso acordes con los mejores estándares

internacionales (semillas transgénicas, siembra directa y otras); ii) la expansión de la frontera cultivable merced a la utilización de nuevas técnicas agronómicas, y iii) la presencia de procesos de modernización a lo largo de toda la cadena productiva agrícola.

En este trabajo se examinará el proceso de incorporación de nuevas tecnologías —centrado en el uso masivo de semillas transgénicas para algunos cultivos— que ha conocido el agro argentino en el marco de apertura y desregulación en que opera actualmente la economía. Se postula, como hipótesis, que la introducción masiva de semillas transgénicas, tempranamente adoptadas por los productores locales, se explica, en su intensidad y extensión, sólo por las transformaciones de mayor alcance ocurridas en el paquete agronómico y en la estructura productiva en su totalidad. El proceso puede ser interpretado como un cambio de paradigma tecnoproductivo de corte schumpeteriano —creación destructiva—, donde conviven dos modelos de organización de la producción, cada uno con sus respectivas tecnologías e instituciones. En este contexto, la biotecnología aplicada al agro actúa como catalizador de un nuevo paradigma institucional y productivo.

El trabajo está dividido en tres secciones. En la primera se examina la evolución reciente de la producción agrícola; en la sección 2 se estudia el modo en que el sector primario incorporó nuevas tecnologías durante la década de 1990, especialmente por la vía de los insumos; la sección 3 se centra en la dinámica del proceso productivo en su conjunto. El trabajo se cierra con las conclusiones pertinentes.

1. Los cambios en la producción agrícola en las últimas décadas

a) Los factores del cambio

En el contexto de la estrategia de industrialización mediante sustitución de importaciones que dominó el escenario económico argentino durante varias décadas, el sector primario evidenció un comportamiento poco dinámico. Mientras otras economías del ámbito mundial, con una dotación de factores similar a la local, habían ingresado ya en los años cincuenta a la revolución verde, el sector agrícola argentino entró en ésta con cierto retraso, por lo cual no alcanzó ritmos de crecimiento acordes con sus potencialidades. Las causas de ello residen principalmente en ciertos rasgos estructurales de la sociedad local, entre ellos las formas de tenencia de la tierra y el perfil del empresario agrícola, así como en la falta

de incentivos económicos derivada del desvío de la renta agropecuaria hacia otros estamentos sociales.

Desde comienzos de los años ochenta, y con mayor intensidad en la última década, tuvieron lugar una serie de cambios que tendieron a modificar sustantivamente la dinámica del sector agrario, debido a:

- La incorporación de nuevos cultivos, especialmente soja, lo cual se vio favorecido, intervenciones públicas mediante, por cuantiosas inversiones en las primeras etapas de industrialización de rubros destinados a la exportación, como aceites y otros.
- La adopción paulatina de nuevas tecnologías de proceso, como la siembra directa y los sistemas de rotación de cultivos, las cuales, al modificar hasta cierto punto los paquetes agronómicos anteriores, indujeron un mayor uso de fertilizantes y biocidas. Similar tendencia se observó en el uso de semillas híbridas y, en forma más reciente, de variedades transgénicas.
- La liberación de los precios de los productos y la eliminación casi total de los sistemas de retención y otros impuestos a las exportaciones, lo cual se tradujo en un cambio de los precios relativos con respecto a los vigentes en otros sectores. A ello cabe agregar la desaparición de los precios de sostén y de otras medidas reguladoras, que exponían a los productores locales a los vaivenes de los precios internacionales.
- El desmantelamiento de los mecanismos sectoriales de protección que favorecían la producción local de varios insumos agropecuarios de origen industrial, y su liberación a las fuerzas del mercado, abierto ahora a la competencia externa.

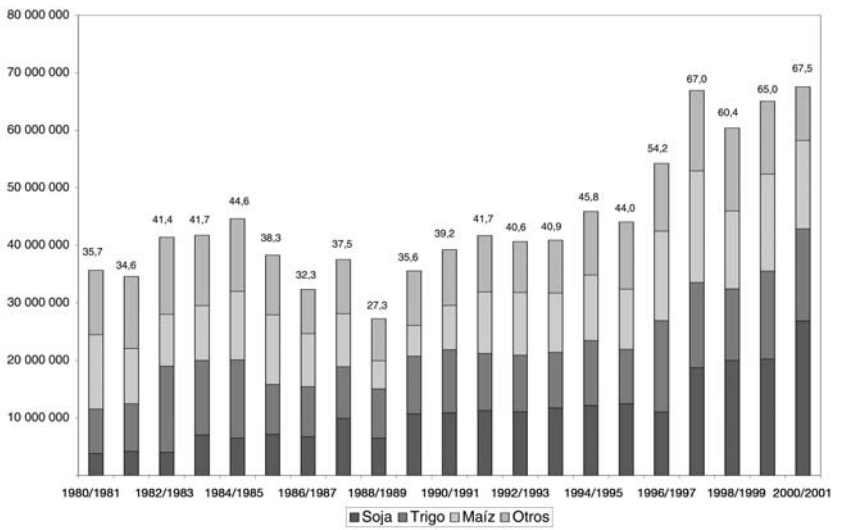
La conjunción de estos factores dio por resultado una clara revitalización del sector agrícola en su conjunto, no sólo en lo que concierne a volúmenes de siembra y producción, sino también a modos de organización de la producción.

b) Evolución reciente del sector agrícola

En las últimas décadas tuvieron lugar cambios de cierta envergadura en el uso de la tierra, merced a los cuales se pasó de una ganadería extensiva y una agricultura convencional hacia una actividad agropecuaria de explotación más intensiva. Además, algunos cultivos tradicionalmente radicados en la región pampeana fueron desplazados, gracias a las nuevas tecnologías, hacia zonas hasta entonces consideradas marginales. El cambio técnico operado en algunas producciones agrícolas y en las técnicas agronómicas, derivó en una expansión de la frontera

cultivable, debida al avance territorial y a una mayor utilización del doble cultivo. Como resultado de ello, en las últimas décadas creció rápidamente la producción en la región pampeana y aumentó en forma leve la superficie cultivada (véanse los gráficos III.1 y III.2).

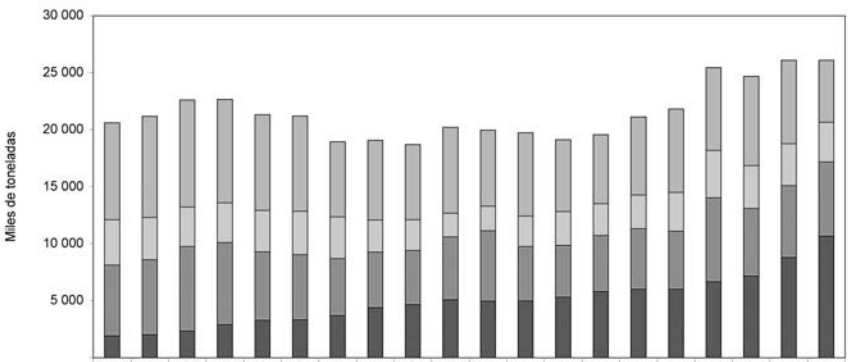
Gráfico III.1
ARGENTINA: EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANOS, 1980/1981-2000/2001
(Toneladas)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Nota: Las cifras decimales de las barras corresponden a millones de toneladas.

Gráfico III.2
ARGENTINA: SUPERFICIE SEMBRADA DE GRANOS, 1980/1981-1999/2000
(Miles de hectáreas)



	1980-81	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	1985-86	1986-87	1987-88	1988-89	1989-90	1990-91	1991-92	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996-97	1997-98	1998-99	1999-00
Otros	8487	8870	9394	9052	8396	8346	6607	6982	6594	7541	6667	7302	6287	6051	6853	7319	7269	7827	7312	5437
Maíz	4000	3695	3440	3484	3620	3820	3650	2825	2685	2070	2160	2686	2963	2781	2958	3415	4153	3752	3681	3498
Trigo	6196	6566	7410	7200	6000	5700	5000	4850	4750	5500	6178	4751	4548	4910	5308	5088	7367	5919	6300	6497
Soja	1925	2040	2362	2920	3300	3340	3700	4413	4670	5100	4967	5004	5320	5818	6011	6002	6670	7176	8791	1066

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Se estima que la producción total de granos y algodón en la campaña 2000/2001 llegó a 67,5 millones de toneladas, lo que constituye uno de los mejores resultados del último quinquenio. Un recorrido temporal más amplio revela dos tendencias: i) un leve crecimiento de la producción desde comienzos de los años ochenta hasta mediados de los años noventa, con lo cual se alcanzó un promedio de 39,5 millones de toneladas al año en el lapso 1980-1995; y ii) una rápida aceleración productiva a partir de mediados de los años noventa, que estableció una nueva meseta a este respecto, superior a 60 millones de toneladas anuales.

La producción agregada tuvo un comportamiento aún más dinámico, sobre todo si se la compara con los niveles registrados en los años sesenta y setenta, cuando era levemente inferior a 25 millones de toneladas anuales.

Estas tendencias generales responden al desempeño de un número acotado de cultivos, que se destacan por sobre los restantes. En efecto, casi 80% de la producción total corresponde a soja, maíz y trigo; más aún, el grueso del dinamismo observado desde mediados de los años noventa corresponde al crecimiento de la soja y, en menor medida, en los últimos dos años, al del trigo y el maíz. Por otra parte, la producción

experimentó un salto de casi 20 millones de toneladas entre 1995 y 2000, que obedeció casi exclusivamente al incremento de la producción de soja, la cual se duplicó en cinco años. Por último, si bien de menor impacto sobre el agregado físico, también es de destacar lo ocurrido con el maíz y el trigo, que han tendido a recuperar en los últimos años la vitalidad que exhibieron en el pasado.

Cabe preguntarse si los mayores volúmenes producidos son el fruto de una ampliación de las fronteras de producción, con el consecuente desplazamiento de otras actividades, como la ganadería, o si, por el contrario, son el resultado de mejoras tecnológicas, entre ellas las formas de organización de la producción. El análisis indica que la superficie total sembrada en el período no experimentó grandes variaciones, al menos no de la magnitud de la producción total (véase nuevamente el gráfico III.2). Aun así, cabe señalar algunos datos que explican en parte el modo en que evolucionó la producción:

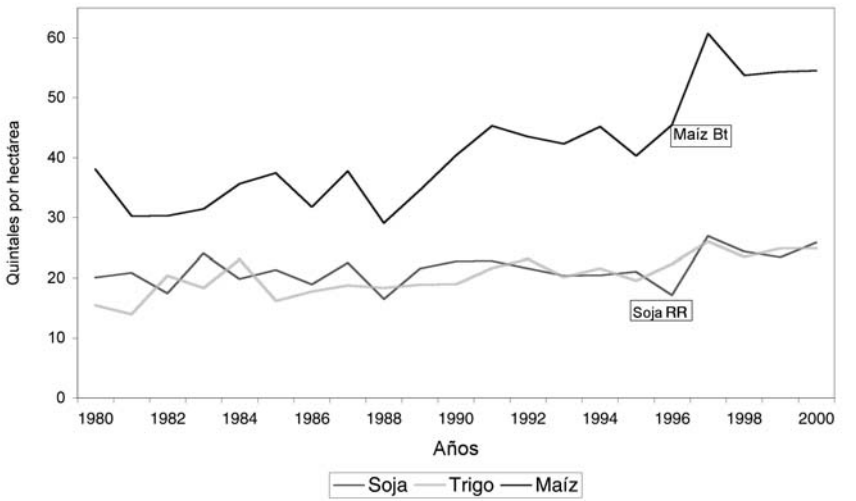
- En 1980, la superficie total cultivada era de alrededor de 20 millones de hectáreas, mientras que el promedio del quinquenio 1995-2000 osciló en torno a 24,5 millones de hectáreas.
- Hubo cambios significativos en la participación de los distintos rubros, con predominio creciente de la soja y, en menor medida, del maíz y el trigo. Cabe destacar también la tendencia creciente hacia el doble cultivo (soja y trigo) como práctica habitual; en otro orden, algunos rubros, como el lino, el girasol y el sorgo, experimentaron cierto desplazamiento, sea como tendencia de largo plazo o durante algunos años.
- La superficie sembrada de soja registró un aumento sostenido: a comienzos de los años ochenta se sembraban poco más de 2 millones de hectáreas; después comenzó a ampliarse en forma sostenida, pero evidenció un mayor dinamismo a partir de 1995, hasta alcanzar cerca de 9 millones de hectáreas en los últimos años.
- La expansión de la soja no se reduce a un reemplazo de otros cultivos en las regiones tradicionalmente maiceras, sino que tiende a extenderse hacia regiones antes consideradas no aptas: así, en el período que va de 1993/1994 a 1998/1999, la superficie total sembrada de soja se amplió casi 50%, pero lo hizo en una proporción de 309% en Entre Ríos, 161% en Santiago del Estero, y 63% en Córdoba, mientras que en Buenos Aires y Santa Fe, el eje de la pampa húmeda, el ritmo de aumento fue inferior al promedio (23%); en otras palabras, la expansión se basó, en parte, en la incorporación de áreas no tradicionales de cultivo.

- En el trigo se dio una secuencia diferente, pues la producción descendió en los años setenta y ochenta, pero luego tendió a aumentar en los años noventa, acompañando la evolución de la soja, como reflejo del uso creciente del doble cultivo de ambos rubros. Ello es atribuible a la difusión de nuevas formas de organización de la producción, basadas en avances tecnológicos, y a la introducción de nuevas variedades.
- Más allá de los cambios anuales asociados al clima, el maíz no ha mostrado mayores variaciones a lo largo de las últimas décadas, con una superficie sembrada que ha oscilado en torno a 3,6 millones de hectáreas. De modo complementario, a comienzos de los años ochenta se retrajo en forma significativa la superficie plantada con sorgo, que finalmente llegó a estabilizarse en unas 800 mil hectáreas al año.

En términos de rendimiento (véase el gráfico III.3), los principales cultivos acusaron una tendencia levemente creciente. Sobresalen a este respecto el maíz y el trigo, con mejoras de cierta importancia a lo largo del último quinquenio. Sin embargo, los promedios encubren otro aspecto resultante de las mejoras técnicas incorporadas. En efecto, como se verá en detalle más adelante, parte de la expansión agrícola ocurrió merced a la ocupación de zonas marginales a la pampa húmeda, en las cuales es posible cultivar ahora, gracias a las nuevas técnicas, rubros como la soja y el maíz, sin que ello implique una disminución del rendimiento promedio.

En síntesis, la producción creció aceleradamente merced al dinamismo de un pequeño número de cultivos, con una lenta incorporación adicional de recursos naturales por desplazamiento de la ganadería o de las producciones regionales y mejoras en el rendimiento promedio. Ello induce a pensar que los avances estuvieron determinados sobre todo por la introducción de tecnología o la adopción de nuevas formas de organización de la producción.

Gráfico III.3
ARGENTINA:
EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO PROMEDIO DE LOS CEREALES, 1980-2000
(Quintales por hectárea)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Nota: El maíz Bt y la soja RR son variedades transgénicas.

2. Apertura económica e incorporación tecnológica

a) Tecnología y producción primaria

Desde tiempos muy remotos, el grueso de las técnicas agrícolas ha radicado principalmente en los conocimientos tácitos del productor. Las vicisitudes climáticas, la especificidad de los suelos y climas en el ámbito regional, en conjunto con otros elementos, incluso de corte cultural, hicieron que la mayor parte de las tecnologías de proceso fuesen codificables sólo en sus grandes trazos, lo cual las tornaba similares, en su dinámica de generación y difusión, a las tecnologías de corte industrial. De esta forma, debido a la gran cantidad de variables que intervienen en el proceso productivo agrícola, la observación y el conocimiento tácito han gravitado poderosamente, desde las primeras etapas de la agricultura, en la operatoria de la función de producción.

La revolución verde modificó parcialmente esa lógica de funcionamiento, con la introducción de tres elementos: la mecanización de la actividad, el uso de fertilizantes y de biocidas, y la utilización de semillas híbridas. La conjunción de estos tres factores, sustentada por la acción de diversos entes públicos, como el INTA y algunas universidades, provocó un salto en la productividad, el cual estuvo basado en los siguientes elementos: i) una determinada forma de organización de la producción —donde intervenían factores tales como el incremento en los niveles de capital fijo, la idea de ciclo articulado con las fases industriales posteriores, el control centralizado por parte del dueño de la tierra, y el elevado peso del conocimiento tácito en la coordinación de los factores—; ii) la introducción de determinadas técnicas de cultivo —entre ellas la roturación como base de implantación, y el uso de semillas híbridas, fertilizantes y biocidas—, y iii) la especialización de la actividad y su coordinación con las etapas subsiguientes de la cadena productiva, con lo cual la producción primaria, antes independiente de la producción industrial y relacionada con ella casi exclusivamente por medio de las transacciones en el mercado, pasó a articularse de modo más estrecho con ésta.

En la última década comenzaron a aplicarse, en el ámbito internacional, nuevas modalidades a la producción de alimentos, tales como la biotecnología y diversas innovaciones metalmecánicas y electrónicas, y todo indica que ese conjunto está llamado a constituir un nuevo modelo de organización de la producción. En el caso particular de la producción primaria, los avances más afianzados se centran en el diseño de semillas con características especiales, a las cuales se han insertado genes de otras especies mediante procedimientos distintos de la fecundación natural o asistida. A diferencia del paradigma tecnológico antes vigente, en el cual la hibridación encaminada a obtener nuevas variedades giraba en torno al cruzamiento selectivo, pero siempre por fecundación, el nuevo modelo requiere la participación de diversas disciplinas y el uso de técnicas sofisticadas, cuyo conocimiento suele estar lejos del alcance de los productores tradicionales de semillas. Los avances marchan en dos direcciones: algunos, no muy numerosos pero de amplia difusión, apuntan a introducir modificaciones genéticas que afectan al proceso de producción —por ejemplo, resistencia a determinados biocidas y desarrollo de resistencia a insectos—, lo cual ha tenido impactos directos sobre los costos de producción; mediante otros avances, en cambio, se modifican las características del producto final —por ejemplo, el contenido proteico—, de modo que su impacto se hace sentir sobre el consumidor final. Este salto tecnológico tiene múltiples dimensiones, entre las que cabe destacar las siguientes: i) codifica instrucciones en las semillas para el armado posterior de la función de producción; ii) predetermina el

desarrollo manufacturero subsiguiente; iii) replantea los conocimientos tácitos del productor; y iv) introduce desafíos técnicos basados en grandes emprendimientos de ID a cargo de compañías industriales, los cuales se hallan vinculados, entre otras disciplinas, a la química y la biología, y están también lejos del alcance de los productores tradicionales de semillas. Con este salto se abre, por otra parte, un amplio capítulo de discusión en el plano de la seguridad alimentaria y de la preservación de la biodiversidad.

Cabe examinar aquí cómo ha reaccionado la sociedad argentina, en el marco del proceso de apertura económica ocurrido en los años noventa, ante estos cambios. Para ello conviene revisar cuál fue su reacción frente a la revolución verde. Como se dijo, los cambios que ésta traía consigo se difundieron, adaptaron y adoptaron con algún rezago en el país, con las especificidades impuestas por las condiciones locales. Como consecuencia de ello, la actividad agrícola evidenció cierta apatía en los años cincuenta y sesenta, para luego cobrar mayor vitalidad en los años setenta y parte de los ochenta. Aun así, a comienzos de los años ochenta, la producción agrícola local no había adoptado en su plenitud el paquete tecnológico asociado a la revolución verde; en efecto, por diversas razones, como relaciones de precios y concentración o inexistencia de la oferta de algunos insumos, los niveles de uso de fertilizantes y biocidas, e incluso el grado y tipo de mecanización, eran, y en muchos casos continúan siendo, marcadamente inferiores a los registrados en los países industrializados.

Según estima el autor del presente trabajo, la actividad primaria local ingresó en los últimos años a una fase de aceleración del cambio técnico, gracias a la adopción de algunas tecnologías externas clave, como las semillas transgénicas y la siembra directa. A diferencia de lo ocurrido con la revolución verde, los productos biotecnológicos han sido incorporados en el agro argentino con muy poco retraso respecto de su lanzamiento internacional. En la adopción y la aplicación de las nuevas técnicas por parte del productor primario han ejercido fuerte influencia los proveedores de insumos del área industrial. En lo que sigue se examinará el proceso de incorporación tecnológica operado en el agro nacional en el curso de las últimas décadas.

b) Incorporación de tecnología por la vía de los insumos

i) Semillas

En Argentina, la producción de semillas ha estado a cargo, desde hace largo tiempo, del Estado y de empresas privadas (Gutiérrez, 1993). Cabe acotar que el mercado semillero argentino es uno de los más activos del mundo. Ahora bien, según se señala en diversos trabajos, hasta bien

entrada la década de 1980 prevalecía en el sector una estructura de mercado poco equilibrada, dominada por el aparato público y un pequeño número de empresas privadas.

El sistema público giraba principalmente en torno a las investigaciones realizadas por el INTA de diversos cultivos: los programas de mejora del trigo, el maíz, el girasol y la soja eran los de mayor importancia. Sin duda, la acción del INTA fue crucial, de manera directa o indirecta, para el desarrollo de esta área, como queda demostrado por la elevada tasa de retorno social de las actividades del instituto (Penna, 1983a; Sábato, 1980). A la labor del INTA deben agregarse las actividades de ID de unas pocas facultades de agronomía, de cierto potencial en lo referente a algunos cultivos, cuyos resultados fueron entregados, por medio de licencias, a criaderos privados de semillas (Bercovich y Katz, 1988).

Como se dijo, operaba también un pequeño número de empresas privadas que incursionaban en la creación de variedades de los principales cultivos. Como es natural, ha habido una suerte de fertilización cruzada de conocimientos e incluso intercambio de información sobre genes entre ambos bloques, a través de la movilidad de los técnicos y la apertura de los bancos de germoplasma (Gutiérrez, 1985).

Por último, el espectro de la oferta se completa con la presencia de empresas multinacionales, las cuales introdujeron en Argentina productos desarrollados en su respectivo país de origen, con el consabido proceso de adaptación al medio local. Algunas de estas empresas actúan desde hace largo tiempo en el país; otras se instalaron en fechas más recientes.

De modo complementario, cabe consignar la presencia de un circuito paralelo de aprovisionamiento de semillas, representado por criaderos no autorizados y por la retención de semillas por parte del productor o del tercerista, práctica que tiene importancia económica en el caso de algunos cultivos.

De esta forma, antes del lanzamiento comercial de los transgénicos, en el sector semillero tradicional de Argentina prevalecía cierto equilibrio de fuerzas entre los productores locales y los internacionales, con una presencia decisiva del INTA, más allá de las fortalezas específicas que tenían algunas empresas en determinados mercados. En ese contexto, y como fruto de varias décadas de evolución, la oferta pudo exhibir una amplia gama de variedades, que tendían a adaptarse a las múltiples demandas asociadas a la especificidad de los distintos climas y suelos cultivables del país.

Este esquema de provisión de semillas híbridas y de tecnología productiva cambió radicalmente a partir de mediados de los años noventa, debido a la irrupción de las técnicas biotecnológicas. Los

primeros desarrollos biotecnológicos se centraron en una variedad de soja, perfectamente compatible con las condiciones de la pampa húmeda, a la cual se adosó un gen que la volvía resistente al glifosato. La semilla había sido introducida por la empresa Nidera en los Estados Unidos, y ya a mediados de 1991 habían comenzado los primeros ensayos en Argentina. Por tratarse de técnicas experimentales, su desarrollo estuvo rodeado de un marco regulador, también incipiente, representado específicamente por la Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), por lo que su lanzamiento al mercado se autorizó sólo cinco años después. En forma paralela, y de la mano de otra empresa privada multinacional, comenzó el desarrollo local del maíz Bt, dotado de modificaciones genéticas que lo tornan resistente a los lepidópteros, variedad que también fue liberada a la venta pasada la primera mitad de los años noventa. Una lógica similar siguió el maíz denominado LL, resistente al glufosinato. Estas variedades surgieron de la introducción de genes de otras especies que modifican el comportamiento de la planta, con lo cual se inducen cambios en la tecnología de proceso.

En todos los casos, el desarrollo original tuvo lugar en el exterior; por su parte, las pruebas de adaptación se hicieron en Argentina de acuerdo con las normas reguladoras nacionales. Como era de esperar, su difusión masiva permitió a un reducido número de compañías internacionales consolidar una posición dominante en el mercado argentino de semillas.

Paralelamente, el INTA, al igual que algunas facultades de agronomía, comenzó a desarrollar actividades en igual sentido sobre algunos rubros, pero hasta el presente no ha lanzado al mercado variedades transgénicas de maíz o soja.

De esta forma, el panorama actual queda formado por tres elementos centrales: i) un número muy reducido de empresas multinacionales, con un fuerte poder económico, el dominio de las mejores técnicas internacionales de ingeniería genética y el control, por vía de las patentes en su respectivo país de origen, de ciertos genes importantes para ciertas variedades específicas; en forma complementaria, los esfuerzos locales, más modestos en cuanto a recursos, equipamiento y masa crítica de investigadores, que apuntan a un rango más limitado de productos; ii) un conjunto acotado de empresas privadas locales, grandes compañías multinacionales e institutos públicos de investigación, que controlan las variedades específicas adaptables a las demandas particulares de las diversas regiones del país; y iii) la necesidad de probar los productos importados y adaptarlos a las múltiples y variables condiciones locales.

¿Cuál es el perfil de la oferta externa de estas claves para la producción local? En el plano internacional se verificaron cambios significativos en la oferta, marcados por una fuerte concentración de

ésta a partir del ingreso a la actividad de empresas provenientes de la alta investigación farmacéutica y de la química fina. Por una parte, las empresas semilleras tradicionales, cuyo activo crítico era el desarrollo de variedades adaptadas a contextos locales específicos, concertaron alianzas con empresas dedicadas a la producción de herbicidas y a la química fina o fueron adquiridas por éstas. A ese contexto se sumaron, por otra parte, las empresas farmacéuticas, cuyos avances en la materia provenían del dominio de las técnicas génicas.

De esta forma, las nuevas condiciones locales y los cambios técnicos provenientes del exterior incidieron fuertemente en el perfil de la oferta local de semillas, que experimentó así una profunda transformación. En consecuencia, ésta quedó configurada por: i) la presencia dominante en los cultivos más dinámicos de un pequeño núcleo de empresas de capital externo (véase el cuadro III.1); ii) el traslado al contexto local de la lógica que caracteriza a la oferta internacional, centrada en la unificación de la oferta de semillas con la de biocidas y fertilizantes; y iii) un menor peso relativo de los oferentes locales, a partir de la desnacionalización de varias empresas de capital local productoras de herbicidas, insecticidas e incluso semillas, que fueron absorbidas por las ahora renovadas empresas multinacionales. Esta dinámica se basó en la potencialidad productiva de los desarrollos locales, esto es, las variedades producidas por algunas empresas semilleras, la red de distribución y, en el caso de los biocidas, el uso local de marcas largamente establecidas.

Cuadro III.1
ARGENTINA: PRINCIPALES OFERENTES DE SEMILLAS

	Cereales		Oleaginosas	
	Trigo	Maíz	Soja	Girasol
		Convencional	Convencional	
Principales oferentes locales	Producem	Dekalb	Monsanto	Producem
	Buck	Nidera S.A.	Novartis S.A.	Monsanto S.A.
	Klein	Pioneer	Cargill	Nidera S.A.
	Nidera S.A.	Zeneca	Producem	Pioneer Hi-Bred
	Relmó	Cargill	Cyanamid	Don Mario
	AFA	Novartis S.A.	La Tijereta	
	Micogen	AgarCross	Advanta	
		Druetto	Relmó	
			Don Mario	
			Aventis	
			Micogen	
		Transgénico Bt	Transgénico RR	
		Morgan (Dow)	Nidera S.A.	
		Pioneer	Monsanto S.A.	
		Novartis S.A.	Pionner	
		Monsanto S.A.[a]	Novartis S.A.	
			La Tijereta[b]	
			Relmó[b]	
			Don Mario[b]	

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de Roberto Bisang (coord.), Graciela Gutman, Carlos Roig y Rodrigo Rabetino, "La oferta tecnológica de las principales cadenas agroindustriales en el MERCOSUR ampliado", *Serie Resúmenes Ejecutivos*, N° 12, Proyecto Global, Organización y Gestión de la Integración Tecnológica Agropecuaria y Agroindustrial en el Cono Sur, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur/Banco Interamericano de Desarrollo (PROCISUR/BID), Montevideo, octubre de 1999.

[a] La empresa Monsanto es la única oferente de maíz resistente al glifosato. [b] Con licencias de Monsanto.

Así, en el ámbito nacional, se produjo un vuelco en la estructura del mercado, que se tradujo en el predominio de un pequeño número de empresas. Como contrapartida, el grueso de la oferta local quedó reducido al INTA y a unos pocos criaderos privados nacionales que operan con semillas híbridas convencionales, fundamentalmente trigo y maíz, sobre la base de germoplasmas locales.

En buena medida, la configuración del mercado y su dinámica reciente están relacionadas, en lo que se refiere a semillas transgénicas, con dos aspectos: el marco regulador que preside la liberación de los productos transgénicos para su uso comercial —esto es, barreras al ingreso con presión desde la oferta—, y las ventajas que tornan su uso

más atractivo que el de los productos anteriores —esto es, presión desde la demanda (véase el cuadro III.2).

Cuadro III.2
ARGENTINA: PRODUCTOS TRANSGÉNICOS LIBERADOS A LA VENTA, 1996-2001

Especie	Característica introducida	Producto	Solicitante	Fecha
Soja	Tolerancia al glifosato	40-30-2	Nidera S.A.	5/03/1996
Maíz	Resistencia a lepidópteros	176	Ciba-Geygi	16/08/1998
Maíz	Tolerancia al glufosinato de amonio	T 125	AgrEvo S.A.	23/06/1998
Algodón	Resistencia a lepidópteros	MON 531	Monsanto S.A.	16/07/1998
Maíz	Resistencia a lepidópteros	MON 810	Monsanto S.A.	16/07/1998
Algodón	Tolerancia al glifosato	MON 1445	Monsanto S.A.	25/04/2001
Maíz	Resistencia a lepidópteros	Bt 11	Novartis S.A.	27/07/2001

Fuente: Comisión Nacional Asesora de Biotecnología Agropecuaria (CONABIA), "Memoria 2000" [en línea], Buenos Aires, 2001 (http://www.sagpya.mecon.ar/0-0/index/programas/conabia/index_conabia.htm).

En Argentina, la introducción de semillas genéticamente modificadas está regulada, en última instancia, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA). Para cumplir tales funciones, la SAGPyA se basa en los dictámenes, no vinculantes, de la CONABIA, que opera como el organismo técnico de mayor jerarquía dentro del respectivo proceso de toma de decisiones. La CONABIA, fundada en 1991, tiene por misión asesorar a la SAGPyA sobre aspectos de bioseguridad de las semillas transgénicas. Sus miembros son representantes de organismos públicos, a saber, el Instituto Argentino de Sanidad y Calidad Vegetal, el Servicio Nacional de Salud Animal, el Instituto Nacional de Semillas, el INTA, el Consejo Nacional de Investigaciones Cinéticas y Técnicas (CONICET), y la Universidad de Buenos Aires, así como de organismos del sector privado, entre ellos la Asociación Argentina de Semillas y el Foro Argentino de Biotecnología.

Para autorizar la comercialización de un OGM deben cumplirse diversas etapas. El procedimiento se inicia con la presentación a la CONABIA de la solicitud correspondiente, avalada por toda la documentación técnica necesaria. Luego se procede a su evaluación técnica, que se lleva a cabo bajo estrictas normas de seguridad. La evaluación está dividida en una fase teórica y una fase práctica, esta última constituida por el monitoreo de los primeros ensayos en laboratorio, en invernadero y en gran escala. Estos ensayos, que llevan entre dos y tres años, hacen las veces de un primer filtro, que termina con el rechazo o la aceptación del

producto, esto es, en este último caso, el otorgamiento de un permiso de liberación que implica que los productos analizados no ofrecen problemas de bioseguridad.

Posteriormente se efectúan otros controles, llamados de flexibilización, a cargo del Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), que tienen como objetivo analizar las condiciones de seguridad alimentaria y el posible impacto ambiental del nuevo producto. La información requerida en esta etapa se refiere a fechas de siembra y cosecha, ubicación de los lotes, rendimientos y otros datos de los cultivares, como base de eventuales inspecciones por parte de las autoridades públicas. Este proceso tiene una duración mínima de un año. De acuerdo con información de la CONABIA, a mediados de 2001 los productos que se hallaban en esta fase eran específicamente nueve semillas, dos correspondientes a variedades de soja, cinco a variedades de maíz, y dos a variedades de algodón, resistentes a los lepidópteros, el glifosato y el glufosinato de amonio (CONABIA, 2001).

Por último, las evaluaciones siguientes, que concluyen con la emisión de un permiso de comercialización, recaen en la Dirección de Mercados de la SAGPyA, y tienen como objetivo analizar el impacto comercial de la eventual introducción de las nuevas variedades en el mercado. De cumplirse satisfactoriamente todos los pasos, el Secretario de Agricultura está en condiciones de aprobar la comercialización del producto.

A fines de 2001 se habían liberado a la venta siete productos modificados genéticamente, a saber, una variedad de soja resistente al glifosato, cuatro variedades de maíz resistentes a los lepidópteros, y dos variedades de algodón resistentes a los lepidópteros y el glufosinato de amonio.

Otro aspecto de la regulación del comercio de las semillas se refiere a los mecanismos de control de la propiedad intelectual. En principio, dos legislaciones rigen en la materia: la Ley de Obtentores Vegetales, para las semillas mejoradas, y la Ley de Patentes, para los productos transgénicos.

El control de la propiedad intelectual presenta diversas aristas, de índole conceptual y empírica (Correa, 2000b). En primer lugar, el agricultor puede guardar parte de su producto para emplearlo como semilla en el período siguiente, práctica de larga data que cuenta con sustento legal. Ello da origen a un circuito paralelo de semillas, que permite reproducir en las cosechas sucesivas las mejoras contenidas en aquellas. En la práctica, es casi imposible llevar un registro fiable de las cosechas para establecer el porcentaje de la zafra anterior que puede ser considerado como capital

de reproducción propio, y aun si ello fuera posible, sería necesario contar con un amplio aparato de control para hacer efectiva la norma de los obtentores vegetales.

Los problemas de control de la propiedad intelectual son aún más complejos en el caso de los transgénicos. En lo primordial, se trata de establecer derechos de propiedad sobre semillas que proceden de variedades vegetales, sujetas a derechos de obtentores vegetales, y que proceden de genes también protegidos por patentes. Aparte del problema que presenta el determinar si la combinación es patentable cuando uno de los dos elementos no lo es, surge aquí otro problema, referido esta vez a establecer si el objeto de patentabilidad es un invento, es decir, una creación humana, o un descubrimiento, esto es, algo ya existente en la naturaleza. Otro problema aparece cuando se pretende determinar si la patente recae sobre el producto o sobre el proceso, dadas las múltiples formas de incorporar los genes.

En el primer caso, la protección se ejerce sobre el trabajo de los fitomejoradores, en virtud de los derechos de los obtentores vegetales. En este caso, los títulos sobre los cultivares se otorgan por períodos que van de 10 a 20 años. Conforme a la legislación argentina, el gozar de un derecho de obtentor no impide que otras personas puedan utilizar el producto para la generación de un cultivar distinto. La ley se pronuncia, además, sobre el derecho de los agricultores de retener semillas para su propio uso (Lavignolle, 1998).

El segundo caso remite a la Ley de Patentes, promulgada recientemente en Argentina (Ley 24.481 y su modificatoria, la Ley 24.572). Entre otras materias, la ley establece que se patentarán las invenciones siempre que sean nuevas, entrañen una actividad inventiva y sean susceptibles de aplicación comercial. Por otra parte, se dictamina que no son invenciones los métodos de tratamiento terapéutico o de diagnóstico aplicables al cuerpo humano, como tampoco lo son los relativos a animales y toda clase de materia viva y sustancias preexistentes en la naturaleza. Por último, la ley establece que no es patentable la totalidad del material biológico y genético existente en la naturaleza o su réplica, y en los procesos biológicos implícitos en la reproducción animal, vegetal y humana, incluidos los procesos genéticos relativos al material capaz de conducir su propia duplicación en condiciones normales y libres, tal como ocurre en la naturaleza (Rosetti, Beristein y Cataldi, 2001).

En función de lo anterior, forzoso es concluir que se está en presencia de un modelo lábil de regulación de los derechos de propiedad intelectual. Desde el punto de vista de los obtentores vegetales, la dinámica del mercado lleva a que una parte importante de las semillas sea considerada de origen ilegal. Por otra parte, en lo que se refiere a la

soja RR, cabe señalar que su lanzamiento tuvo lugar en 1996, durante la vigencia de la ley anterior de patentes, que no establecía cobertura alguna en materia de patentes.[1] A ello hay que agregar que el gen que se le incorporó a la soja RR había sido previamente liberado a la venta. No ocurre así con los maíces y algodones transgénicos lanzados a la venta en los últimos años, pues en este caso la empresa propietaria cobra las regalías correspondientes y opera habitualmente bajo contrato.

Aunque no hay datos definitivos acerca del modo en que inciden sobre la calidad, las variedades transgénicas de maíz y soja tuvieron al comienzo un claro impacto sobre los costos de producción. En efecto, el cultivo de soja transgénica está asociado al reemplazo de varios herbicidas por un herbicida único, el glifosato, así como al reemplazo de la roturación convencional por la siembra directa, todo lo cual, junto con implicar una reducción sustantiva de los costos de implantación, facilita el manejo de la humedad de los suelos (Penna y Lema, 2002) e impulsa el doble cultivo. En el caso del maíz, el gen adosado induce a la planta a producir defensas contra determinadas enfermedades, con lo cual también se reducen el uso de biocidas y los costos correspondientes.

A lo anterior se agregan otras ventajas indirectas: en el caso de la soja, la adopción obligada del glifosato, de bajo efecto residual, elimina competidores en las fases iniciales de desarrollo de la planta, hecho que tiende a mejorar en alguna medida el rendimiento final; en el caso del maíz Bt, por ejemplo, ello ha permitido elevar casi 16% el rendimiento (ASA, 2001a). Por otra parte, el paquete de transgénicos, glifosato y siembra directa reduce el tiempo completo de producción, con lo cual se facilita el doble cultivo en las zonas pampeanas convencionales, y permite también ampliar la frontera agrícola hacia zonas marginales, de alto potencial por el tipo de terreno, pero limitadas por las condiciones climáticas imperantes (días de luz, régimen de lluvias, temperaturas y otras).

Cabe indicar que están aún en fase de aprobación diversas semillas que portan instrucciones génicas que modifican el contenido de la planta: en la soja, por ejemplo, cambian el contenido de aceites, proteínas y otras sustancias. Ello habrá de incidir no sólo en las modalidades de labranza y los costos de producción primaria, sino también en las fases industriales posteriores. De esa manera, los efectos finales se harán sentir sobre las etapas industriales y sobre el consumidor, a través de los rasgos diferenciales del bien final.

[1] La soja RR fue el primer producto transgénico aprobado en Argentina, y hoy ocupa el grueso de la superficie sembrada de soja (convencional o transgénica).

En suma, en un adelanto de las conclusiones de este trabajo, puede afirmarse que la irrupción de las semillas genéticamente modificadas introduce cambios sustantivos no sólo en el mercado de las semillas, sino en el armado de las funciones de producción de la agricultura y también, probablemente, de liberarse a la venta la segunda generación de sojas transgénicas, en la articulación entre las fases primaria, industrial y comercial.

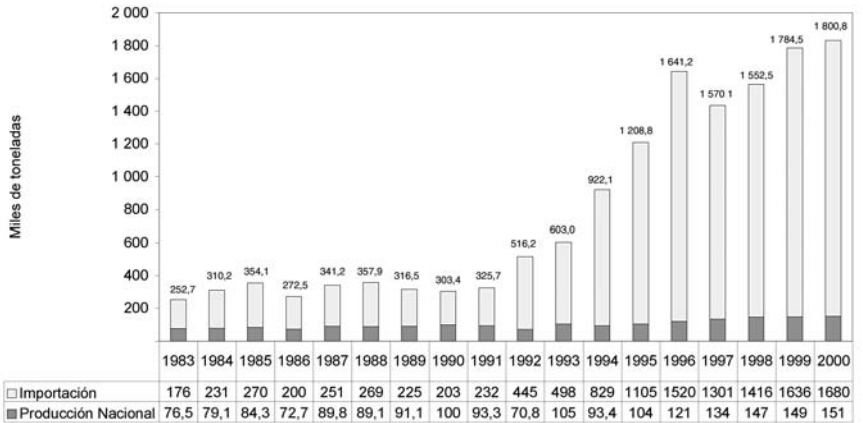
ii) Fertilizantes

La adopción del modelo de mecanización y el uso masivo de semillas mejoradas no estuvieron acompañados, en Argentina, por una difusión generalizada del uso de fertilizantes. En las décadas de 1970 y 1980, el consumo de urea y otros fertilizantes se circunscribía a una pequeña parte de las siembras de trigo. En el marco de una economía cerrada, con precios controlados y bajos márgenes de rentabilidad, la demanda de estos productos era mínima. Su oferta interna, sumamente concentrada, estaba limitada a unas pocas empresas, y la importación se veía bloqueada por la vigencia de elevados derechos. A comienzos de los años ochenta, el agro demandaba alrededor de 250.000 toneladas de fertilizantes, de las cuales cerca de 70% eran importadas, y la producción local se centraba en dos grandes empresas de capital nacional, la Petroquímica Argentina S.A. (PASA) y la compañía Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF).

Los cambios operados en los años noventa dieron como resultado un mercado local muy dinámico, que, en su conjunto, terminó abasteciéndose a partir de una decena de grandes empresas, cada una de las cuales tenía fortalezas en un producto determinado y estaba dotada de su propia red nacional de distribución. El dinamismo de la demanda activó la importación de algunos productos y se tradujo también en un fuerte impulso a la elaboración local de ciertos fertilizantes.

En suma, el uso de fertilizantes ha aumentado a lo largo de los últimos años. El mayor incremento ocurrió entre 1991 y 1996, período en que se pasó de unas 325.000 toneladas a poco más de 1.600.000 toneladas anuales. A partir de 1996, el consumo creció a un ritmo más lento, hasta ubicarse en niveles levemente superiores a 1.800.000 toneladas anuales (véase el gráfico III.4). El aumento tendió a concentrarse en los cultivos más dinámicos, esto es, trigo-soja y maíz. Por ejemplo, en la campaña 1991/1992 se aplicaron fertilizantes a aproximadamente 25% de la superficie sembrada de trigo, cifra que subió a alrededor de 66% hacia 1995 y a más de 85% en la campaña 2000/2001.

Gráfico III.4
ARGENTINA: CONSUMO APARENTE DE FERTILIZANTES, 1983-2000
(Miles de toneladas)



	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Importación	176	231	270	200	251	269	225	203	232	445	498	829	1105	1520	1301	1416	1636	1680
Producción Nacional	76,5	79,1	84,3	72,7	89,8	89,1	91,1	100	93,3	70,8	105	93,4	104	121	134	147	149	151

Fuente: Elaborado por autor sobre la base de antecedentes proporcionados por M & S Consultores y la Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).

Al generalizarse el conocimiento sobre el uso de los fertilizantes —dosificación, concentración, relación con la calidad del suelo y respuestas probables—, y a impulso de los precios favorables, su consumo se difundió, en lo esencial, a través de las redes constituidas por los puntos de venta de las principales empresas proveedoras de este y otros insumos. En otras palabras, la iniciativa comercial privada operó como un mecanismo de propagación masiva de fertilizantes.

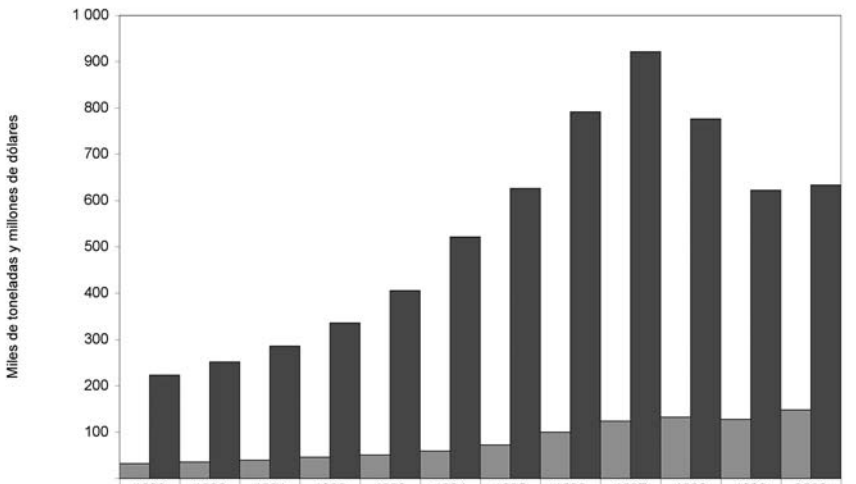
iii) Biocidas

El mercado de los biocidas comprende un amplio conjunto de productos, cuya elección depende de las técnicas del cultivo específico y del tipo de plaga que se desea combatir. La producción de estos compuestos responde, en general, a la lógica de la industria química de alto volumen. La oferta mundial exhibe un intenso ritmo innovador, y está fuertemente concentrada en un núcleo acotado de grandes empresas, por efecto de los procesos recientes de megafusiones y alianzas estratégicas internacionales. En el país operan masivamente, sobre todo a partir de las transformaciones empresariales ocurridas en los años noventa, los principales oferentes internacionales, a los que se suman unos pocos abastecedores locales. El mercado fitosanitario argentino mueve en la

actualidad cerca de 700 millones de dólares al año, 71% de los cuales corresponden a herbicidas, 13% a insecticidas, algo menos de 10% a fungicidas, y el resto se reparte en una amplia variedad de productos, entre los que destacan los curasemillas.

Al analizar la evolución del sector en su conjunto, se observa un claro dinamismo a partir de comienzos de los años ochenta, asociado a la consolidación de los cultivos de soja y, posteriormente, a su complementación con el trigo (véase el gráfico III.5). Dentro de esa línea, las condiciones particulares imperantes en la década de 1990 reimpulsaron el uso de biocidas, que exhibieron una tendencia creciente en lo que atañe a valor y volumen. Entre 1989 y 2000, el consumo aumentó 184% en términos de valor y 355% en términos de volumen. Con todo, no fue una evolución homogénea, pues hubo diferencias en la oferta de los distintos biocidas, por efecto de las condiciones especiales de la demanda y del entorno regulador. Cabe señalar, en ese sentido, que el grueso del mercado de los biocidas se ha concentrado crecientemente en los herbicidas, que en 1989 representaban 50% del volumen total y 67% del valor, cifras que se elevaron a 80% y 71% respectivamente en 2000; asimismo, el uso de herbicidas creció tres veces en valor y seis veces en volumen a lo largo de esos años. Por último, es de destacar que esa tendencia sostenida experimentó un quiebre a partir de la campaña 1997/1998, particularmente en términos de valor y, en menor medida, de volumen. Ello obedeció sobre todo a sustituciones internas, relacionadas con el uso de nuevas tecnologías, pues, por ejemplo, la difusión de la soja resistente al glifosato impulsó el consumo de éste en reemplazo de las atrazinas utilizadas en los cultivos de soja convencional.

Gráfico III.5
ARGENTINA: CONSUMO DE BIOCIDAS, 1989-2000
(Miles de toneladas y millones de dólares)



	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Cantidad	32,4	35,6	39,3	46	50,3	59,2	72,6	99,8	123,6	132,2	127,4	148
Valor	223	251,9	286	336,3	406	521,5	626,1	791,6	921,3	776,5	622,3	633,3

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

En síntesis, a lo largo de los años noventa y en el marco de una tendencia hacia el uso masivo de biocidas, los mecanismos de mercado, por la vía de la reducción de precio y de una mayor dependencia con respecto a la oferta externa, elevaron la utilización de determinados productos, lo cual se halla en consonancia con el mayor peso que fueron adquiriendo las semillas transgénicas en el armado de la función de la producción adoptada en los cultivos más dinámicos, esto es, soja (y, por extensión, trigo) y maíz.

iv) Maquinarias y equipos

A lo largo de los años noventa, el mercado de maquinarias agrícolas se desenvolvió dentro de un marco regulador particular. Con el objetivo de provocar un salto en la capitalización tecnológica, ya desde inicios de esa década se había permitido importar maquinarias sin pago de arancel, lo cual redujo su precio y favoreció su incorporación. En forma complementaria con lo anterior, la banca pública abrió líneas de crédito a tasas diferenciales para la capitalización agrícola. Finalmente,

la producción de máquinas agrícolas fue incluida en los planes de competitividad sectorial, que desgravaban la actividad de las cargas sociales sobre los salarios y de otros impuestos menores. Cabe indicar, por otra parte, que en contraste con el comportamiento ascendente de la producción agregada de granos, la demanda de máquinas agrícolas, si bien creció en la primera mitad de los años ochenta y noventa, tendió más bien a declinar en el segundo quinquenio de ambas décadas (véase el cuadro III.3).

Cuadro III.3
ARGENTINA: ABSORCIÓN DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA EN FORMA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS, 1991-2000
(Número de unidades y millones de dólares)

Tipo	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Tractores (unidades)	3790	4871	4550	6393	4329	7380	7440	4740	2650	2300
Cosechadoras (unidades)	760	415	490	1011	775	1550	1511	1067	6	550
Cosechadoras de algodón (unidades)			27	52	173	340	91	86	2	
Ventas de maquinaria agrícola (millones de dólares)		320	391	487	416	815	748	706	388	325
Sembradoras de siembra directa (unidades)		1140	1860	2280	2290	2500	2800	2700	2400	2400

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Asociación de Cámaras de Tecnología Agropecuaria (ACTA).

Conviene destacar algunas singularidades de esta evolución: en el rubro tractores, el promedio de ventas en la década de 1980 fue de aproximadamente 6.300 unidades, con un máximo de casi 13.000 en 1984 y un mínimo inferior a 3.400 en 1981. En los años noventa, pese a la mayor producción de cereales y oleaginosas, la demanda no mostró una conducta congruente, pues se vendieron en promedio 3.912 tractores al año, con una abrupta caída en el último bienio de la década. Por otra parte, las cifras globales encubren algunos cambios cualitativos de importancia: las unidades demandadas desde comienzos de los años noventa corresponden a tractores de potencia media o alta, esto es, de más de 120 caballos de fuerza (CF), mientras que en las décadas anteriores la demanda se había concentrado en tractores de baja y mediana potencia.

En definitiva, la demanda de tractores descendió en la década de 1990, pero se concentró en unidades de mayor potencia y, por lo general, de doble tracción: la potencia media vendida en el último quinquenio osciló en torno a 120 CF.

Asimismo, a comienzos de los años noventa aumentó la producción de máquinas de arrastre, en consonancia con el ciclo económico ascendente del primer quinquenio de la década. Las ventas registraron un auge en el bienio 1996-1997, pero bajaron en forma notoria en el último bienio.

Las ventas de algunos implementos, como máquinas de siembra directa y equipos de fumigación, exhibieron una clara tendencia ascendente. Por ejemplo, las ventas de máquinas de siembra directa, que no sobrepasaban la centena a mediados de los años ochenta, treparon a poco más de 2.200 en el decenio siguiente, para estabilizarse en unas 2.500 unidades anuales en los últimos años.

En suma, los datos agregados indican una tendencia positiva durante el primer quinquenio de la década de 1990, que sólo se mantuvo para unos pocos equipos de arrastre en los años siguientes. En este contexto, los cambios cualitativos apuntan a la formación de un nuevo parque mínimo de maquinaria y equipos, cambios que coincidieron, como se analizará más adelante, con los verificados en la función de producción. La nueva tendencia exige el uso de tractores de mayor potencia, capaces de arrastrar equipos de siembra directa, conjunto que a su vez exige equipos de fumigación, todo ello en el marco de la masificación de las nuevas tecnologías de proceso centradas en la siembra directa.

iv) Siembra directa

Esta tecnología fue impulsada a comienzos de los años sesenta en los Estados Unidos, tanto por algunas compañías químicas, interesadas en inducir la demanda de determinados herbicidas, como por diversas reparticiones públicas, movidas por principios conservacionistas. La técnica empezó a aplicarse lo largo de los años ochenta en América Latina, en particular en Argentina, Brasil y Paraguay. Aunque en cada uno de estos países exhibió rasgos particulares, su difusión surgió del esfuerzo conjunto de compañías privadas proveedoras de insumos o maquinaria agrícola, institutos nacionales de investigación agropecuaria, universidades, y unas pocas organizaciones internacionales de desarrollo. La nueva técnica consiste en sembrar sin necesidad de roturar la tierra ni de llevar a cabo los procesos asociados, como el emparejado y las labores posteriores de cobertura. En lugar de ello, se recurre a un procedimiento único: se abre un surco, donde se depositan la semilla y eventualmente los fertilizantes, y luego se lo aplasta. No obstante, es preciso reducir al máximo la competencia de otras especies, ya desarrolladas o de desarrollo

potencial, lo cual obliga a eliminarlas mediante fumigación. De esta forma, la nueva técnica va necesariamente unida al uso de herbicidas, e incluso, si se desea acortar los tiempos y mejorar el desarrollo de los cultivos, al uso de diversos tipos de fertilizantes.

La siembra directa afecta, por distintos conceptos, al proceso en su conjunto. En efecto, i) reduce los costos operativos —capital circulante y mano de obra—, dado que elimina una cantidad variable de las actividades que era preciso llevar a cabo en el modelo anterior (Peiretti, 1999); ii) acorta el ciclo de laboreo, con lo cual facilita el doble cultivo; iii) reduce las tareas del laboreo, lo cual mejora la productividad de la mano de obra y, a la vez, replantea el uso global de este recurso (Peiretti, 1999; Gutman y otros, 2001); iv) replantea también el paquete de conocimientos tácitos de los productores inducidos a trabajar con ella, a lo cual contribuyen diversos oferentes externos de insumos; v) permite aprovechar la humedad propia de los suelos, toda vez que éstos, al no ser necesario roturar en cada siembra, acumulan mayor cantidad de agua (Penna y Lema, 2002); vi) exige el uso de nuevas máquinas de arrastre, como equipos de fumigación y sembradoras de siembra directa; vii) al acortar el ciclo de laboreo, permite la expansión hacia nuevas áreas de cultivo; y viii) mejora la sustentabilidad agronómica de los suelos en el mediano y largo plazo (Croveto, 2001; Peiretti, 1999). Asimismo, siempre en el plano ambiental, reduce las emisiones de gases, debido a la menor cantidad de actividades de laboreo que se ejecutan. Cabe indicar que, por los nuevos requerimientos de capital asociados a la siembra directa, con sus escalas técnicas y económicas mínimas, la adopción de esta técnica mueve a los productores a replantear su actitud en lo referido a los niveles de integración con capital propio, lo cual, junto con otros factores, incide en la forma de organización de la producción.

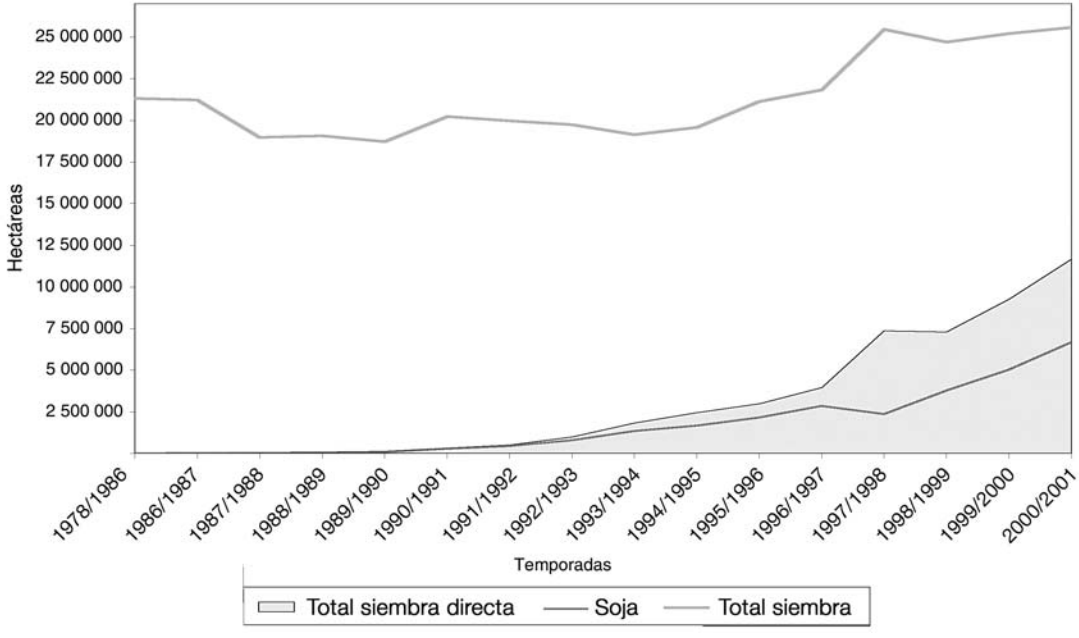
No obstante, debe tenerse presente que, dependiendo del tamaño del productor, su situación económica y financiera, las perspectivas del mercado y otros factores, el acceso al nuevo equipamiento puede constituirse en una barrera a la entrada.

Los rasgos mencionados, en especial aquellos referidos a la reducción en el corto plazo de los costos de producción privados, operan como incentivos para la difusión de esta técnica. De hecho, junto a una demanda sostenida de máquinas sembradoras y tractores de mayor potencia, los productores comenzaron a utilizarla en forma creciente, hecho que necesariamente ha ido acompañado de un mayor uso de herbicidas.

Durante el primer quinquenio de los años ochenta, la superficie total cultivada en el país superaba los 20 millones de hectáreas. De ellas, poco más de 2.000 eran sembradas en forma directa con soja,

rubro que recién iniciaba su despegue en Argentina. Por esa época, y en el marco de una acentuada recesión de la industria de máquinas agrícolas, algunas empresas comenzaron a remodelar sus sembradoras convencionales, a fin de adaptarlas a la siembra directa. El despegue definitivo de esta técnica comenzó a inicios de los años noventa, en el contexto de un nuevo modelo regulador. Creció rápidamente la oferta de sembradoras nacionales e importadas de siembra directa; bajó el precio de los herbicidas, y repuntó la demanda internacional de algunos granos y oleaginosas. Como puede advertirse en el gráfico III.6, la superficie plantada mediante esta técnica aumentó en forma constante desde comienzos de los años noventa; el primer escalón de ese ascenso terminó hacia mediados del período, resultado que es atribuible casi exclusivamente a dos cultivos: soja (asociada con trigo) y maíz. Con todo, el salto definitivo en la tendencia tuvo lugar durante los últimos años de la década, lapso en el cual tendieron a consolidarse los paquetes agronómicos de siembra directa. Como resultado de ello, casi 50% de la superficie cultivada de Argentina está sembrada actualmente mediante esta tecnología. Sin embargo, y a pesar del dinamismo de varios rubros, la mayor penetración se verificó en el cultivo de soja. En efecto, de un total de 9.938.500 hectáreas sembradas de soja, 67% correspondió a siembra directa (véase el cuadro III.4).

Gráfico III.6
ARGENTINA: EVOLUCIÓN DE LA SIEMBRA DIRECTA POR CULTIVOS, 1978-2001
(Hectáreas)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Cuadro III.4
ARGENTINA: SUPERFICIE PLANTADA MEDIANTE SIEMBRA DIRECTA SEGÚN CULTIVO Y REGIÓN, 2000-2001
(Hectáreas y porcentajes)

Distrito	Maíz		Trigo		Soja		Sorgo		Girasol		Otros	
	(hectáreas) SD[a]	%	(hectáreas) SD[a]	%	(hectáreas) SD[a]	%	(hectáreas) SD[a]	%	(hectáreas) SD[a]	%	(hectáreas) SD[a]	%
Buenos Aires	330 000	32	765 000	21	1 135 000	49	10 000	17	146 000	15	-	-
Córdoba	508 700	63	545 000	63	2 437 000	78	143 000	61	138 000	43	-	-
Santa Fe	237 000	61	490 000	50	2 055 000	66	82 000	54	32 500	25	-	-
Entre Ríos	144 000	62	175 000	55	379 000	65	29 000	47	19 000	39	-	-
La Pampa	127 000	30	141 000	35	47 000	40	7 000	20	58 000	20	-	-
Santiago del Estero	34 000	30	61 000	60	187 800	60	33 000	40	6 000	20	-	-
NEA[b]	43 000	30	17 000	20	126 000	30	6 000	15	14 000	10	-	-
NOA[c]	71 000	38	65 000	42	292 000	67	17 000	40	7 000	20	-	-
Total Argentina	1 494 700		2 259 000		6 658 800		327 000		420 500		500 000	

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.
[a] SD: Siembra directa. [b] NEA: Región Nordeste de Argentina. [c] NOA: Región Noroeste de Argentina.

En síntesis, a lo largo de los años noventa, el sector agrario incorporó masivamente una serie de tecnologías de producto o de proceso, tendientes a reconfigurar la función de producción y los conocimientos tácitos del productor. Con ello se perseguía, en ciertos casos, recuperar terreno con respecto a las prácticas internacionales más avanzadas, pero no puede decirse lo mismo, por ejemplo, con respecto a las semillas transgénicas, porque en este caso no había terreno por recuperar: en efecto, Argentina fue uno de los primeros países del mundo en que se adoptaron estas variedades y las técnicas conexas. Por otra parte, se aprecia con claridad el peso decisivo que va adquiriendo la oferta concentrada de insumos sobre la producción primaria. Es a partir de allí, y de los cambios pro mercado que experimentó el marco regulador, desde donde debe analizarse la difusión de los transgénicos en el agro local.

3. Difusión de tecnología: el caso de los transgénicos

a) Semillas transgénicas, siembra directa, biocidas y fertilizantes: un paquete tecnológico de oferta concentrada

Una visión global de los mercados analizados previamente, esto es, los de semillas, de biocidas y de fertilizantes, permite advertir una serie de elementos comunes en ellos: la fuerte presencia de empresas multinacionales, en forma simultánea con la desestructuración de la oferta local antes existente; un activo proceso de inversiones; el control de una fracción considerable de la cadena de comercialización por parte de los productores de insumos esenciales, y una intensa importación o transferencia desde el exterior de algunas tecnologías cruciales, con escasa participación de los agentes locales. A partir de esas transformaciones, tiende a configurarse un nuevo modelo de oferta de insumos, caracterizado por rasgos tales como: i) la tendencia a concentrar la oferta bajo la lógica del paquete técnico de un conjunto de insumos que antes se originaban en sectores distintos; así, por ejemplo, las semillas transgénicas, en el caso de la soja RR o del maíz Bt, operan como articuladores de una oferta conjunta, que comprende el glifosato, un preemergente para el maíz, varios insecticidas y los diversos tipos de fertilizantes; y ii) una marcada concentración de la oferta local de estos paquetes tecnológicos por efecto de las diversas fusiones y alianzas internacionales (véase el cuadro III.5).

Cuadro III.5
ARGENTINA: PRINCIPALES OFERENTES DE SEMILLAS, BIOCIDAS Y FERTILIZANTES

	Tecnología						
	Semillas			Biocidas		Fertilizantes	
	Trigo	Maíz	Soja	Insecticidas	Herbicidas	Producción local	Importación
		Convencional					
Principales oferentes	Producem	Dekalb	Monsanto	Novartis (Ciba-Geigy)	Monsanto	PASA	Cargill
	Buck	Nidera	Novartis	Bayer	Bayer	Profertil	Monsanto
	Klein	Pioneer	Cargill	Hoescht	Cargill	AgrEvo	Ciba-Geigy
	Nidera	Zeneca	Producem	Monsanto	Ciba Geigy		Nidera
	Relmó	Cargill	Cyanamid	Pfizer	YPF		Otros
	AFA	Novartis	La Tijereta	Dow AgroScience	Dow AgroScience		
	Micogen	AgarCross	Advanta	Ishihara	Tow Elanco		
			Relmó		Basf		
			Don Mario		Ishihara		
			Aventis				
		Druetto	Micogen	YPF	Cyanamid		
		Transgénico		Cyanamid			
		Pioneer	Nidera				
			Novartis				
			Pioner Hi-Bred				
		Morgan	Monsanto				
		Novartis	Nidera				
		Monsanto	La Tijereta				
			Don Mario				
			Relmó				

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Este modelo de concentración de la oferta va acompañado de modificaciones en los circuitos comerciales que se articulan con el usuario final, sea éste tercerista o productor rural. En efecto, los paquetes de insumos suelen incluir asesoramiento técnico sobre su uso, de modo tal que a partir de los centros oferentes se va constituyendo una red de difusión, de cobertura regional o nacional, por donde fluye un conjunto de conocimientos, los cuales son codificados por la vía de los insumos o decodificados a través del asesoramiento directo.

A partir de este perfil de oferta de insumos, cabe indagar acerca de la dinámica que condujo al uso masivo de variedades transgénicas en varios rubros decisivos para la agricultura nacional.

b) Dinámica evolutiva

Los primeros indicios de cambio del paquete agronómico hasta entonces vigente se hicieron notar a fines de los años setenta, con la introducción de la soja en el cordón maicero argentino (Obschatko, 1996). En un sector agropecuario cuyos niveles de rentabilidad atentaban contra el dinamismo agregado, la tierra era uno de los activos que servían de refugio frente a las inestabilidades macroeconómicas, y el sector en su conjunto tendía a privilegiar los comportamientos conservadores en lo referido a la incorporación de tecnologías. Los esfuerzos públicos encaminados a introducir nuevos cultivos fueron el punto de arranque de una reconversión productiva que aún no puede calificarse de completa (Penna, 1983b). La falta de rentabilidad indujo algunos cambios de conducta, en el sentido de experimentar con nuevos cultivos, entre ellos la soja, junto con la cual, como se dijo antes, comenzó a utilizarse la siembra directa, todo lo cual desembocó en un uso más intensivo de biocidas y, en unos pocos casos, de fertilizantes.

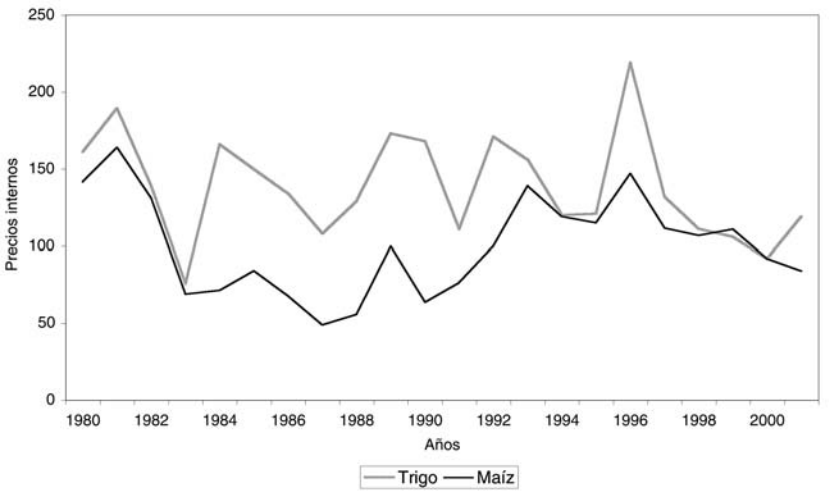
Como resultado de lo anterior, la producción de soja alcanzó en los años ochenta una meseta cuya altura oscilaba entre 7 millones y 8 millones de toneladas anuales, sobre la base de un modelo productivo caracterizado por la siembra convencional, el uso de un paquete de herbicidas e insecticidas de control, y la utilización restringida de fertilizantes (véase el cuadro III.6).

Cuadro III.6
ARGENTINA: PRINCIPALES INDICADORES DE SIEMBRA DIRECTA, HERBICIDAS Y UTILIZACIÓN DE SEMILLA TRANSGÉNICA DE SOJA, 1980-2001
(Hectáreas, porcentajes, litros y toneladas)

Año	Total siembra (*hectáreas*)	Siembra directa (*hectáreas*)	Siembra directa /total (*porcentaje*)	Consumo glisofato (*litros*)	Soja RR (*hectáreas*)	Soja RR / soja total (*porcentaje*)	Producción total de soja (*toneladas*)
1980/1981	1 925 000	–	–	…	–	-	3 770 000
1981/1982	2 040 000	–	–	…	-	-	4 150 000
1982/1983	2 362 000	–	–	…	-	-	4 000 000
1983/1984	2 920 000	–	–	…	-	-	7 000 000
1984/1985	3 300 000	1 000	–	…	-	-	6 500 000
1985/1986	3 340 000	1 500	–	…	-	-	7 100 000
1986/1987	3 700 000	6 000	0,2	…	-	-	6 700 000
1987/1988	4 413 000	22 000	0,5	…	-	-	9 900 000
1988/1989	4 670 000	50 000	1,1	…	-	-	6 500 000
1989/1990	5 100 000	80 000	1,6	…	-	-	10 700 000
1990/1991	4 966 600	280 000	5,6	…	-	-	10 862 000
1991/1992	5 040 000	445 000	8,8	…	-	-	11 310 000
1992/1993	5 319 660	775 000	14,6	100 000	-	-	11 045 400
1993/1994	5 817 490	1 350 000	23,2	250 000	-	-	11 719 900
1994/1995	6 011 240	1 670 000	27,8	500 000	-	-	12 133 000
1995/1996	6 002 155	2 150 000	35,8	762 000	-	-	12 448 200
1996/1997	6 669 500	2 859 500	42,9	1 263 000	36 735	0,6	11 004 890
1997/1998	7 162 250	3 250 000	45,4	2 852 000	1 756 000	24,5	18 732 172
1998/1999	8 400 000	3 782 500	45,0	4 543 000	4 800 000	57,1	20 000 000
1999/2000	8 790 500	5 016 000	57,1	6 097 000	6 640 000	75,5	20 206 600
2000/2001	1 020 000	6 658 800	67,0	8 235 000	9 290 000	90,1	26 882 912

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

Gráfico III.7
ARGENTINA:
EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS INTERNOS DEL TRIGO Y EL MAÍZ, 1980-2001
(100 = promedio del período)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de la investigación.

El modelo adoptado a comienzos de los años noventa significó un cambio sustantivo en el escenario económico, principalmente en dos sentidos: se modificaron los precios relativos y, como se dijo antes, se consolidaron los cambios en la oferta de insumos.

El nivel del tipo de cambio, establecido por la Ley de Convertibilidad, en conjunto con otras medidas, tuvo al comienzo un efecto ambivalente sobre los precios por una parte, retraso cambiario y, por otra, eliminación o reducción de las retenciones, según los productos de que se tratase y las tecnologías adoptadas. Sin embargo, esa ambivalencia había quedado determinada ya por la evolución positiva que habían seguido los precios internacionales en la primera mitad de los años ochenta. Así, como puede verse en el gráfico III.7, los precios del trigo y el maíz empezaron a elevarse hasta alcanzar un máximo a mediados de los años noventa. En el extremo opuesto, la combinación entre desregulación y tipo de cambio redujo el precio de algunos insumos importantes. Como resultado de ello, los precios relativos que enfrentó el sector fueron sumamente favorables en el primer quinquenio de la

década de 1990. Debe recordarse, sin embargo, que aún no se había hecho sentir el impacto de la soja y el maíz transgénicos.

La mejora de los precios relativos, en algunos casos considerable, suscitó expectativas de alta rentabilidad, lo cual, condiciones climáticas mediante, se vio reflejado en: i) un incremento de la producción, que elevó el promedio del quinquenio a poco más de 45 millones de toneladas, contra algo menos de 35 millones en el último quinquenio de los años ochenta, incremento que es atribuible en poco más de 75% al salto en la producción de soja; ii) un leve aumento de la superficie sembrada; iii) una elevación del rendimiento promedio, como resultado de las dos tendencias anteriores, donde intervienen conjuntamente las condiciones climáticas favorables y el impacto tecnológico asociado a una mayor difusión del uso de nuevas técnicas, herbicidas y fertilizantes; iv) un aumento de la demanda derivada de insumos, como tractores, maquinarias y equipos, biocidas y fertilizantes; y v) una fuerte revalorización de los activos de los productores, cuyo indicador central es el precio de la tierra. Despejadas las incertidumbres macroeconómicas —la tierra como inversión frente a la inflación—, el alza de precio de la tierra comenzó a responder a las expectativas de beneficios crecientes del sector.

Las expectativas de alta rentabilidad; la demanda de insumos, comprimida en los años anteriores; el dinamismo del mercado externo, y la revalorización de los activos, originaron un rápido proceso de capitalización a partir del crédito. En otras palabras, la producción primaria ingresó, sobre la base de las nuevas tecnologías, en una etapa de reequipamiento. La renovación tuvo lugar especialmente en máquinas de siembra directa, tractores de alta potencia, y equipos de fumigación conexos. Si a ello se suma la necesidad de contar con una mayor dotación de capital de trabajo, factor asociado al incremento de la producción, puede comprenderse por qué a mediados de los años noventa el sector en su conjunto exhibía, en forma simultánea, modernización tecnológica, concentración productiva y endeudamiento creciente.

Al igual que en otros sectores de la economía, pero con especificidades propias, la actividad agropecuaria experimentó un giro a partir de la segunda mitad de los años noventa, fecha en que el grueso del dinamismo productivo seguía aún basado en la soja convencional. Frente a una desmejora de los precios relativos, asociada al descenso de los valores internacionales, las estrategias de los productores —que contaban con capacidad instalada previa, lo cual implicaba altos costos de salida, y estaban afectados por elevados niveles de endeudamiento— se centraron en la doble vía de reducción de costos e incremento de los volúmenes producidos. Ése fue el contexto en que se liberó al uso comercial, en la segunda mitad de los años noventa, la semilla de soja

transgénica resistente al glifosato. En otras palabras, la disponibilidad comercial de esta variedad se mostraba, ante la óptica individual, como una herramienta que resolvía varios problemas simultáneamente, pues permitía reducir los costos en herbicidas, introducir mejoras productivas, afianzar el doble cultivo, y disminuir y simplificar el uso de mano de obra, todo lo cual redundaba en una restitución o un mejoramiento de la rentabilidad.

Este proceso, en que se concatenaron diversos factores, puede resumirse en la siguiente secuencia de acontecimientos:

i) Las expectativas favorables de ganancias que habían sustentado el dinamismo en la primera mitad de los años noventa debieron ser dejadas de lado a causa de la baja abrupta y generalizada de los precios en 1997 y 1998.

ii) Al tener una capacidad instalada fija, con escasa probabilidad de salida por efecto de las inversiones recientes, y con el peso de las deudas bancarias, el productor o el tercerista encontraron atractivo incrementar la producción.

iii) Sin embargo, ello debió hacerse sobre la base de una rentabilidad mínima, lo cual comenzó a presionar sobre la estructura de costos y los esquemas de financiación del capital de trabajo.

iv) En ese momento apareció la soja RR, lo cual permitió reemplazar el paquete completo de herbicidas, que funcionaba sobre la base de atrazinas y de varias aplicaciones, por otro muy simple, constituido sólo por dos aplicaciones de glifosato.

v) A la reducción de costos se sumó, en forma complementaria, la siembra directa, que comenzó a aplicarse a partir de ese momento con mayor intensidad, y cuyo despegue marchó en sentido inverso a la caída de precio de los productos finales.

vi) De esta forma, el nuevo paquete tecnológico, que se hallaba en estado latente, se activó con el ingreso de las semillas transgénicas. A partir de ello, el nuevo paquete se difundió masivamente y actuó como salida de la crisis provocada por la caída de los precios internacionales, con su consecuente impacto sobre la rentabilidad del productor. La respuesta a esto último fue la rápida adopción de un conjunto de técnicas ahorradoras de costos.

vii) En los años subsiguientes, el modelo se fue reforzando por la introducción del marco legal y operativo referido a los derechos de propiedad intelectual de la semilla de soja RR. Si bien regía la obligación de comprar al obtentor original, la labilidad del

sistema de control dio cabida a la reproducción no autorizada (bolsa blanca) y a la consiguiente difusión de la variedad.

viii) El modelo de fuga hacia delante, con fuerte impacto tecnológico y mejoras de la productividad, se fue consolidando en el último bienio, hasta el extremo de que tendió a desaparecer la modalidad tradicional de siembra, caracterizada por roturación, semilla convencional y aplicación de herbicidas múltiples.

De esta forma, la dinámica microeconómica desencadenada como respuesta a las modificaciones del entorno, específicamente a los cambios en los mercados de productos finales y de insumos, y como respuesta a las propias estrategias de supervivencia de los agentes, está en clara consonancia con un comportamiento de gran intensidad innovadora. Urgidos por las condiciones imperantes, los agentes se vieron forzados a adoptar y adaptar múltiples innovaciones que ya estaban disponibles, pero que adquirieron sentido conjunto cuando fueron articuladas por ciertos desarrollos biotecnológicos puntuales, una insistente oferta de insumos, y una plataforma técnica previa de lanzamiento. Esta conducta se sustentó en la casi libre difusión de las semillas transgénicas, facilitada por las circunstancias operativas y legales particulares que rodearon su temprana comercialización en el medio nacional.

Conclusiones

A lo largo de la década de 1990, la producción agropecuaria experimentó un fuerte crecimiento, en el marco de un modelo de desarrollo y acumulación centrado en las fuerzas del mercado, en que el sector agropecuario y otros sectores primarios aparecen como motores de la economía en su conjunto.

A partir de una capacidad productiva de cierta magnitud, y con claras potencialidades asociadas a la presencia de ventajosas dotaciones naturales, la actividad local, por obra del nuevo marco regulador —signado, entre otros rasgos, por la apertura de la economía a los flujos externos de capital y tecnología, y la desregulación de los mercados—, quedó enfrentada a los cambios tecnoproductivos en curso en el ámbito internacional y a los vaivenes directos del mercado externo. La debilidad del marco de protección de los derechos de propiedad intelectual de las semillas transgénicas facilitó enormemente su difusión. De esa forma, cuando comenzaron a gestarse, en el ámbito internacional, cambios significativos en el paradigma tecnoproductivo del agro, centrados en la aplicación masiva de la biotecnología, el sector agropecuario argentino replanteó su articulación externa.

Así, a diferencia de lo ocurrido en la revolución verde, la actividad agropecuaria nacional se puso rápidamente a la par con la oleada tecnológica internacional, para lo cual contaba con un acervo técnico importante y una favorable dotación de recursos naturales.

La rápida adopción de técnicas desarrolladas en el exterior, con la necesaria adaptación a las especificidades locales, estuvo centrada en las diversas biotecnologías aplicadas a la producción primaria, y ha tenido hasta ahora su epicentro en la difusión exponencial del uso de semillas transgénicas en cultivos de alto impacto sobre la actividad interna y el comercio internacional, conforme a una lógica ahorradora de costos. Este proceso se llevó a cabo, en gran medida, a través de la fuerte presencia de empresas de capital internacional en sectores clave de los diversos tramados agroalimentarios.

El proceso de difusión de las nuevas tecnologías —no lineal, caótico, y con múltiples facetas y condicionantes— es de magnitud tal, que cataliza y refuerza el uso de otras tecnologías y, en el marco del nuevo modo de regulación imperante en Argentina, tiende a establecer un nuevo modelo de organización de la producción primaria. Es en el marco de este modelo donde debe analizarse el impacto económico de los transgénicos en Argentina, tanto desde una visión de corto plazo, referida a los resultados sobre el comercio externo, la ocupación y el dinamismo de las actividades conexas al agro, como de largo plazo, centrada en el análisis de los procesos de acumulación de la sociedad en su conjunto.

El nuevo modelo de organización se está formando sobre la base de:

i) Un fuerte predominio de la oferta de insumos por sobre la producción primaria, a partir de un número acotado de grandes empresas internacionales que inciden sobre el posterior armado de las funciones de producción del conjunto.

ii) La formación de paquetes tecnológicos completos, del mismo nivel que las mejoras técnicas internacionales, que son ofrecidos por un número limitado de empresas internacionales, hecho que otorga a éstas una posición predominante en los respectivos tramados de producción. En un contexto de fuertes imperfecciones en los mercados crediticios, la financiación por parte de los proveedores de insumos tiende a consolidar este modelo.

iii) Si bien esta difusión se vio favorecida inicialmente por la debilidad del régimen de protección de los derechos de propiedad intelectual, se ha tendido a establecer esquemas contractuales que consolidan el posicionamiento de algunos

proveedores integrados de insumos.

iv) Estos nodos de poder económico —con fuerte base técnica— son contrarrestados en parte por la presencia de unos pocos avances locales centrados en los institutos públicos de investigación y algunas empresas privadas, a partir de acervos técnicos generados previamente —referidos, por ejemplo, al control de las variedades, la capacidad de análisis o las pruebas de calidad—, que se encuentran relacionados con las especificidades de la demanda local (asociada, a su vez, a la diversidad de suelos y climas).

v) Un proceso de difusión sustentado por una red de distribución comercial privada, que se convierte en un fluido canal de diseminación de tecnologías incorporadas y desincorporadas. Ello conduce a replantear la relación entre el sector público y el privado, en lo concerniente tanto a los nodos de generación como a los nodos de difusión de las tecnologías principales y de los paquetes agronómicos completos.

La dinámica que rodea la constitución de esta forma de organización lleva la impronta de las fuerzas de mercado, en el contexto de un recambio tecnológico schumpeteriano. Los esfuerzos públicos tuvieron como respuesta la introducción de algunos cultivos convencionales, como la soja, y de ciertas técnicas, tales como el doble cultivo, el uso masivo de fertilizantes y biocidas y la siembra directa. El proceso se aceleró entre mediados de los años ochenta y mediados de los años noventa, merced a una combinación de precios internacionales en alza y de desregulación interna, lo cual se tradujo en una mejora de los precios relativos del sector. Sus resultados fueron la incorporación masiva de tecnologías por la vía de los insumos, un salto cuantitativo en la producción, y un fuerte endeudamiento privado, hecho este último que abrió las puertas a una reestructuración del sector, basada en la concentración de la producción primaria. El clima recesivo de la segunda mitad de los años noventa, la caída de los precios internacionales, y la elevación de las tasas de interés internas pusieron el sistema al borde de la quiebra. En ese contexto, la aparición de la soja RR y el maíz Bt permitió una baja sustantiva de los costos, lo cual, en conjunto con otras técnicas, impulsó y consolidó el uso masivo los nuevos paquetes agronómicos. En ese sentido, la dinámica del mercado reforzó el modelo de organización que se estaba gestando y consolidó la conducta de los agentes clave —paquetes tecnológicos completos en manos de oferentes de insumos y oferta de servicios por parte de terceristas—, en el marco de la difusión masiva de las nuevas tecnologías. En el proceso de fuga hacia delante, los productores endeudados incrementaron la producción,

mediante la utilización de técnicas que reducen costos y tornan rentable la actividad, a fin de pagar sus deudas y mitigar la desvalorización del capital fijo. Facilitado el proceso por el marco regulador —inexistencia de patentes sobre la soja RR y los maíces Bt y LL—, por la adaptabilidad de las variedades lanzadas al medio local, el acervo y la oferta de bienes de capital, y por el conocimiento de las técnicas disponibles, como la siembra directa, la respuesta empresarial fue un salto en la producción y la difusión casi instantánea de los nuevos paquetes técnicos.

De esta forma, la presión de los mercados externos activó y reforzó las dinámicas presionadas desde la oferta de insumos, dinámicas que lentamente iban difundiéndose en el sector en pro de la configuración del nuevo modelo de organización. Sin embargo, visto desde una óptica temporal más amplia, el dinamismo de corto plazo no deja de presentar claroscuros. En efecto, la especialización externa sobre la base de productos transgénicos ahorradores de costos intensifica la ya fuerte concentración de las exportaciones en un número acotado de productos primarios, sujetos a los vaivenes monetarios y reguladores de los mercados externos, a la vez que centra su dinamismo en la ampliación de las fronteras cultivables hacia zonas situadas fuera de la región pampeana, desplazando con ello cultivos regionales y comenzando a generar algunas externalidades negativas. El desafío para el futuro consiste en diseñar estrategias de producción que agilicen el proceso de recuperación de terreno con respecto a los avances internacionales, tiendan a reemplazar los productos primarios por bienes de mayor valor agregado, y faciliten la acumulación en manos de los actores locales. Dadas las actuales condiciones nacionales e internacionales, ello exige necesariamente que el sector público y el privado elaboren y pongan en práctica estrategias conjuntas en diversos planos, tales como el acceso a terceros mercados o la formación de las institucionalidades asociadas a los sistemas de preservación de la identidad.

Cuadro III.7

EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE LOS PRINCIPALES INSUMOS POR CULTIVO. ARGENTINA, 1985/2001.

			1985*	1986*	1987*	1988[1]	1989[2]	1990[1]	1991[2]	1992[2]	1993[2]	1994[2]	1995[2]	1996[2]	1997[2]	1998[2]	1999[2]	2000[2]	2001
Trigo	Gasoil	QQ_ x 100 lt.	3,0	2,6	2,6	2,8	2,3	7,6	3,2	2,5	1,8	2,3	1,4	1,2	3,0	4,0	3,0	4,0	4,1
	2 4 D 100%	QQ_ x 100 lt.	44,7	40,0	53,3	57,0	66,8	80,0	60,0	40,0	35,0	41,0	26,0	24,0	32,0	42,0	31,0	32,0	31,0
	Fosfato diamónico	QQ_ x Tn.	-	-	-	31,1	35,4	53,0	34,0	24,0	19,0	26,0	17,0	16,0	22,0	30,0	29,0	29,0	27,0
	Urea	QQ_ x Tn.	-	-	-	-	-	-	28,0	22,0	16,0	20,0	16,0	14,0	16,0	19,0	16,0	20,0	21,0
	Tractor 100 HP	QQ_ x unidad	3 092,0	2 562,0	2 370,0	2 769,0	2 339,0	4 857,0	2 955,0	2 152,0	1 722,0	1 758,0	1 441,0	1 226,0	2 291,0	2 889,0	2 496,0	2 713,0	2 907,0
	Pick Up	QQ_ x unidad	-	-	-	-	-	1 167,0	1 733,0	1 390,0	1 250,0	1 518,0	930,0	785,0	1 274,0	1 687,0	1 458,0	1 584,0	1 506,0

			1985*	1986*	1987*	1988_	1989_	1990_	1991_	1992_	1993_	1994_	1995_	1996_	1997_	1998_	1999_	2000_	2001·
Maiz	Gasoil	QQ_ x 100 lt.	3,1	3,7	3,3	4,1	3,3	5,1	3,4	3,2	2,9	2,5	2,2	1,5	4,4	4,6	4,0	6,1	6,0
	Semilla	QQ_ x 100 lt.	-	-	-	5,7	5,1	7,9	7,8	7,3	7,6	8,6	6,8	3,1	7,8	6,4	6,4	9,6	8,8
	Urea	QQ_ x Tn.	-	-	-	38,0	40,7	27,0	29,0	27,0	25,0	21,0	26,0	18,0	24,0	22,0	21,0	31,0	32,0
	Fosfato diamónico	QQ_ x Tn.	-	-	-	-	-	-	36,0	31,0	30,0	32,0	28,0	20,0	32,0	35,0	38,0	44,0	40,0
	Atrazina 50%	QQ_ x 100 lt.	51,4	69,7	43,4	47,3	66,7	41,0	36,0	35,0	36,0	30,0	27,0	23,0	31,0	36,0	28,0	56,0	54,0
	Tractor 100 HP	QQ_ x unidad	3 191,0	3 761,0	3 019,0	4 120,0	3 452,0	3 271,0	3 140,0	2 802,0	2 711,0	2 196,0	2 296,0	1 589,0	3 378,0	3 319,0	3 302,0	4 143,0	4 290,0
	Pick Up	QQ_ x unidad	-	-	-	-	-	1 908,0	1 847,0	1 810,0	1 968,0	1 703,0	1 481,0	1 018,0	1 878,0	1 938,0	1 928,0	2 420,0	2 222,0

			1985*	1986*	1987*	1988_	1989_	1990_	1991_	1992_	1993_	1994_	1995_	1996_	1997_	1998_	1999_	2000_	2001·
Soja	Gasoil	QQ_ x 100 lt.	1,8	1,9	1,2	1,6	1,7	3,4	1,8	1,6	1,2	1,2	1,3	1,0	1,7	2,1	2,6	2,8	2,9
	Lazo	QQ_ x 100 lt.	35,9	34,9	20,8	26,6	40,6	31,0	23,0	23,0	19,0	18,0	20,0	15,0	16,0	21,0	28,0	26,0	25,0
	Roundup	QQ_ x 100 lt.	119,5	119,3	89,2	69,0	105,3	72,0	64,0	49,0	42,0	30,0	31,0	22,0	19,0	20,0	24,0	18,0	19,0
	Lorsban plus	QQ_ x 100 lt.	-	-	-	85,9	148,2	99,0	87,0	74,0	75,0	73,0	79,0	70,0	39,0	73,0	84,0	69,0	67,0
	Tractor 100 HP	QQ_ x unidad	1 871,0	1 880,0	1 126,0	1 609,0	1 726,0	2 151,0	1 706,0	1 408,0	1 169,0	1 078,0	1 391,0	1 058,0	1 311,0	1 522,0	2 108,0	1 880,0	2 045,0
	Pick Up	QQ_ x unidad	-	-	-	-	-	1 255,0	1 000,0	910,0	849,0	836,0	898,0	677,0	729,0	889,0	1 231,0	1 098,0	1 059,0

Notas:
(*) junio del correspondiente año
([1]) diciembre del correspondiente año
([2]) julio del correspondiente año

Capítulo IV

La bioseguridad de las plantas transgénicas

Rubens Onofre Nodari y Miguel Pedro Guerra[1]

Este capítulo trata sobre la bioseguridad de las plantas transgénicas, con hincapié en aquellas destinadas a la alimentación humana. En la primera sección se analizan las relaciones entre la ingeniería genética y las biotecnologías, la bioseguridad y las técnicas de fitomejoramiento. En la segunda sección está dedicada al concepto de análisis de riesgo, particularmente en lo que dice relación con la salud humana y ambiental. En la última sección se discute el principio de precaución, como principio regulador central en este campo de la actividad productiva.

1. Consideraciones generales sobre la ingeniería genética

a) La ingeniería genética y las biotecnologías

Una de las confusiones más comunes con respecto a la biotecnología es la creencia de que se refiere únicamente al ADN y la ingeniería genética. La expresión de biotecnología fue utilizada por primera vez por

[1] Los autores agradecen a Gabriela Claudia Cangahuala Inocente, Master of Science en Recursos Genéticos Vegetales, por la revisión crítica del manuscrito.

el ingeniero húngaro Karl Ereky, para designar todas las líneas de trabajo merced a las cuales es posible elaborar productos con ayuda de organismos vivos. En su perspectiva, la biotecnología era ciencia y tecnología a la vez (Murphy y Perrella, 1993). Por esa época ya se dominaban las técnicas de fermentación y de mejoramiento genético de plantas y animales. Posteriormente se han desarrollado numerosas técnicas biotecnológicas, entre ellas los cultivos de tejidos y órganos, el rescate de embriones, la fusión de protoplastos, los marcadores moleculares, el establecimiento de la secuencia de las proteínas y el ADN, y la ingeniería genética. Por consiguiente, lo más correcto sería hablar de biotecnologías, esto es, en plural.

La tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética propiamente tal difiere de las demás biotecnologías en cuanto otorga al ser humano la facultad de reprogramar la vida de cualquier organismo. Se trata, por ende, de un procedimiento revolucionario, sin precedentes en la historia de la humanidad. Además, el poder de la tecnología del ADN recombinante aumenta al asociarse con la clonación, procedimiento que es hoy objeto de intensos debates.

b) La tecnología y la bioseguridad

Con el avance de los nuevos procedimientos, en muchos países se decidió reglamentar la utilización de los productos de la ingeniería genética, esto es, los OGM u organismos transgénicos, en lo concerniente a su relación con la bioseguridad. Dado que la reglamentación se refiere sólo a estos productos y no a los de las biotecnologías restantes, en esta sección se hará alusión exclusivamente a los primeros.

Ahora bien, es poco lo que sabe aún acerca del efecto de estos organismos sobre la salud humana y el medio ambiente y acerca de los peligros que encierran. Ello se debe no sólo a la falta de investigación al respecto, sino también a la falta de control sobre el resultado de la construcción genética, esto es, el nuevo individuo transgénico, y sobre los movimientos del gen que ha sido transferido —conocido como transgene— a otras variedades o especies. Por tanto, para disponer de normas adecuadas de bioseguridad, es imprescindible subsanar tales deficiencias, es decir, desarrollar instrumentos de análisis de riesgo y mecanismos de seguimiento y rastreo.

Según la FAO (1999), el concepto de bioseguridad alude al uso sano y sostenible de los productos biotecnológicos y sus aplicaciones sobre los seres humanos, la biodiversidad y la sustentabilidad ambiental, como soporte del aumento de la seguridad alimentaria global. Por su parte, Teixeira y Valle (1996) definen bioseguridad como el conjunto de acciones

orientadas a prevenir, minimizar o eliminar los riesgos inherentes a las actividades de investigación, producción, enseñanza, desarrollo tecnológico y prestación de servicios, riesgos que pueden comprometer la salud de los seres humanos, los animales, las plantas y el medio ambiente.

De esa manera, mientras la biotecnología se ocupa del potencial y la naturaleza de las tecnologías, la bioseguridad guarda relación con los impactos y riesgos de los productos de aquella.

c) La ingeniería genética y el fitomejoramiento

Para ilustrar lo que se entiende por construcción genética, puede examinarse, por ejemplo, lo que ocurre en el procedimiento de obtención de la soja RR. En él se parte de un plasmidio, el cual será utilizado para obtener la mencionada variedad; posteriormente, el plasmidio es modificado in vitro, de donde resultan diversos fragmentos de ADN. La construcción genética contiene, en este caso específico, los siguientes elementos: un trozo de ADN del virus del mosaico de la coliflor, que cumple funciones de regulación; un fragmento de ADN de la planta de petunia, que codifica el péptido señal; dos fragmentos de ADN de dos bacterias distintas: EPSPS, que codifica la expresión de la proteína que confiere la resistencia al herbicida Round-up Ready, y la bacteria NOS, relacionada con una secuencia de regulación. Todos estos componentes se insertan en una célula, desde donde se regenera una planta transgénica. El plasmidio en cuestión contiene un gen de resistencia a un antibiótico, gen que está presente en numerosos transgénicos, y es utilizado sólo como marcador para poder seleccionar, en fases tempranas, aquellas plantas que se ha logrado transformar. Cuando un plasmidio contiene genes o parte de genes de diferentes especies, la construcción se denomina quimérica.

Según Rifkin (1999), la historia de la humanidad está signada por dos grandes conquistas tecnológicas: la primera es el fuego, que permitió, entre otras muchas cosas, cocinar alimentos durante todo el período anterior a la revolución industrial, y la segunda son las modernas biotecnologías, entre ellas la transgenia.

Muchos científicos y periodistas sostienen que no hay mayores diferencias entre el mejoramiento genético clásico, que opera por medio de selección y cruzamientos, y la transgenia, y que ambos procedimientos son, en el fondo, iguales. Sin embargo, no es así: en el primer caso, a través de la formación de gametos y la recombinación de genes, se sustituye una parte de la cadena de ADN de un individuo por una parte de la cadena de otro individuo. En este caso, por consiguiente, se sustituye un segmento de ADN que puede contener alelos de uno o más genes.

La transgenia, en cambio, opera de modo diferente: es necesario cortar distintas moléculas de ADN en un punto, pegarlas con otras e insertar ese conjunto de secuencias de ADN en un organismo, y esperar que esa quimera genética se integre en el genoma del organismo objetivo. En este caso, la transferencia de ADN tiene lugar sin cruzamiento sexual. Por lo tanto, no se trata de una sustitución de alelos, sino de adición de ADN, que la mayoría de las veces es exógeno.

Con ambas tecnologías puede llegarse al mismo resultado, por ejemplo, una planta resistente a un herbicida determinado, pero la naturaleza de ambas operaciones difiere radicalmente: como se dijo, una corresponde a la sustitución de una parte de la cadena de ADN de un individuo por otro segmento de la cadena de ADN de otro individuo, mientras que la segunda consiste en la inserción de una parte del código de un individuo en otro, por lo general proveniente de otra especie. Otra diferencia importante es que en el segundo caso las secuencias se producen en laboratorio y son, por lo tanto, conocidas, por lo cual es posible patentarlas. No ocurre así con el mejoramiento convencional, razón por la cual es completamente distinta también la protección intelectual que puede obtenerse en uno y otro caso.

d) OGM y derivados

A partir de estas indicaciones, puede establecerse una diferencia entre el OGM y sus productos. El grano de soja RR, por ejemplo, es un OGM o transgénico, pues tiene la capacidad de originar una nueva planta. Lo mismo ocurre con las papas, y por ello las papas fritas de variedades transgénicas son también transgénicas. Sin embargo, el aceite de soja de una variedad transgénica no puede ser considerado como un alimento transgénico, sino como derivado de un OGM, porque es posible que no contenga ningún elemento de los productos celulares modificados. Tampoco es genéticamente modificada la insulina producida por una bacteria que posee un gen humano introducido por transgenia. En este caso, la bacteria es transgénica, pero no así el derivado. Esta insulina es similar a la que normalmente produce el cuerpo humano. Puede distinguirse incluso una tercera clase de alimentos: aquellos en que se adiciona uno o más ingredientes derivados de OGM. Ejemplo de ello son ciertas salchichas que pueden contener harina de soja transgénica.

e) Contradicciones en la promoción de los transgénicos

Cuando se habla de los alimentos transgénicos y sus derivados, es imprescindible tomar en cuenta la opinión de los consumidores sobre ellos. En agosto de 2001, el Instituto Gallup, a petición de Greenpeace

International, levantó una encuesta al respecto en diversos países, conforme a la cual entre 70% y 80% de los entrevistados en Europa estaban en contra de su consumo, proporción que era de 74% en Brasil. No se conocen con precisión las causas de este rechazo, inesperado para los gobernantes y los defensores de la ingeniería genética. Sin embargo, diversas razones parecen contribuir a esa reacción, entre ellas el modo contradictorio en que las empresas fabricantes de transgénicos promocionan sus productos. En efecto, éstas se esfuerzan primero por demostrar que sus productos son diferentes de las demás variedades, para poder de ese modo obtener la patente. No obstante, poco después difunden una serie de antecedentes destinados a convencer a las autoridades estatales de que sus productos son equivalentes a los convencionales, con vistas a conseguir la autorización que permita su cultivo y comercialización. Posteriormente, las empresas, dirigiéndose ahora a los agricultores, sostienen que las variedades transgénicas son de mejor rendimiento que las convencionales, por lo cual su adopción significaría un ahorro para los agricultores, incluso si éstos deben pagar por el uso de la nueva tecnología. Finalmente, las empresas, y muchas veces las autoridades estatales, proclaman que los transgénicos y sus derivados son inocuos para la salud y el medio ambiente, puesto que no difieren de las variedades tradicionales.

Los consumidores captan por lo general esas contradicciones y, preocupados como están por los OGM y sus derivados, prefieren tomar sus precauciones y no consumirlos.

2. Análisis de riesgo

El riesgo hace alusión a la magnitud y la probabilidad de ocurrencia de los efectos nocivos de una sustancia o proceso. Ello significa que éstos serán más o menos peligrosos según mayores o menores sean la envergadura y la frecuencia del daño que causen. El análisis de riesgo comprende tres etapas: evaluación, gestión y comunicación. Aunque se trata de un análisis subjetivo, debe de todas formas estar basado en la magnitud del riesgo que encierra el agente estudiado.

Para evaluar los riesgos que entrañan los OGM para la salud humana y ambiental, se procura identificar ambos peligros y estimar su magnitud y frecuencia, así como determinar los productos convencionales que pueden servir de alternativa a los OGM. Aun así, se trata todavía de un análisis subjetivo, que implica aspectos físicos y biológicos, como también la definición de las prácticas óptimas en este plano (Department of Health and Human Sciences, 2001). Como los riesgos asociados a una variedad transgénica dependen de las complejas interacciones resultantes de la modificación genética, de la ontogenia de los organismos

involucrados, y de las propiedades del ecosistema en el cual es liberada (Tiedje y otros, 1989; Peterson y otros, 2000; Wolfenbarger y Phifer, 2000), los procedimientos de análisis deben ser aplicados en una amplia escala. De ese modo, la evaluación de los riesgos debe tener como base una matriz, que comprenda por una parte la escala espacial —planta, parcela, fincas agrícolas y región— y, por otra, los efectos directos e indirectos de la variedad transgénica en la agricultura, el ecosistema y la economía (Nodari y Guerra, 2001).

En muchos países, la liberación de un cultivar transgénico destinado al cultivo comercial en gran escala debe estar precedida de un estudio de impacto ambiental (EIA), el cual ha de englobar, entre otros aspectos, la evaluación de riesgos caso por caso y paso a paso. De esa manera, los peligros potenciales deben ser identificados a lo largo de la evaluación, estimándose en cada caso su probabilidad de ocurrencia, así como las posibles consecuencias adversas de la liberación del OGM.

Las evaluaciones de riesgos contienen, por lo general, consideraciones sobre los principales peligros de las plantas transgénicas. Así, es preciso considerar aspectos tales como: i) la ventaja selectiva conferida a un pariente silvestre a causa de la transferencia de genes a plantas sexualmente compatibles; ii) la posibilidad de una transferencia horizontal o lateral del transgene; iii) la posibilidad de que el polen de la planta transgénica tenga efectos alérgicos o tóxicos; iv) el aumento de la supervivencia, del establecimiento y la diseminación de las plantas transgénicas; y v) los efectos adversos sobre otros organismos y la toxicidad debida a los impactos directos o indirectos del transgene (Nodari y Guerra, 2001).

a) Peligros para la salud humana

La mayoría de las plantas transgénicas tienen uno o más genes de resistencia a los antibióticos. Según demuestran Ho y otros (1998), la recombinación y la transferencia horizontal entre bacterias aceleran la diseminación de los genes de los organismos patógenos a la especie humana. De ese modo, el riesgo reside en que las bacterias patógenas se vuelvan resistentes a dichos antibióticos, con lo cual disminuyen las posibilidades de controlar las enfermedades. Por tal motivo, en la UE se prohibió el uso de estos genes en trabajos de investigación a partir de 2002, y en productos comerciales a partir de 2004.

Un segundo tipo de riesgo se relaciona con las reacciones adversas a los alimentos derivados de OGM, las cuales pueden ser clasificadas en reacciones alérgicas y reacciones de intolerancia. Los alimentos alergénicos causan hipersensibilidad alérgica, mientras que los del

segundo grupo provocan alteraciones fisiológicas, como reacciones metabólicas anormales o idiosincrásicas y toxicidad (Finardi, 1999). Hay una serie de otros riesgos para la salud humana que deben ser analizados con los protocolos adecuados. Sin embargo, aún no se conoce la respuesta inmunogénica a diferentes proteínas de los transgenes. Por ejemplo, se ha comprobado que las toxinas del maíz Bt son inmunogénicas en ratas (Vázquez-Padrón y otros, 1999), es decir, provocan en éstas reacciones de sensibilidad. Cabe preguntarse, por consiguiente, qué podría suceder con aquellas poblaciones humanas que consuman grandes cantidades de maíz Bt.

En los Estados Unidos y otros países se encontraron, en 2000, varios alimentos de consumo humano que contenían derivados de la variedad de maíz Bt StarLink, la cual, debido a su potencial alergénico, había sido liberada sólo para consumo animal. Después de analizar 34 casos, una comisión de científicos especialmente convocada en los Estados Unidos para el efecto, concluyó que entre 7 y 14 personas habían manifestado reacciones alérgicas, causadas probablemente por el consumo de derivados del maíz Bt.[2] Este maíz contiene el gen Cry9c, cuya toxina puede resultar alérgica para el hombre.

También se hicieron estudios similares con respecto a la soja transgénica RR, pero los análisis no permitieron discriminar entre las posibles variaciones de las 16 proteínas alergénicas que contiene esta variedad. Padgette y otros (1996), al comparar los perfiles proteicos de las variedades de soja transgénica y no transgénica, encontraron, en pruebas hechas in vitro, que la cantidad del inhibidor de la tripsina, considerado alergénico, aumentaba 26,7%.

Lo anterior pone de relieve la necesidad de que la liberación de plantas transgénicas para cultivo comercial sea precedida por estudios nutricionales y toxicológicos de larga duración. Incluso se ha recomendado la prohibición de los genes de resistencia a antibióticos, la moratoria de las plantaciones comerciales y la mejora de la vigilancia sanitaria (BMA, 1999).

b) Riesgos ambientales

Si se toman en cuenta todos los posibles efectos de los transgénicos —esto es, los directos e indirectos; los inmediatos y de largo plazo, y los previsibles y no intencionales—, parece difícil pensar que puedan ser enteramente inocuos para el medio ambiente. Según los efectos que provoquen, los riesgos asociados pueden clasificarse en tres grupos:

[2] La comisión, convocada por el Organismo de Protección del Medio Ambiente, actuó en conformidad con la ley federal sobre insecticidas, fungicidas y rodenticidas.

alteración de la dinámica de las poblaciones; transferencia de genes, y contaminación de alimentos y del ambiente.

Entran en el primer grupo aquellos efectos nocivos sobre organismos que no son el objetivo mismo de la transformación genética, como las mariposas (Losey, Rayor y Carter, 1999; Hansen y Obrycki, 2001), las abejas (Pham-Delégue, 1997), los microorganismos del suelo (Saxena, Flores y Stotzky, 1999) y los enemigos naturales de las pestes, como avispas y otros. Se clasifican también en este grupo aquellos efectos que favorecen el desarrollo de una o más especies en detrimento de otras, como ocurre con el *Fusarium sp.* y los nemátodos, y el aumento de la frecuencia de pestes y malezas resistentes al efecto del transgene (Huang y otros, 1999; Al-Kaff y otros, 2000; Pengue, 2001). Por ejemplo, algunos investigadores chinos han verificado que en los cultivos de algodón Bt disminuye la población de parásitos que son enemigos naturales de pestes y malezas, y se reduce la diversidad de insectos en general (Xue, 2002). Según se comprobó en experimentos realizados en los Estados Unidos, las variedades transgénicas de algodón y de soja resistentes al Round-up Ready, después de cuatro años de cultivo en la misma zona, son más susceptibles, respectivamente, al ataque de nemátodos y del *Fusarium sp.* (Colyer y otros, 2002; Kremer, Donald y Keaster, 2000). Por último, Wolfenbarger y Phifer (2000) dieron a conocer los resultados de varios estudios sobre posibles daños a diversos componentes del ecosistema.

La transferencia de genes puede darse de dos maneras: i) transferencia vertical o cruce sexual entre plantas de diferentes variedades pero de la misma especie o de especies emparentadas, como ocurrió con la colza y el maíz; y ii) transferencia horizontal, mediada por virus, transposons o plasmidios (Syvadan, 1994; Träavick, 1999).

La diseminación de transgenes resulta más fácil con especies de fecundación cruzada. En diversos países se ha detectado que las características de resistencia a diferentes tipos de herbicidas se transfieren de las plantas cultivadas a las malezas y las plantas silvestres. Ello da origen, en el primer caso, a lo que se ha dado en llamar supermalezas, y, en el segundo, a contaminación genética.

Los impactos ecológicos de la transferencia de polen dependen de la capacidad de supervivencia y reproducción de los híbridos. Según Wolfenbarger y Phifer (2000), las tasas de supervivencia o de reproducción indican que la introgresión de transgenes en las poblaciones naturales depende del flujo génico subsiguiente y de la presión de selección. Estos autores dieron cuenta de 11 casos de surgimiento de híbridos entre variedades transgénicas y plantas emparentadas o malezas. Conforme a diversos estudios experimentales, los híbridos entre transgénicos y no transgénicos, e incluso las variedades interespecíficas, constituyen una

barrera tan sólo temporal e incompleta para la diseminación de transgenes hacia los tipos silvestres (Arriola y Ellstrand, 1998; Chèvre, y otros, 1997; Ellstrand, Prentice y Hancok, 1999; Spencer y Snow, 2000; Wipff y Fricker, 2000). Una vez incorporados en el genoma de las poblaciones de plantas silvestres, los transgenes pueden tornarlas más invasoras y, por lo tanto, potencialmente más peligrosas para la agricultura y la biodiversidad (Tiedje y otros, 1989; Fontes, Santos y Gama, 1996).

Sin embargo, no son éstos los únicos modos en que puede transferirse el ADN. En efecto, se han registrado diversos casos de absorción de ADN por parte de células eucarioticas. En uno de ellos se demostró que el ADN colocado en alimentos de ratones no se destruía totalmente en el tracto gastrointestinal de los animales, pudiendo llegar al torrente sanguíneo y pasar depués a los leucocitos o a las células del hígado (Tappeser, Jäger y Eckelckamp, 1999). En otro caso, las bacterias absorbieron transgenes de ADN de plantas (Nielsen, Van Elsas y Smalla, 2000). El intercambio de material genético también puede ocurrir entre plantas y virus. De igual forma, hay pruebas experimentales sobre la recombinación entre una planta transgénica y genes virales, y, asimismo, sobre un virus que infectó a aquélla (Greene y Allison, 1994). La inserción de secuencias virales en plantas puede volver más promiscuos a los virus, lo que provoca mayor número de enfermendades en las plantas.

Aunque no se sabe con exactitud en qué medida contribuye la ingenieria genética a la transferencia horizontal, es posible suponer, al menos hipotéticamente, que los cultivos transgénicos en gran escala pueden favorecer este fenómeno. Por lo general, las plantas transgénicas contienen elementos mediadores de la transformación in vitro, como plasmidios, transposons y virus. Los vectores utilizados para la obtención de plantas transgénicas suelen exhibir, en la construcción quimérica, el origen de la réplica, esto es, secuencias de transferencia, promotores fuertes y genes de resistencia a los antibioticos. Todos estos elementos facilitan la recombinación (Kholi y otros, 1999; Schmidt y otros, 2000), la inestabilidad (Windels y otros, 2001) y la transferencia de genes. Más áun, los plasmidios y virus quiméricos están sujetos a inestabilidades estructurales, hecho que también facilita la recombinación (Ho y otros, 1998). Tampoco son previsibles todas las consecuencias que ello puede acarrear.

En cuanto al tercer grupo, cabe indicar que el polen de las plantas transgénicas, transportado por el viento, los insectos u otros animales, puede contaminar los alimentos. La miel, por ejemplo, contiene 0,5% de polen, y éste puede corresponder total o parcialmente a polen de plantas transgénicas (*FOEE Biotech Mailout*, 2000). Este fenómeno, que ha sido comprobado más de una vez, constituye un grave problema para los

países exportadores de miel; para los apicultores, que son víctimas de esta tecnología, y para el producto mismo, que hasta ahora era considerado como natural y saludable.

Como es fácil comprender, la contaminación se ve facilitada por la proximidad de los cultivos. Por ejemplo, los productos agroecológicos de una finca que está cerca de otra en que se cultivan variedades transgénicas pueden resultar contaminados cuando las especies de uno y otro predio son de fecundación cruzada. Está demostrado que incluso en el caso de la soja, que es una planta de autofecundación, ha habido cruzamientos entre variedades trangénicas y variedades convencionales situadas a una distancia de hasta ocho metros entre sí (Abud y otros, 2001).

Las aguas también pueden ser contaminadas por las toxinas u otras proteínas y construcciones genéticas, puesto que la lluvia y el viento llevan polen y restos de cultivos a lagos y ríos.

Una de las consecuencias más inquietantes de los transgénicos es la contaminación de variedades criollas o de poblaciones silvestres de una especie cultivada en un centro de origen o de diversidad genética. Así ha ocurrido con el maíz en México (Quist y Chapela, 2001), donde las variedades criollas de maíz se cultivan especialmente para la alimentación humana, aparte de que su harina sirve para elaborar muchos de los platos típicos de la cultura mexicana. Actualmente, estas variedades están contaminadas con toxinas de maíz Bt, y también está contaminado el reservorio genético, que es una fuente de variabilidad genética.

Uno de los casos más serios de contaminación registrados hasta el presente es el ocurrido en los Estados Unidos con la variedad transgénica de maíz StarLink, que contiene el gen Bt Cry9c, potencialmente alérgico para los seres humanos. Como se mencionó anteriormente, esta variedad fue liberada en los Estados Unidos sólo para consumo animal, no obstante lo cual se detectó la presencia, en alimentos para seres humanos, de harina elaborada a partir de la variedad transgénica. De igual forma, como también se indicó, cantidades importantes de maíz StarLink se mezclaron con maíz no transgénico y fueron exportadas a otros países, a raíz de lo cual se suspendieron las importaciones de maíz desde los Estados Unidos.

Cabe destacar que en este caso no sólo los consumidores, sino también los agricultores resultaron perjudicados. En efecto, al menos 9% de las semillas de otras variedades que se sembraron en los Estados Unidos en las cercanías de los cultivos de StarLink quedaron contaminadas con el gen Bt Cry9c. Ello originó grandes conflictos entre los agricultores, acarreó problemas comerciales, y acrecentó la desconfianza hacia los productos transgénicos entre los consumidores.

En resumen, el mayor peligro reside en que, una vez liberado un transgénico al medio, no hay modo alguno de controlar su expresión génica, ni tampoco la diseminación de los transgenes y su impacto sobre otros organismos o el ecosistema. A diferencia de otro tipo de productos, que pueden ser retirados del mercado si se detecta una falla grave en su elaboración, no hay ninguna posibilidad de hacer otro tanto cuando los genes han sido liberados al medio ambiente; en este plano, simplemente no hay marcha atrás.

3. El principio de precaución

Se trata de un principio planteado en el preámbulo del Convenio sobre la Diversidad Biológica, suscrito en junio de 1992. En él se señala que cuando exista una amenaza de reducción o pérdida sustancial de la diversidad biológica, no debe alegarse la falta de pruebas científicas inequívocas como razón para aplazar las medidas encaminadas a evitar o reducir al máximo esa amenaza. El principio de precaución tiene cuatro componentes esenciales (Raffensperger, Tikckner y Jackson, 1999; Kriebel y otros, 2001): i) las medidas preventivas con respecto a los productos transgénicos deben adoptarse antes de la prueba científica; es decir, si no se puede probar que no ejercen efectos nocivos, no pueden ser liberados; ii) las pruebas de bioseguridad deben anteceder a las actividades con productos transgénicos, y deben estar a cargo de los propietarios de la tecnología; iii) ante la presencia comprobada de daños causados por las actividades en cuestión, debe considerarse un número razonable de alternativas; y iv) para que la decisión adoptada sea efectivamente precautoria, ésta debe ser abierta, transparente y democrática, y ha tener en cuenta la participación de todos los actores afectados.

De acuerdo con ello, es preciso evaluar simultáneamente opciones sustentables desde el punto de vista agrícola y ambiental. Una de esas opciones es la agrodiversidad de las unidades agrícolas, término utilizado para definir la diversidad genética (intraespecífica) y la diversidad de especies (interespecífica) dentro de un determinado cultivo. Por ejemplo, Zhu y otros (2000) demostraran que la heterogeneidad permite contrarrestar la vulnerabilidad que presentan los monocultivos a las enfermedades. En ciertas variedades de arroz vulnerables a determinada enfermedad (“bruzone”), la productividad aumentó 89% y la incidencia de la enfermedad se redujo 94%, todo ello en comparación con el monocultivo, cuando tales variedades fueron cultivadas en combinación con variedades resistentes.

Cabe preguntarse cómo debería funcionar en la práctica el principio de precaución. He aquí una respuesta posible: la liberación de un cultivar

transgénico para la explotación comercial en gran escala debería estar precedida de un EIA, en el cual tendría que figurar una evaluación de riesgo caso por caso y paso a paso. Como se indicó, la amplitud de esta evaluación puede medirse con una matriz, referida por una parte a la escala espacial —planta, parcela, labores agrícolas y región— y, por otra, a los efectos directos e indirectos sobre la agricultura, la ecología y la socioeconomía (Nodari y Guerra, 2001).

La complejidad de la evaluación deriva del hecho de que los riesgos y beneficios asociados a un cultivo específico cambian y se hacen más difíciles de medir conforme aumenta la superficie cultivada, por lo cual entran en juego otros aspectos que es preciso considerar. Según Peterson y otros (2000), los impactos indirectos sobre los ecosistemas son mucho más difíciles de investigar, monitorear y, en consecuencia, de predecir. En opinión de estos autores, ése es uno de los orígenes de la controversia entre ambientalistas y biólogos moleculares, pues mientras los primeros se refieren sobre todo a los impactos sociales y ambientales de los transgénicos, los segundos se remiten a los experimentos realizados en laboratorios o invernaderos con una planta o un número reducido de ellas.

Conclusiones

La principal conclusión que se desprende de lo anterior es que se sabe muy poco aún acerca de los efectos de los OGM sobre la salud humana y el medio ambiente. Se sabe, sí, que hay posibilidades de traspaso de genes entre especies relacionadas o emparentadas, e incluso entre especies no relacionadas, y se conocen también algunas de las eventuales consecuencias de ello. Prácticamente nadie pone en duda que, una vez liberado un organismo transgénico al medio ambiente, es imposible poner atajo a los daños que éste puede causar: se trata de un error imposible de enmendar. Dado lo anterior, es imprescindible extremar la cautela a la hora de realizar investigaciones científicas sobre la materia, cautela que debe estar en obra antes de la liberación de los transgénicos para su explotación y consumo en gran escala. Por otra parte, el creciente interés de la sociedad en el fenómeno pone de relieve la importancia de propiciar la participación de los diferentes segmentos de la población en las decisiones que se adopten al respecto (Raffensperger, Tikckner y Jackson, 1999). Si ambas estrategias operan en conjunto, es dable esperar que muchos de los mencionados problemas puedan evitarse en el futuro.

Capítulo V

Política comercial y organismos genéticamente modificados: el mercado mundial de la soja y el caso de Argentina

Eduardo R. Ablin*
Santiago Paz**

Las opiniones expresadas en este artículo son de exclusiva responsabilidad de los autores por lo que pueden no coincidir con las de la Comisión y no comprometen a las instituciones en las cuales se desempeñan.

1. Introducción

Dos hechos fundamentales han caracterizado el mercado internacional de la soja en los últimos veinticinco años. El primero fue, a fines de los años setenta, la transformación de los países del Cono Sur —principalmente Brasil y Argentina— en grandes productores de esta oleaginosa. El segundo fue la aplicación de la técnica de modificación genética a las semillas de soja, a mediados de la década de 1990.

* Embajador, Servicio Exterior, República Argentina
** Economista de Gobierno

Cabe reconocer que estos hitos difícilmente hubieran tenido lugar sin un acontecimiento adicional en el campo de la política comercial. En las negociaciones de la Ronda Dillon del GATT,[1] la Comunidad Económica Europea (CEE) decidió permitir el ingreso de las habas de soja y sus harinas con arancel nulo.[2] Nadie podría haber imaginado en aquella época que este producto se convertiría en la fuente proteica vegetal más importante del mundo ni, por ende, las consecuencias que tendría aquella negociación aparentemente de escasa relevancia.

Tampoco se podría haber previsto que el avance de la política de fomento del sector lácteo de la CEE, con la consiguiente sustitución de importaciones de carne —particularmente la roja—, impulsaría el acceso masivo de productos destinados a satisfacer las necesidades de alimentación del ganado, sobre todo de soja.

Puede decirse, entonces, que la enorme expansión del mercado internacional de la soja en el período que se analiza es el resultado involuntario de una concesión comercial que la CEE ha tratado de revocar infructuosamente. En este sentido, a medida que los planificadores comunitarios fueron tomando conciencia de que el constante aumento de la producción láctea de la región, así como sus crecientes excedentes pecuarios, requerían un incesante incremento de la importación de proteínas baratas, intentaron sustituir esta corriente por el consumo de cereales de producción propia. Buena parte de la década de 1980 estuvo marcada por un intenso debate en torno al acceso al mercado comunitario de los "sustitutos de cereales", categoría que incluía diversos productos de gran valor nutricional para la alimentación animal. En los casos en los que la CEE logró modificar unilateralmente las condiciones de acceso, como sucedió con la mandioca procedente de Tailandia y el afrechillo de trigo de Argentina, la entrada se vio severamente limitada.[3]

Sin embargo, esto no sucedió con la soja gracias a la citada concesión comercial en el marco del GATT. A lo largo de la década de 1980, la CEE intentó "desconsolidar" la soja y sus harinas, conforme al mecanismo previsto en el artículo XXVIII del GATT.[4] Esta iniciativa tuvo una fuerte

---

1 Ronda de negociaciones comerciales multilaterales llevadas a cabo en el marco del Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), entre mayo de 1961 y marzo de 1962.

2 En aquel entonces la CEE estaba integrada por los seis Estados Miembros fundadores y se encontraba en el proceso de estructuración de su política agrícola común.

3 Véase The Consultants International Group, Inc./Abel, Daft & Earley, Inc. (1986), "Estudio sobre los efectos de los subsidios en el complejo oleaginoso en países relevantes", Washington, D.C., Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA).

4 Los aranceles negociados en las listas nacionales de cada Parte Contratante en el GATT se consideran consolidados. Para modificarlos se debe recurrir al procedimiento

oposición de Estados Unidos.[5] En una perspectiva histórica, podría decirse que esta controversia inauguró un largo período de conflictividad en torno del mercado internacional de la soja, con etapas de mayor o menor intensidad.

2. Evolución de los cultivos genéticamente modificados: el caso de la soja

Los hechos reseñados, en particular el reticente reconocimiento comunitario de la imposibilidad de "desconsolidar" el tratamiento arancelario negociado en el GATT para la soja y sus subproductos proteicos, así como la conclusión de la Ronda Uruguay de negociaciones comerciales —al amparo del Acuerdo Blair House—, abrieron un camino particularmente alentador para el fortalecimiento del desarrollo de la soja en el Cono Sur. Cerca de la finalización de la Ronda Uruguay (campaña 1993/1994) se registraban cosechas de 11,7 millones de toneladas en Argentina y de 22,5 millones en Brasil. Las campañas inmediatamente posteriores al fin de las negociaciones marcaron el inicio de la difusión internacional de la tecnología de los transgénicos. Su aplicación a la soja representó un significativo punto de inflexión en la historia de este cultivo.

La adopción de esta tecnología en la agricultura se ha incrementado de forma constante desde su aparición a mediados de la década de 1990. El área mundial sembrada con cultivos derivados de organismos genéticamente modificados pasó de 1,7 millones de hectáreas en 1996 a 67,7 millones en el 2003, lo que representa una tasa de aumento anual superior al 10%. En otros términos, durante el 2003, alrededor de 7 millones de agricultores de todo el mundo produjeron cultivos genéticamente modificados, por un valor global de mercado estimado equivalente a 4.500 millones de dólares (James, 2003).

---

contemplado en el artículo XXVIII del Acuerdo, donde se disponen negociaciones específicas para la "modificación de listas". Para renegociar una concesión otorgada es necesario compensar a las Partes Contratantes que intervinieron en la negociación inicial, así como a aquellas que, en un período representativo previo a la modificación propuesta (generalmente interpretado como tres años completos para los que se disponga de estadísticas de intercambio), hayan actuado como abastecedores principales o tuvieran un interés sustancial en el comercio mundial del producto considerado.

5 En una primera instancia, la situación se resolvió mediante el denominado Acuerdo Blair House (Washington, noviembre de 1992) que, al regular los límites al desarrollo de los cultivos oleaginosos en la Unión Europea, abrió el camino para la conclusión de la Ronda Uruguay del GATT.

Si bien son cada vez más los países que se incorporan a la producción de transgénicos, solo seis concentran el 99% del área cultivada actual.[6] En Estados Unidos se sembraron 42,8 millones de hectáreas durante el 2003 (63% del total mundial), en Argentina 13,9 millones (21%), en Canadá 4,4 millones (6%), en Brasil 3 millones (4%), en China 2,8 millones (4%) y en Sudáfrica 0,4 millones (1%).

En lo que se refiere a la distribución por tipo de cultivo, la soja ocupa holgadamente el primer lugar, con 41,4 millones de hectáreas en el 2003 (61% del área total), seguida por el maíz (15,5 millones de hectáreas, equivalentes al 23% del área total), el algodón (7,2 millones de hectáreas, 11%), y la colza (3,6 millones de hectáreas, 5%).

En el 2003, por primera vez desde el surgimiento de la tecnología de los transgénicos, el 55% del área mundial cultivada con soja (76 millones de hectáreas) correspondió a soja genéticamente modificada.

En términos relativos, Argentina encabeza esta producción, ya que casi totalidad del área sembrada con soja es de origen transgénico, seguida de Estados Unidos, país en el que el 81% de la superficie total dedicada a la soja está sembrada con variedades transgénicas. En el gráfico V.1 se puede apreciar la evolución del área sembrada con soja en Argentina, a partir de la incorporación de la variedad Roundup Ready (RR) en la campaña 1996/1997.[7] La introducción de esta tecnología ha tenido efectos particularmente notables en la región pampeana, puesto que el área sembrada con soja se ha visto prácticamente duplicada entre la campaña en la que se produjo la primera incorporación de soja RR (6,67 millones de hectáreas) y la correspondiente a 2003/2004 (14,23 millones de hectáreas). Asimismo, la tasa de incorporación de la soja genéticamente modificada ha resultado ser la más alta del mundo, dado que se pasó de menos del 1% de la superficie sembrada a casi el 100%. Esta rápida incorporación de la tecnología de los transgénicos permitió al productor elevar los rendimientos de manera formidable, de 11 millones de toneladas en 1996/1997 a 32 millones de toneladas en 2003/2004.[8]

---

[6] Hasta el 2003 se registraban 18 países productores de organismos genéticamente modificados: Alemania, Argentina, Australia, Brasil, Bulgaria, Canadá, China, Colombia, España, Estados Unidos, Filipinas, Honduras, India, Indonesia, México, Rumania, Sudáfrica y Uruguay.

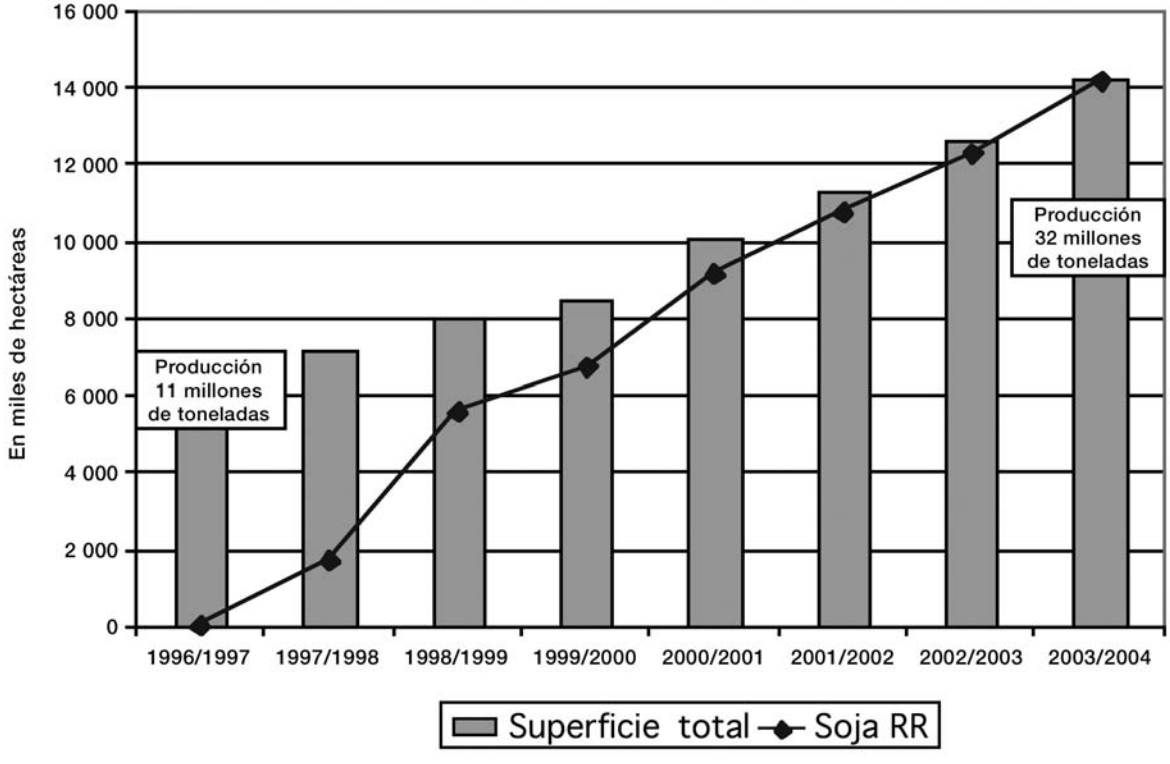
[7] La variedad más significativa de soja modificada genéticamente —soja Roundup Ready o RR— resulta de introducir en la semilla el gen de un microorganismo que torna la planta resistente a uno de los herbicidas más efectivos (el glifosato), con lo cual éste puede aplicarse de la forma más apropiada en cada caso, sin afectar el rendimiento y calidad del cultivo.

[8] Estimación de la SAGPyA, al 10 de septiembre del 2004. Disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/agricultura/mensual/estimacione_mensuales.php>.

Cabe notar que mientras que el área sembrada con soja se ha duplicado en solo ocho campañas, la producción de la oleaginosa se triplicó con creces, lo que refleja un incremento de la productividad del 36%. Esta evolución no puede atribuirse exclusivamente a la introducción de la soja modificada genéticamente. Hubo otros factores que tuvieron una gran influencia en el desarrollo del sector durante la década de 1990, entre los que cabe mencionar la consolidación del ciclo húmedo en zonas del noreste y noroeste de Argentina, con la consiguiente expansión de la frontera agrícola apta para el cultivo de soja; la elevada incorporación de bienes de capital; el creciente uso de productos agroquímicos y la formidable difusión de la técnica de siembra directa. Sin embargo, el sustantivo aporte de la tecnología de los transgénicos al éxito de la soja en la Argentina resulta incontestable. En forma sintética, podría decirse que la masiva adopción del paquete tecnológico de la soja genéticamente modificada y la siembra directa por los agricultores pampeanos fueron las dos causas principales del cuantioso aumento de la producción de soja.[9]

[9] Véase Trigo y otros (2002) para un análisis más detallado al respecto.

Gráfico V.1
ARGENTINA: EVOLUCIÓN DEL ÁREA SEMBRADA CON SOJA



Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) de Argentina.

Según puede observarse en el gráfico V.2, el incremento del área sembrada con soja en Argentina y sus rendimientos progresivos, sumados a la creciente producción brasileña, han llevado al desplazamiento de los Estados Unidos como principal potencia productora de soja por primera vez en la historia durante la campaña 2002/2003. Esta tendencia parece profundizarse. En efecto, en la campaña 2003/2004, la suma de la producción de soja de Argentina y Brasil alcanzaría los 86,6 millones de toneladas, y superaría una vez más la cosecha de Estados Unidos, de aproximadamente 65,8 millones de toneladas (USDA/FAS, 2004). La consolidación del Cono Sur como principal productor tiene importantes consecuencias para el futuro de la comercialización mundial del complejo de la soja. Asimismo, refleja un cambio en las condiciones de competitividad de Estados Unidos en dicho sector, que probablemente impulse una reevaluación de su estrategia.

De esta forma, las ventajas que la ley agrícola de los Estados Unidos prevé para la soja se están reduciendo en relación con los demás cultivos.[10] Por una parte, el incremento de los precios de referencia de la soja para el período 2004-2007 en relación con los del bienio 2002-2003 es el más bajo de los nueve cultivos considerados. Por otra, es el único de los cultivos para el que se establece una evolución negativa de los precios sostén en el período 2003-2004 respecto de los vigentes entre 1996 y el 2002.

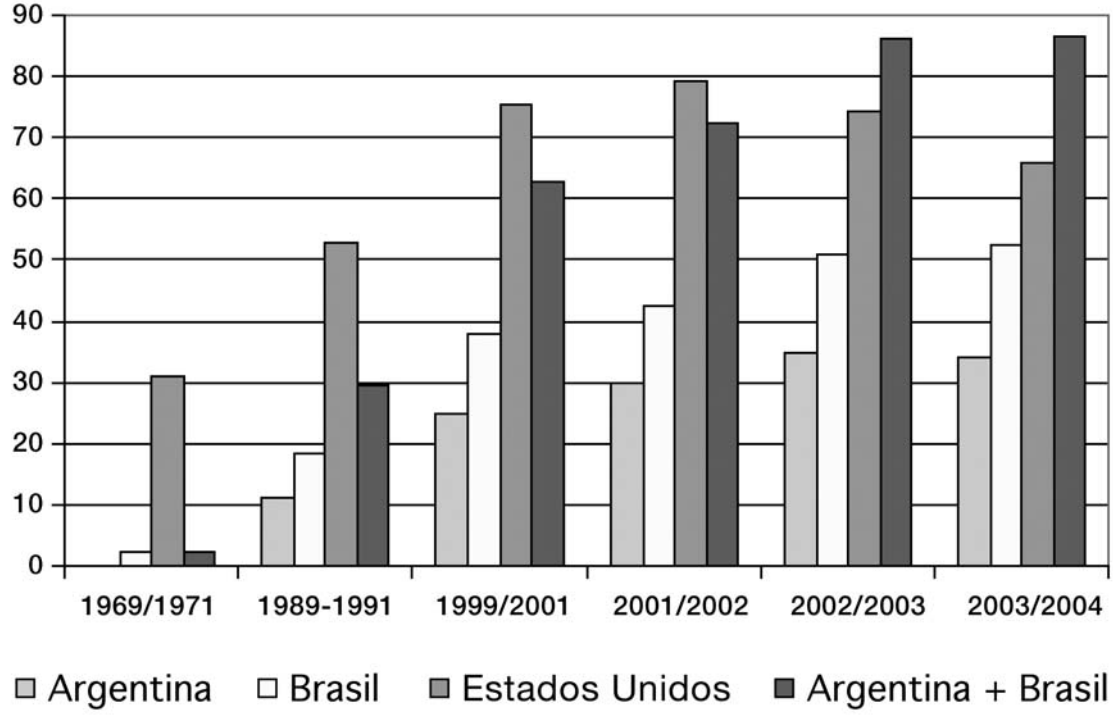
Por último, cabe destacar que la creciente importancia de Argentina en materia de producción de soja se ve claramente reflejada en sus exportaciones, ya que ha dado lugar a la conformación del principal sector exportador del país. Tal como se muestra en el gráfico V.3, si se considera el complejo de la soja en su conjunto (habas, harinas proteicas y aceites), Argentina encabeza el mercado de exportación internacional, con una participación del 35,2%, seguida por Brasil y Estados Unidos, con un 32,7% y un 19,1%, respectivamente.[11] Cabe observar que en 1980 Estados Unidos concentraba el 45,7% de las exportaciones del complejo. Por su parte, Brasil y Argentina, que en el mismo año eran responsables del 32,6% de las exportaciones, reúnen ahora el 67,9%, expansión claramente lograda a expensas de la participación estadounidense. De esta forma, el Cono Sur, que como grupo de países es desde hace algún tiempo el primer exportador mundial del complejo, ahora consolida también su posición de principal productor mundial de soja.

---

[10] Se trata de la Farm Security and Rural Investment Act of 2002 (Public Law No. 107-171), del 13 de mayo del 2002.

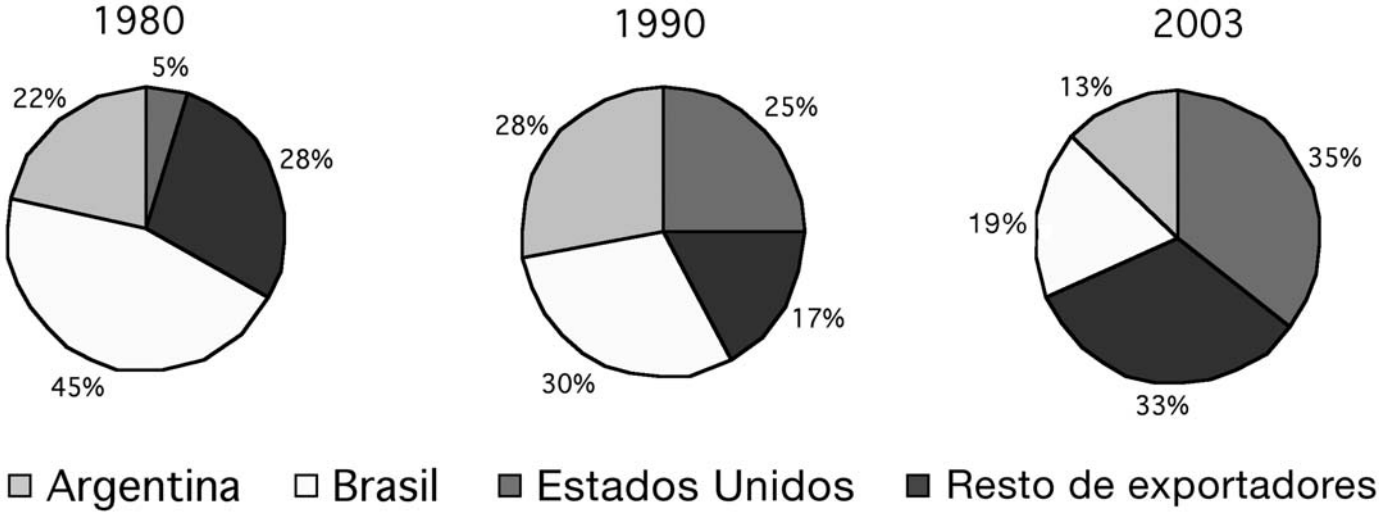
[11] Las participaciones relativas en cada uno de los segmentos del complejo sojero son diversas, por lo que a efectos de homogenizar el cálculo se llevaron las harinas y aceites a base habas según los parámetros técnicos usuales, que resultan de aplicar coeficientes de conversión a las harinas y los aceites (0,81 y 0,17, respectivamente), con el fin de expresar así las cantidades correspondientes en términos de habas.

Gráfico V.2
PRODUCCIÓN DE SOJA *(En millones de toneladas)*



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, *World Agricultural Supply and Demand Estimates Report,* Washington, D.C., varios números.

Gráfico V.3
EXPORTACIONES DEL COMPLEJO DE LA SOJA
PARTICIPACIÓN PORCENTUAL EN AÑOS SELECCIONADOS (EN BASE HABAS)



Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Si se recuerda que en el 2003 la exportación agregada de soja y sus subproductos provenientes de Argentina y Brasil superó por primera vez en la historia a la de Estados Unidos, las modificaciones de la ley agrícola de este país resultan significativas para un análisis global. La disminución relativa del apoyo al cultivo de soja en Estados Unidos, junto con la pérdida de su predominio como primer exportador de este producto, permite suponer que las autoridades del país prevén una pérdida de competitividad en comparación con el Cono Sur, que no valdría la pena tratar de compensar con una mayor asignación de subsidios. En otras palabras, Estados Unidos estaría reconociendo que el futuro de la soja a nivel internacional dependerá en mayor medida de sus grandes competidores en América del Sur que de los esfuerzos que el agro americano pudiera llevar a cabo.[12] Si así fuera, el debate en la región acerca del futuro del desarrollo del complejo de la soja, y especialmente del aporte de la soja genéticamente modificada, se volvería aún más trascendente.

3. La soja genéticamente modificada y la soja convencional en Argentina: márgenes para el productor pampeano

El vertiginoso ritmo de incorporación de la soja genéticamente modificada a la agricultura argentina refleja las considerables ventajas de las semillas transgénicas para el productor agropecuario pampeano. En estudios anteriores se han analizado estas ventajas, entre las que pueden mencionarse la mayor efectividad en el control de malezas y plagas, que favorece el aumento de los rendimientos; menores costos de producción, debido a la reducción de la necesidad de aplicación de herbicidas y plaguicidas, y la facilitación de las labores de producción (Ablin y Paz, 2000, 2001 y 2003). Sobre la base de estas diferencias de costos y rendimientos, se estima que la diferencia de márgenes brutos para el productor pampeano entre el cultivo de soja convencional y el de soja genéticamente modificada es de alrededor de un 29,5% en favor de

[12] Desde una perspectiva distinta, cabe observar la coincidencia de otros autores respecto de esta previsible evolución de la política sojera de los Estados Unidos: "ha quedado claro para las autoridades de los Estados Unidos que la estrategia a favor de la producción de esta oleaginosa (soja) resultó un verdadero fracaso. No les fue posible desplazar a sus competidores, sino que éstos los superaron en corto tiempo. No es fortuita, entonces, la recomendación que hizo el Servicio de Investigación Económica dependiente del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, donde se enfatiza la importancia de contar con una Fundación que siga de cerca los adelantos y el desarrollo de la agricultura de la Argentina y el Brasil" (M. Alvarado Ledesma, La Nación, Buenos Aires, Argentina, 17 de mayo del 2003).

esta última.[13] Esta diferencia de márgenes podría incluso resultar muy superior si se computa el costo de certificar la naturaleza no transgénica de una cosecha de soja convencional. Si se toman en consideración los costos potenciales de segregación o identidad preservada de la soja en Argentina, podría estimarse una diferencia de márgenes brutos en favor de la transgénica de aproximadamente un 46% (véase el cuadro V.1).[14]

Cuadro V.1
DIFERENCIA DE MÁRGENES BRUTOS ENTRE LA SOJA GENÉTICAMENTE MODIFICADA Y LA CONVENCIONAL

a) Sin considerar costos de Identidad Preservada

Precios (en dólares por quintal)[a/]			Margen bruto promedio			
			SC	SGM	Diferencia	
SC	SGM	Variación Porcentual[b/]	(En dólares por hectárea)		(En dólares x hectárea)	En porcentajes
44,5	44,5	0,0%	611,4	791,9	180,4	29,5%
46,7	44,5	5,0%	666,1	791,9	125,7	18,9%
48,9	44,5	10,0%	720,5	791,9	71,3	9,9%
51,2	44,5	15,0%	777,4	791,9	14,4	1,9%
51,8	44,5	16,4%	791,9	791,9	0,0	0,0%
55,6	44,5	25,0%	886,3	791,9	-94,4	-10,7%

Fuente: elaboración propia sobre la base de cifras oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina.
a/ El precio de la soja genéticamente modificada corresponde al precio a cosecha en mayo del 2005 (Mercados de futuros), en tanto que se han considerado distintas hipótesis de diferenciales de precio para la soja convencional.
b/ Variación porcentual del precio de la soja convencional respecto del precio de la soja genéticamente modificada.
Nota: la primera línea presenta los diferenciales de márgenes estimados. El sombreado indica el punto de indiferencia para el productor.
Quintal = 100 kg. SC = soja convencional. SGM = soja genéticamente modificada.

[13] El presente cálculo no supone que la soja genéticamente modificada no brinde también ventajas cuantificables para el productor fuera de la pampa (por ejemplo, en Santiago del Estero, Chaco o Salta), aunque las limitaciones estadísticas facilitan el cálculo para la zona núcleo pampeana. Se trata de una estimación actualizada en septiembre del 2004, sobre la base de la metodología contenida en Ablin y Paz (2001).

[14] Se ha considerado el costo promedio de segregación para la soja producida en la zona núcleo pampeana, con un umbral de tolerancia del 5%. Un análisis detallado de los costos de segregación en Argentina figura en SAGPyA (2004).

b) Considerando costos de Identidad Preservada

Precios (En dólares por quintal)[a/]			Margen bruto promedio			
			SC	SGM	Diferencia	
SC	SGM	Variación Porcentual[b/]	(En dólares por hectárea)		(En dólares x hectárea)	En porcentajes
44,5	44,5	0,0%	541,4	791,9	250,4	46,3%
46,7	44,5	5,0%	596,1	791,9	195,7	32,8%
48,9	44,5	10,0%	675,3	791,9	116,6	17,3%
53,4	44,5	15,0%	761,9	791,9	30,0	3,9%
54,6	44,5	22,8%	791,9	791,9	0,0	0,0%
55,6	44,5	25,0%	816,3	791,9	-24,4	-3,0%

Fuente: elaboración propia sobre la base de cifras oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de Argentina.
a/ El precio de la soja genéticamente modificada corresponde al precio a cosecha en mayo del 2005 (Mercados de futuros), en tanto que se han considerado distintas hipótesis de diferenciales de precio para la soja convencional.
b/ Variación porcentual del precio de la soja convencional respecto del precio de la soja genéticamente modificada.
Nota: la primera línea presenta los diferenciales de márgenes estimados. El sombreado indica el punto de indiferencia para el productor.
Quintal = 100 kg. SC = soja convencional. SGM = soja genéticamente modificada.

Estos análisis del costo de la implantación y el cultivo de las variedades disponibles de soja en el contexto pampeano, caracterizados por un marcado sesgo diferencial en favor de la soja transgénica, permiten inferir que es difícil, en el mediano plazo, alcanzar en los mercados internacionales un nivel de prima de precios en favor de la soja convencional que justificara su elección por parte del productor argentino.[15]

Sobre la base de los elementos reseñados, la ecuación de rentabilidad del productor podría explicarse mediante la siguiente fórmula:

$$\mathbf{MB_{SGM} - (MB_{SC} - Costos\ IP) = DMB}$$

Donde los términos corresponden a:

- MB_{SGM} Margen bruto de la soja genéticamente modificada
- MB_{SC} Margen bruto de la soja convencional
- Costos IP Costo de la segregación/identificación preservada
- DMB Diferencia de márgenes brutos resultante

[15] La prima de precios a favor de la soja convencional se fundamenta en la potencial preferencia del consumidor de los mercados desarrollados por esta variedad, en razón de la mayor confiabilidad que le atribuye. En efecto, en la función de demanda de un determinado bien están subyacentes las preferencias del consumidor, que quedan

Por lo tanto, en aquellos casos en que la prima de precio en favor de la soja convencional compensara la DMB, el productor continuaría cultivando soja convencional o se vería incentivado a retornar su producción si se hubiera orientado hacia la transgénica. Si, por el contrario, la prima de precio de la soja convencional resultara insuficiente para cubrir la DMB, el productor se orientará hacia el cultivo de soja genéticamente modificada. El hecho de que los productores pampeanos se hayan inclinado masivamente hacia esta última refleja que el mercado convalida esta última hipótesis.

Dadas estas estimaciones, sería necesaria una prima de precio de la soja convencional del 16,4% (del 22,8% si se consideran los costos de identidad preservada) para compensar la diferencia de márgenes brutos a favor de la soja genéticamente modificada, estimada en 29,5% y 46,3% con y sin costos de identidad preservada, respectivamente.

En este sentido, lo sucedido durante los cuatro años de experiencia de segregación de las cotizaciones de soja convencional y modificada en la Bolsa de Cereales de Tokio permitió corroborar que la prima de precios que el mercado japonés está dispuesto a satisfacer para importar soja convencional no alcanzaría la magnitud suficiente para compensar los costos en los que incurre el agricultor pampeano al aplicar el complejo proceso de trazabilidad e identidad preservada necesario para beneficiarse del nicho de mercado correspondiente.[16] Esta conclusión resulta aún más importante si se tiene en cuenta que en Japón rige el etiquetado obligatorio para productos alimenticios derivados de OGM desde abril del 2001.

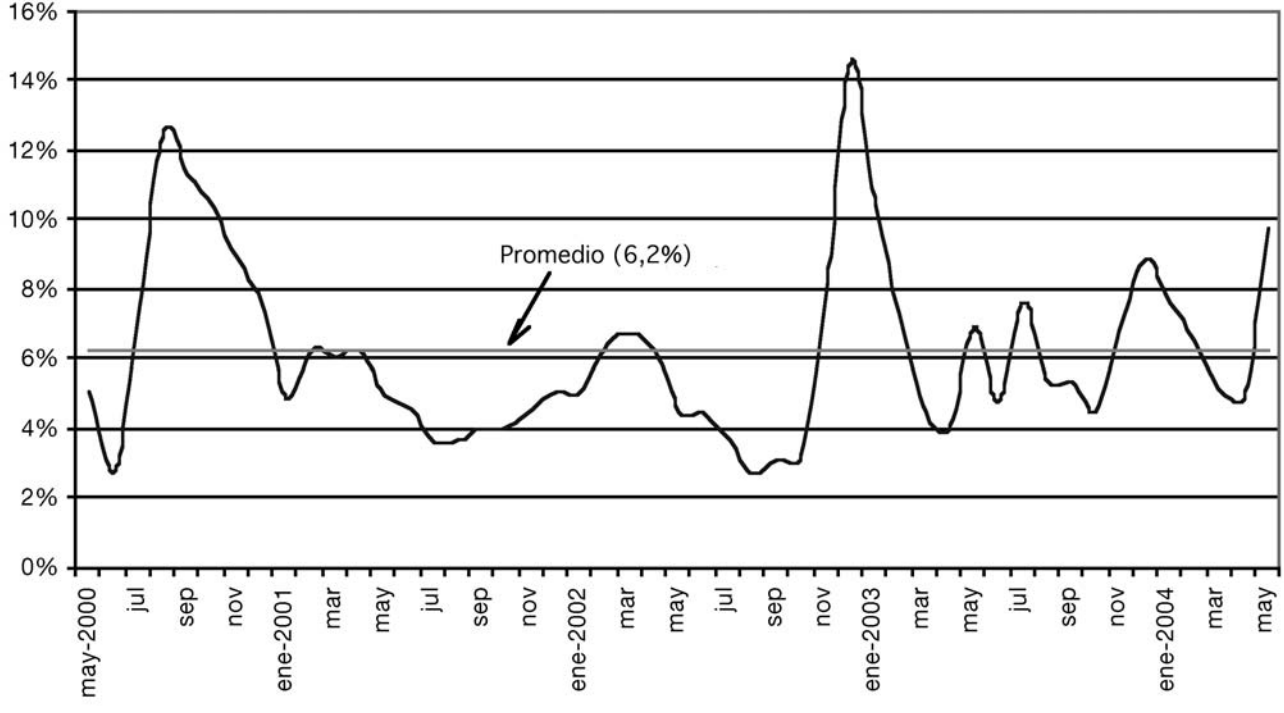
El corolario estratégico del análisis anterior es que, mientras las restricciones a la comercialización de soja y sus derivados no abarquen la prohibición de importación en los mercados relevantes para Argentina, los requerimientos más o menos rigurosos de trazabilidad y etiquetado no tendrían efectos sustantivos en las exportaciones del componen el complejo de la soja de ese país. En otras palabras, en tanto la restricción del acceso a los mercados para la soja genéticamente modificada no resultara absoluta, no cabría cuestionar la conveniencia de perseverar en la expansión de los volúmenes de este cultivo.

---

reflejadas en el precio final del producto. En otras palabras, la aceptación o el rechazo por parte de los consumidores de un producto dado se refleja en el mayor o menor precio que éstos están dispuestos a pagar para obtenerlo.

[16] El Mercado de Futuros de la Bolsa de Cereales de Tokio constituye, desde mayo de 2000, el único ámbito en el que se cotizan en forma independiente la soja genéticamente modificada y la convencional (véase Ablin y Paz, 2001). Según se observa en el gráfico V.4, la prima de precio promedio de la convencional, registrada entre mayo del 2000 y mayo del 2004, se ubica en el 6,2%, con un máximo del 15,2% o 34 dólares por tonelada (promedio mensual en diciembre del 2002) y un mínimo del 2,8% o 6 dólares por tonelada (promedio mensual en junio del 2000).

Gráfico V.4
MERCADO DE FUTUROS DE LA BOLSA DE CEREALES DE TOKIO: PRIMA DE PRECIO DE LA SOJA CONVENCIONAL EN RELACIÓN CON LA SOJA GENÉTICAMENTE MODIFICADA
(En promedios mensuales)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de datos del Mercado de Futuros de la Bolsa de Cereales de Tokio.

Este corolario no hace sino verificar la validez de las tendencias implícitas en las señales de mercado, que los productores han percibido desde la segunda mitad de la década de 1990. Estas tendencias se han traducido en la continuidad de la producción masiva de soja genéticamente modificada, en tanto las barreras técnicas crecientes al ingreso de este cultivo en los mercados más restrictivos están lejos de orientarse hacia una plena prohibición, y tampoco se registra una disposición de la demanda a solventar una prima de precio suficientemente amplia como para compensar la diferencia de márgenes registrada en la producción pampeana.[17]

4. El mercado mundial de soja: limitaciones a la oferta

En el presente estudio se intenta asimismo observar el fenómeno de los mercados internacionales para la soja genéticamente modificada desde otra óptica, sobre la base del análisis de oferta y demanda en el mercado de soja (Ablin y Paz, 2002; 2003). Se aborda nuevamente el problema de la trazabilidad y el etiquetado del producto transgénico, así como sus posibles efectos en el intercambio internacional.

Durante el año 2003, en el mercado mundial de soja, Argentina, Brasil y Estados Unidos concentran el 95% de la oferta neta total del complejo de la soja, en tanto que Bolivia y Paraguay participan con el 5% restante. Esto significa que solo cinco países ubicados en el hemisferio occidental (que agruparemos en la categoría "América sojera") abastecen de soja y sus subproductos al resto del mundo, según se aprecia en el gráfico V.5.[18]

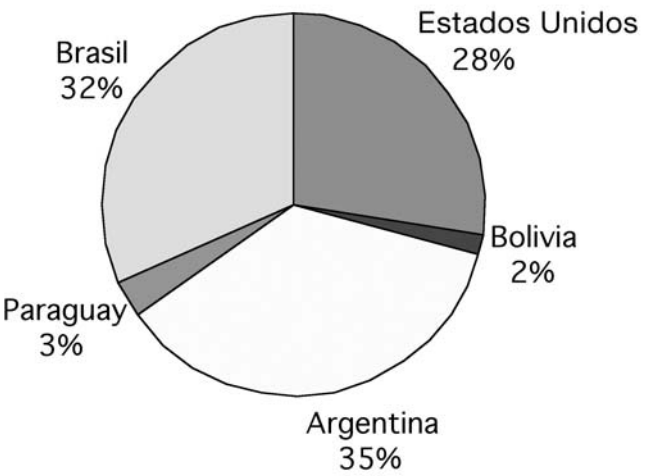
En este reducido universo de oferentes, Argentina encabeza, en el período considerado (2003), las exportaciones netas de harinas (47% del total) y aceites (54%), mientras que Estados Unidos constituye el principal

[17] Es cierto que dicha conclusión podría resultar cuestionable para productores ubicados fuera de Argentina —e inclusive para otros cultivos—, pero ciertamente es válida para el productor de soja en el ámbito pampeano, dadas las características de su función de producción.

[18] Cabe señalar que tanto India como China registran exportaciones netas de harinas de soja en el 2003 por un volumen total cercano a los 2,6 millones de toneladas. Estas harinas son el subproducto de la molienda local necesaria para satisfacer su importante demanda de aceite para consumo interno (3,2 millones de toneladas). No obstante, este dato no altera su condición de importadores netos para el complejo de la soja. De manera análoga, la Unión Europea es una importante exportadora de aceite de soja (0,85 millones de toneladas en el 2003), elaborado a partir de la molienda de habas de importación, a pesar de lo cual continúa siendo una importadora neta en razón de sus compras externas en los otros dos segmentos del complejo, particularmente de harinas proteicas.

proveedor neto de habas (51%). Por su parte, Brasil responde por el 35% de las colocaciones netas de harinas, y es el segundo oferente de este subproducto destinado a la alimentación animal.

Gráfico V.5
OFERTA NETA DEL COMPLEJO DE LA SOJA EN EL 2003

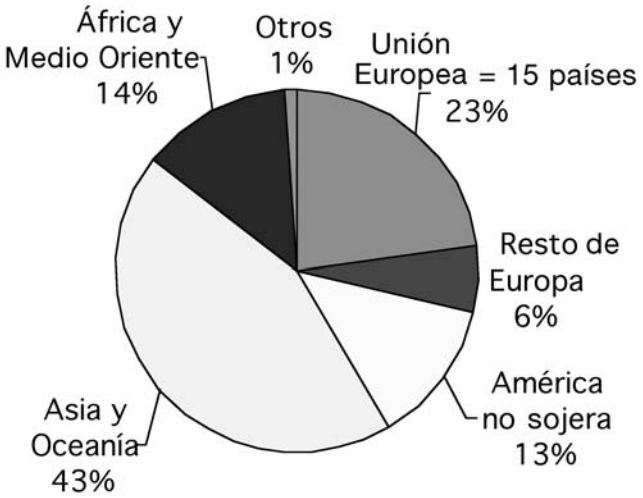


Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de *Oil World* (en línea).

Desde la perspectiva de la demanda, en el gráfico V.6 se puede observar que las regiones de Asia y Oceanía constituyen el principal grupo importador neto del complejo de la soja (43%), seguido por la Unión Europea (23%) y los países de África y el Oriente Medio (14%). Estos tres grupos regionales absorben el 80% de la demanda.

Si se profundiza el análisis para cada segmento del complejo, puede observarse que Asia y Oceanía encabezan la demanda neta tanto de habas (57% del total) como de aceites (53%), en tanto que la Unión Europea constituye el primer importador de harinas (47%) y se ubica en el segundo lugar en la importación de habas (29%).

Gráfico V.6
DEMANDA NETA DEL COMPLEJO DE LA SOJA EN EL 2003



Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de *Oil World* (en línea).

En síntesis, puede concluirse que, de los 153 millones de toneladas de oferta neta (en base habas) de la América sojera en los tres segmentos del complejo, 43,5 millones tienen como destino a la Unión Europea y el resto de Europa, 31,5 millones a China, 35,5 millones al resto de Asia y Oceanía, 21 millones a África y el Oriente Medio, 20 millones a la América no sojera y 1,5 millones a otros países.[19]

Habiendo analizado la estructura de la oferta de la soja en su conjunto, cabe preguntarse qué proporción de la oferta neta del complejo corresponde a cada una de las dos grandes corrientes de producción, es decir, la manera en la que se distribuye la oferta entre soja convencional y soja genéticamente modificada. Dado que no existe un registro de la comercialización de soja transgénica en el mundo, se ha recurrido a las estadísticas de área cultivada según tipo de semilla utilizada. Este dato puede considerarse altamente representativo para estimar la producción de los dos tipos de soja en la región.

[19] Para un período dado, las exportaciones mundiales de un determinado producto son idénticas a las correspondientes importaciones mundiales (*ex post*). Sin embargo, existen por lo general diferencias en el registro de los datos de cada país, según se consideren exportaciones (oferta) o importaciones (demanda), las que explican en este caso la diferencia estadística expresada en el cuadro V.2.

Argentina encabeza el grupo de la América sojera en lo que respecta al cultivo relativo de soja genéticamente modificada, que prácticamente cubre la totalidad del área total sembrada con la oleaginosa durante el 2003. Por ende, cabe suponer que el área destinada a soja convencional en Argentina no resulta significativa, y la consideraremos nula a efectos del presente análisis. Por su parte, en los Estados Unidos el área cultivada con soja convencional resulta bastante superior, en torno del 19% del área sembrada en el 2003. En el caso de Brasil, las estimaciones disponibles arrojan una superficie sembrada con soja genéticamente modificada de alrededor de 3 millones de hectáreas (James, 2003). Por lo tanto, en ese país la superficie cultivada con soja convencional sería del 86%.[20]

Cabe destacar que en los dos países restantes (Bolivia y Paraguay) no se registran oficialmente cultivos de soja genéticamente modificada, dado que en ambos subsisten impedimentos legales para la liberación al ambiente de OGM. Si así fuera en la práctica, el cultivo de soja convencional equivaldría el 100% de las cosechas en estos países. Así se ha considerado en este análisis, por lo que la estimación de la participación efectiva de la soja genéticamente modificada en la oferta global de la "América sojera" resulta altamente conservadora.

Una vez determinada el área sembrada de soja convencional y modificada en cada país productor —y suponiendo, a los efectos de nuestro ejercicio, que la estructura de las corrientes comerciales guarda correlación directa con la variedad de soja cultivada—, corresponde estimar el volumen comercializado internacionalmente de cada categoría. Si se considera la suma de la producción de la América sojera, es posible concluir que la variedad genéticamente modificada constituye el 63% de la oferta neta total (en base habas) del complejo de la soja (habas, harinas y aceite). Este dato resulta de aplicar los coeficientes de área sembrada calculados a las producciones de Argentina, Brasil y Estados Unidos (que cultivan tanto soja convencional como modificada) y de considerar las cosechas de los otros dos países como enteramente convencionales.

A partir de esta metodología de cálculo puede concluirse que, de los 156 millones de toneladas que conforman la oferta neta de la América sojera, 58 millones de toneladas corresponderían a soja convencional. Si así fuera, la potencial demanda mundial insatisfecha de soja convencional —es decir, la brecha de abastecimiento que se registraría en la oferta de soja

[20] Esta estimación surge de tomar en cuenta las 21,2 millones de hectáreas sembradas con soja en la campaña 2003/04, de acuerdo a lo informado por el Ministerio de Agricultura de Brasil (<http://www.conab.gov.br/ download/safra/SojaSerieHist.xls>). No obstante, apreciaciones del Gobierno de Rio Grande do Sul estiman que sólo en dicho Estado se cultivan más de 7 millones de toneladas de SGM (véase <http: www.checkbiotech.org> del 27 septiembre 2004).

en sus tres segmentos (habas, aceite y harinas) si la demanda se inclinara exclusivamente por la soja convencional— alcanzaría los 94 millones de toneladas (en base habas). Faltaría cubrir 34,3 millones de toneladas de habas, 30,2 millones de toneladas de harinas y 30 millones de toneladas de aceite (siempre en base habas) para aspirar a una nueva posición de equilibrio (véase el cuadro V.2).[21]

Cuadro V.2
ABASTECIMIENTO NETO DE SOJA CONVENCIONAL EN EL 2003
(En millones de toneladas en base habas)

	Habas	Harinas	Aceite	TOTAL
Total oferta (América sojera)	61 197	48 544	46 831	156 572
Soja genéticamente modificada	36 470	30 462	31 552	98 484
Soja convencional	24 727	18 082	15 280	58 088
Total demanda	-58 986	-48 250	-45 286	-152 521
Demanda insatisfecha de soja convencional	-34 259	-30 168	-30 006	-94 433
Diferencia estadística	2 211	294	1 545	4 051

Fuente: eleboración propia sobre la base de información de *Oil World Annual*, Hamburgo, 2003.

5. Reglamentos nacionales, normativa multilateral y equilibrio de mercado: algunas reflexiones

En las secciones precedentes se ha presentado un panorama general del mercado internacional de la soja, con particular atención a los elementos productivos y comerciales derivados de la introducción de los OGM. Sin embargo, la relevancia que han adquirido los aspectos regulatorios relativos a los OGM obliga a reconsiderar las características y perspectivas de este mercado a la luz de esta revolucionaria innovación en el cultivo. Dado que Argentina se ha convertido en el usuario más importante —en términos relativos— de esta tecnología y se ha consolidado como uno de los grandes exportadores mundiales del producto, resulta muy conveniente profundizar esta reflexión desde la perspectiva de la inserción exportadora argentina.

La tecnología OGM ha ejercido una influencia decisiva en el impresionante avance de la productividad del cultivo de soja en el territorio argentino y ha aportado un significativo diferencial de márgenes brutos de

[21] Véase la nota 24.

producción al agricultor pampeano —y en muchos casos no pampeano— dedicado al cultivo de soja genéticamente modificada.

El aprovisionamiento mundial de soja se concentra en cinco países del continente americano, cuatro de los cuales corresponden al Cono Sur (Brasil, Argentina, Paraguay y Bolivia, en orden de importancia). El quinto país es Estados Unidos.

Por primera vez en la historia, en la campaña 2002/2003 la suma de la producción de soja de Argentina y Brasil superó a la de Estados Unidos, al cual ya aventajaban como exportadores de este cultivo, rasgo que parece acentuarse.

La oferta de soja genéticamente modificada gana terreno progresivamente. Durante el año 2003, constituyó el 63% de las exportaciones mundiales disponibles de soja.

La demanda mundial de soja parece difícilmente sustituible, en razón de su significativo aporte proteico —sobre todo en la alimentación animal—, para el que no hay alternativas en la actualidad. Solo un cambio radical en las estructuras pecuarias, que al día de hoy parece poco probable, permitiría prescindir del creciente nivel de demanda de soja.

La tendencia de grandes mercados en desarrollo a incrementar su consumo de proteínas animales, como refleja el caso de China, fortalece la demanda mundial de soja. En el año 2003 las importaciones chinas de habas de soja ascendieron al nivel histórico de 20,7 millones de toneladas.

La aparición de la tecnología OGM ha generado un intenso debate acerca de sus potenciales implicancias medioambientales, el cual se ha concentrado en la soja por tratarse del producto más difundido entre los modificados genéticamente. Desde el punto de vista del consumidor, la controversia se ha orientado hacia el mayor o menor grado de información exigida para identificar los cultivos modificados genéticamente o sus productos derivados, a lo largo del proceso de comercialización.

Desde ambas perspectivas, se plantea la contingencia de que algunos países puedan imponer limitaciones a la liberación al medio, cultivo y comercialización de productos elaborados a partir de OGM.

En este sentido, los principales países importadores de productos derivados de OGM, y en particular la Unión Europea, han asumido compromisos políticos internos que alientan una actitud decididamente hostil a los OGM por parte de entidades dedicadas a la protección de los consumidores y del medio ambiente. No obstante la virulencia de la acción de estos sectores, ninguna autoridad se ha aventurado a disponer la prohibición de los OGM, con lo que ha quedado demostrado que no existen evidencias científicas de los daños

potenciales imputados a estos organismos, ya que en caso contrario se hubieran abierto enormes oportunidades para que los poderes públicos impusieran tal interdicción.

La mayor parte de los países importadores se han inclinado por la adopción de regímenes de etiquetado obligatorio aplicables a los cultivos OGM y a los productos que los contengan. La Unión Europea, China, Japón, la República de Corea y la provincia china de Taiwán, entre los principales importadores, introdujeron normas de etiquetado a principios de la presente década, para productos cuyo contenido de OGM supere un umbral mínimo que oscila entre un 0,9% y un 5%.[22]

La adopción de regímenes de etiquetado obligatorio constituye la mejor prueba de que ningún importador relevante considera seriamente la alternativa de prohibición de los OGM. En algún caso, la introducción de sistemas de trazabilidad y etiquetado ha actuado como contrapartida de la flexibilización en materia de liberación al medio y aprobación de la comercialización de OGM. Esta combinación exige un delicado equilibrio que satisfaga las expectativas de beneficio de los productores domésticos sin relegar las prevenciones de las entidades de defensa ambiental y de los consumidores. La búsqueda de este equilibrio genera en muchos casos inevitables dilaciones y conflictos, como los que se observan en la Unión Europea desde la introducción de la denominada "moratoria de facto", que ha impedido aprobar desde 1998 nuevas medidas sobre transgénicos en el ámbito comunitario.[23]

En este sentido, la moratoria de facto aplicada por la Unión Europea puso de manifiesto la falta de definición sobre el tratamiento de los OGM en el plano multilateral. La normativa vigente se enmarca en un triángulo institucional estrechamente interrelacionado, cuyos vértices son la Organización Mundial del Comercio, el Codex Alimentarius de la FAO/OMS y el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, entre otros acuerdos multilaterales de naturaleza medioambiental con implicancias comerciales.

En cada uno de los vértices de este triángulo hay disposiciones aplicables a los OGM en sus respectivos ámbitos, aunque su interacción efectiva aún es objeto de marcada incertidumbre por lo novedoso de la temática y sus múltiples aristas, que hacen que los precedentes aplicables resulten todavía escasos.

---

[22] Véase Ablin y Paz (2003), donde aparece un análisis detallado de las normas relativas a etiquetado en la mayoría de los mercados importadores.

[23] La Comisión Europea intentó, en febrero del 2004, aprobar el maíz Bt11 a raíz de la controversia acaecida en la OMC en relación con la moratoria. Este proceso aún no ha concluido y enfrenta la fuerte oposición de varios Estados Miembros.

En el acervo de la OMC, las cuestiones correspondientes al tratamiento comercial de los productos por razones sanitarias u otras, sustentadas en la capacidad fiscalizadora de los Estados, se halla esencialmente amparada por las previsiones del artículo XX del GATT, correspondiente a las excepciones generales, a su vez tributario del principio del trato nacional que está descrito en el artículo III del mismo acuerdo.

Sin embargo, en el tránsito del GATT a la OMC tras la Ronda Uruguay, se reconoció la necesidad de restringir la capacidad ilimitada de los Estados Miembros para justificar medidas de índole estrictamente comercial amparadas en restricciones de naturaleza sanitaria o técnica (seguridad, etiquetado, estándares técnicos, entre otros). A tal efecto, durante la Ronda Uruguay se introdujeron dos acuerdos específicos que establecen la aplicación obligatoria de criterios referenciales —de naturaleza objetiva— para la aprobación de medidas que limiten la libre circulación de bienes sobre la base de argumentaciones orientadas en la dirección señalada. Se trata del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias y el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio.

El primero de ellos restringe la libertad de los Estados Miembros de la OMC para poner en práctica medidas que distorsionen el comercio internacional en virtud de acciones presumiblemente dirigidas a proteger la salud humana, animal o vegetal. Por ello, desde sus orígenes se enfatizó la importancia de definir en este acuerdo los aspectos relativos a la "evaluación del riesgo y la determinación del nivel adecuado de protección sanitaria o fitosanitaria", conforme a los estándares científicos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius (FAO/OMS), así como por las organizaciones internacionales y regionales que operan en el marco de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.

Por su parte, el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio tiene por objeto asegurar "que no se elaboren, adopten o apliquen reglamentos técnicos [por ejemplo, normas sobre etiquetado] que tengan por objeto o efecto crear obstáculos innecesarios al comercio internacional". Por ello, "los reglamentos técnicos no restringirán el comercio más de lo necesario para alcanzar un objetivo legítimo, teniendo en cuenta los riesgos que crearía no alcanzarlo". Entre los objetivos legítimos se menciona la protección de la salud o seguridad humanas, y se indica que deben evaluarse los riesgos inherentes en esta materia sobre la base de "la información disponible científica o técnica, la tecnología de elaboración conexa o los usos finales a que se destinen los

productos", y a tal efecto el acuerdo remite a las normas internacionales vigentes.[24]

En segundo lugar, en lo que concierne al Codex Alimentarius, los dos acuerdos descritos presentan como rasgo común la adopción, con carácter referencial, de la normativa técnica en materia sanitaria producida por este organismo especializado. Esto supone que cualquier controversia planteada en el Órgano de Solución de Diferencias de la OMC pueda dilucidarse apriorísticamente, en la medida en que involucre una cuestión previamente definida por la normativa del Codex.

El Codex Alimentarius se estructura en más de veinte comités técnicos que desarrollan —tradicionalmente por consenso— la normativa (directivas, lineamientos, entre otros) en la que se deben enmarcar las medidas gubernamentales de los Estados Miembros para garantizar la protección de la salud del consumidor y asegurar, al mismo tiempo, la aplicación de prácticas comerciales equitativas, es decir, que no distorsionen el intercambio de bienes.

Aun cuando el complejo vínculo entre la OMC y el Codex continúe siendo motivo de interpretaciones, resulta evidente que el segundo tiende a convertirse a todos los efectos prácticos en un ámbito subsidiario de la primera, dado que toda decisión de la Comisión del Codex puede tener efectos directos en el tratamiento del intercambio de productos alimenticios en el marco de la OMC. De ahí que el Codex se haya transformado progresivamente en un campo de batalla complementario de las negociaciones de la Organización, en la medida en que los países con fines proteccionistas intentan esquivar por este medio las restricciones que en materia sanitaria impone la normativa de la OMC, en particular los dos acuerdos mencionados más arriba.

El núcleo del debate sobre el Codex Alimentarius se ha desarrollado en su Comité de Principios Generales, en torno del rol de la "precaución" en la evaluación y la gestión de riesgos en materia biotecnológica. Varios países pretenden convalidar este concepto como "principio precautorio" en tanto supuesto principio general del derecho. Esta aspiración no parece constituir sino un eufemismo para incorporar al análisis —y en particular a la gestión de riesgo— consideraciones no científicas

[24] Merece la pena aclarar que las provisiones del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias están explícitamente excluidas del ámbito de aplicación del Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio.

que permitan transgredir el límite de la precaución establecido por el Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias.[25]

Por su parte, en lo atinente estrictamente al Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio, cabe considerar la pretensión del Comité del Codex sobre Etiquetado de Alimentos de aplicar un esquema obligatorio de etiquetado a los productos alimenticios obtenidos a partir de OGM, lo que equivaldría a admitir una diferenciación entre bienes similares según el proceso utilizado para su producción o fabricación, criterio contrario a la tradición y jurisprudencia del GATT en materia de trato nacional.

Por último, el tercer vértice del triángulo institucional está constituido por el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología,[26] adoptado bajo la égida del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Se trata del primer acuerdo de naturaleza ambiental que introduce normas comerciales vinculadas con el tráfico internacional de organismos vivos genéticamente modificados, con el objeto de asegurar elevados niveles de protección durante su manejo y transporte —en especial en movimientos transfronterizos—, y evitar sus potenciales efectos adversos en la diversidad biológica y la salud humana.[27]

En el Protocolo de Cartagena se establece que la evaluación de riesgo se llevará a cabo en una forma científicamente coherente, basada en la información disponible para evaluar cualquier efecto adverso de los productos incluidos en el Protocolo. Sin embargo, queda claro que las

---

[25] En el artículo 5.7 del Acuerdo se incorpora un concepto acotado de "precaución" al establecer que "cuando los testimonios científicos pertinentes sean insuficientes, un Miembro podrá adoptar provisionalmente medidas sanitarias o fitosanitarias sobre la base de la información pertinente de que se disponga". En el mismo artículo se restringe la posibilidad de que tales medidas se eternicen: "En tales circunstancias, los Miembros tratarán de obtener la información adicional necesaria para una evaluación más objetiva del riesgo y revisarán en consecuencia la medida sanitaria o fitosanitaria en un plazo razonable". Al respecto, cabe enfatizar que los elementos centrales que caracterizan la "precaución", según el texto del Acuerdo, se orientan a fomentar la búsqueda de información científica objetiva que permita evaluar cualquier riesgo alimentario, teniendo presente el carácter provisorio de las medidas adoptadas ante la ausencia de información, así como la obligación de revisar lo antes posible las medidas de carácter precautorio.

[26] El Protocolo entró en vigencia en septiembre del 2003 y las Partes se reunieron por primera vez en febrero del 2004.

[27] El Protocolo de Cartagena no cubre el comercio de todos los productos que contienen derivados de OGM, sino que se limita a los organismos vivos genéticamente modificados, es decir, semillas para siembra y granos para su uso directo como alimento o para su procesamiento. Queda excluido del alcance de esta norma el comercio de alimentos procesados a partir de OGM, tales como el aceite o la harina de soja genéticamente modificada, que se pretende incluir en el reglamento de etiquetado propuesto por el Comité del Codex sobre Etiquetado de Alimentos.

Partes podrán adoptar medidas destinadas a proteger la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica más restrictivas que aquellas establecidas en el Protocolo, siempre que dichas acciones sean coherentes con los objetivos del mismo. De esta forma, la aplicación del enfoque precautorio podría extenderse peligrosamente, en la medida en que la evaluación del riesgo se convirtiera en una decisión subjetiva de cada Parte. Por ende, se corre el peligro de que se incorporen esas medidas adicionales a raíz de evaluaciones que no haya supervisado el contralor multilateral.

En otra disposición del Protocolo de Cartagena se establece que los organismos vivos genéticamente modificados cuyo destino sea el uso directo como alimento o forraje, o bien su posterior procesamiento, deberán ir acompañados de documentación en la que se explique claramente que "pueden contener" OGM. Así, el Protocolo abre la posibilidad de que los cultivos transgénicos destinados a la cadena alimenticia deban ser, en primer lugar, segregados y, en segundo lugar, identificados detalladamente según su origen en el marco de un esquema de trazabilidad. Mucho más importante aún es la combinación del "enfoque precautorio ampliado" y la imposición de la trazabilidad de los OGM, ya que con ella se sientan las bases para imponer en el futuro la obligatoriedad de etiquetar todos los productos que se procesen a partir de estas materias primas para su venta en el mercado importador, hasta el nivel minorista.

Por último, se debe subrayar la relación de equilibrio entre la normativa del Protocolo de Cartagena y la que emana de los acuerdos de la Organización Mundial de Comercio, aspecto extremadamente complejo que es origen del conflicto latente entre el ámbito natural para la solución de controversias comerciales —es decir, la OMC— y el potencial recurso a las disposiciones del Protocolo de Cartagena como fundamento para restringir el acceso a los mercados de cultivos genéticamente modificados, o de productos elaborados a partir de estos.[28] La primacía o subordinación de las normas de la OMC en materia comercial respecto de los acuerdos multilaterales de naturaleza medioambiental se está debatiendo en el ámbito del Comité de Comercio y Medio Ambiente, conforme al mandato de la Conferencia Ministerial de Doha en este sentido.[29]

---

[28] Esta afirmación resulta válida en tanto los países involucrados en una potencial disputa sean Miembros de la OMC y signatarios del Protocolo de Cartagena. Si entre dos Estados Miembros surgiera una diferencia y uno de ellos no ha ratificado el Protocolo (los Estados Unidos, por ejemplo), deberá resolverse mediante los mecanismos establecidos en el ámbito de la Organización (es decir, en el Órgano de Solución de Diferencias).

[29] Esta temática se analiza en detalle en Fastame (2004).

Estas importantes definiciones son el factor clave de un nuevo conflicto relacionado con el acceso de la soja al mercado comunitario, así como de una renovada batalla entre los países productores de cultivos transgénicos y aquellos que desean bloquear su acceso a los mercados y pretenden imponer criterios más propios de la normativa ambiental, tales como el denominado "principio precautorio".

En junio del 2003, Argentina, Canadá y los Estados Unidos solicitaron sostener consultas con la Unión Europea en el marco del Órgano de Solución de Diferencias de la OMC, en razón del mantenimiento de la "moratoria de facto" para la aprobación de nuevas medidas sobre transgénicos desde 1998. El fracaso de las consultas determinó que en agosto del 2003 los tres demandantes citados solicitaran el establecimiento de un grupo especial.[30]

Los demandantes sostienen que la moratoria europea es incompatible con la normativa del Acuerdo sobre la Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, con las disposiciones del artículo III del GATT, y eventualmente con las del Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio. Destacan la ausencia de base científica para fundamentar la permanencia de la "moratoria de facto" a lo largo de un período injustificadamente prolongado, así como el tratamiento discriminatorio otorgado a productos similares. La elucidación de este caso resultará crucial para el futuro del tratamiento de los productos transgénicos en el comercio internacional, habida cuenta de que en él convergen conceptos potencialmente conflictivos, originados en la normativa resultante de los tres vértices del triángulo institucional descrito.

Los países proteccionistas desarrollan, por una parte, una estrategia dirigida a convalidar, por medio de los organismos referenciales (Codex Alimentarius), las normas que enfrentan un severo rechazo por parte de los proveedores de OGM en el ámbito de la OMC. Este es el caso del debate en torno de la posibilidad de discriminar entre productos similares en razón de la tecnología utilizada para su producción. Es obvio que la obligatoriedad de etiquetar un tipo específico de producto en razón de la tecnología utilizada para su obtención constituye una forma de discriminación en el mercado, con previsibles efectos negativos sobre su precio relativo.

Resulta paradójico que Brasil haya adoptado una normativa inusualmente estricta en la materia, sin parangón a nivel mundial, en la que se exige la trazabilidad y el etiquetado de los cultivos genéticamente modificados y de los alimentos que contengan OGM, incluidos carnes y

[30] Controversia WT/DS293 del Órgano de Solución de Diferencias de la OMC.

lácteos provenientes de animales cuyo forraje haya contenido este tipo de productos. De esta forma, se discriminan no sólo los vegetales cultivados con esta tecnología, sino también los derivados pecuarios producidos a partir de estos.

Aunque resulte contradictorio, el régimen de etiquetado brasileño se ha establecido sin un avance concomitante en la liberación al medio de los cultivos genéticamente modificados, cuando las autoridades federales no han logrado aún definir un régimen general en materia de adopción y regulación de la biotecnología vegetal. Ello parece contrario al interés de los productores de uno de los mayores exportadores de soja. En ciertas regiones —Rio Grande do Sul, entre otras—, los productores se ven obligados a recurrir de facto a la producción de soja genéticamente modificada con semilla de contrabando, para evitar una masiva pérdida de competitividad frente a su contraparte argentina.

Por el contrario, otros estados federales, como Paraná, han decidido prohibir totalmente el cultivo, tránsito y comercialización de OGM en su ámbito territorial, así como la salida de producción transgénica a través de sus puertos, en la expectativa de convertirse en santuarios de la producción convencional y beneficiarse de hipotéticos diferenciales de precio a favor de la soja convencional.

La situación regulatoria brasileña refleja una enorme complejidad, derivada del no reconocimiento formal de la existencia de soja transgénica, mientras subsisten contradicciones entre legislaciones estatales y federales, y entre estas últimas y los fallos judiciales. Para resolver esta maraña normativa, las autoridades federales emiten anualmente desde el 2002 medidas de carácter excepcional destinadas a autorizar el tránsito y la exportación de los cultivos genéticamente modificados en cada campaña, con lo cual se admite implícitamente la existencia de un nivel creciente de producción de soja genéticamente modificada.

En cualquier caso, hasta el presente la experiencia de segmentación de mercado entre las dos categorías de soja (convencional y genéticamente modificada) no ha generado una disposición del consumidor a satisfacer primas de precio lo suficientemente elevadas en favor de la primera como para alentar la sustitución del cultivo genéticamente modificado, al menos en lo que concierne a la producción argentina. En otras palabras, las sensibles ventajas que resultan para el productor pampeano de los márgenes brutos del cultivo de soja genéticamente modificada son mucho mayores que la prima de precio que obtendría con la soja convencional. Los registros discriminados de precios y volúmenes de la Bolsa de Cereales de Tokio avalan esta conclusión a lo largo de cuatro años de operación ininterrumpida.

La rápida difusión de la práctica del etiquetado obligatorio en buena parte de los países importadores parece reflejar en mayor medida la incertidumbre respecto del tratamiento que recibirán finalmente los OGM en el plano multilateral, en razón de los múltiples intereses encontrados en la materia. Al mismo tiempo, el recurso al régimen de etiquetado obligatorio también conlleva un reconocimiento implícito, por parte de los grandes importadores, de la imposibilidad material de sustituir la oferta de soja genéticamente modificada por convencional en el mercado internacional. Esta operación implicaría contar con más de 94 millones de toneladas adicionales de producto convencional, con los crecientes costos que esto supondría en razón de la aplicación del propio régimen de identidad preservada y etiquetado.

Puede afirmarse que el universo de producción de soja en Argentina corresponde a la variedad genéticamente modificada. Por lo tanto, el complejo sojero argentino deberá satisfacer los diversos regímenes de etiquetado obligatorio, así como las obligaciones derivadas del Protocolo de Cartagena, y proceder a identificar toda su producción exportada como soja genéticamente modificada (o productos elaborados a partir de esta). En destino, el importador destinatario de esta declaración (“soja genéticamente modificada o que puede contener OGM”) la trasladará al circuito de producción y comercialización, a su propio costo. No se vislumbra, en definitiva, que el cumplimiento de las normas unilaterales de etiquetado pudiera afectar comercialmente a las colocaciones argentinas del complejo sojero tal como se desarrollan en la actualidad, aunque no cabe descartar ciertas dificultades marginales para otros alimentos procesados destinados a la alimentación humana.

En el marco definido, cabe afirmar que solo una alteración dramática de los precios relativos del mercado de soja en favor de la variante convencional, con las subsecuentes implicancias en materia de costos para los consumidores, podría modificar la tendencia hacia la consolidación de la soja genéticamente modificada como eje del mercado sojero mundial. Por el momento, el diferencial de precios en favor de la soja convencional está lejos de indicar un cambio en tal sentido, como han descubierto los productores brasileños, que a pesar de la prohibición teórica vigente para los OGM en Brasil han debido reconocer que disponen al menos de 3 millones de toneladas de soja genéticamente modificada, e inclusive un volumen hasta tres veces superior.

En este contexto resulta de gran interés observar que Estados Unidos ha reducido la prioridad de la soja respecto de otros cultivos en el esquema de subsidios agropecuarios previsto para los próximos años. En efecto, cabe destacar que la soja presenta el precio objetivo más bajo entre

los cultivos que se benefician de este instrumento, y también es el único para el que se prevé una reducción en el precio sostén.

Esta decisión parece indicar cierta resignación por parte de las autoridades estadounidenses respecto de la creciente competencia que le imponen los productores sojeros del Cono Sur. En otras palabras, podría interpretarse que Estados Unidos no parecería dispuesto a asignar recursos adicionales en favor de un cultivo para el que prevé una profundización de la pérdida de competitividad relativa respecto de las nuevas potencias sojeras, que los vienen desplazando del mercado mundial desde hace 20 años.

La creciente difusión de la soja genéticamente modificada probablemente no resultará ajena a esta evolución. Por el contrario, se prevé que contribuya a incrementar aún más la productividad del cultivo de soja en el conjunto del Cono Sur, en tanto su incorporación masiva se extienda a los demás países de la región (Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay) sobre la base del desarrollo de variedades adaptadas a sus necesidades agronómicas. En ese momento, el debate internacional sobre los OGM habrá llegado a un punto de inflexión, dado que el mercado mundial estará claramente dominado por la oferta de soja genéticamente modificada, que tornará los regímenes de etiquetado relativamente irrelevantes. El resultado del grupo especial de la OMC sobre la moratoria de la Unión Europea podría acentuar esta tendencia.

En el contexto expuesto, Argentina podrá obtener el máximo beneficio de las transformaciones que han tenido lugar en los últimos diez años en su estructura productiva, merced a la ampliación de su frontera agropecuaria y el consiguiente desplazamiento de la actividad ganadera hacia zonas marginales y la plena incorporación de la agricultura a sus mejores tierras, sobre la base de la combinación de siembra directa y OGM.

El camino hacia la utilización masiva de la tecnología OGM en el caso de la soja transita por una etapa clave, en la que Argentina ha desempeñado un papel central, dado que se trata del mayor y más exitoso productor de soja genéticamente modificada. Con los elementos descritos se han definido las expectativas que cabe formarse en torno del mercado internacional del complejo sojero, a partir del análisis de la normativa unilateral y multilateral, de la evaluación estratégica de sus efectos previsibles y de la reacción subsiguiente de los grandes actores internacionales del sector. Puede inferirse que las condiciones globales resultan extremadamente propicias para que tarde o temprano el conjunto de la América sojera adopte plenamente la tecnología OGM y contribuya a cerrar este prolongado debate internacional mediante la consolidación de un mercado sojero transgénico.

Capítulo VI

Variabilidad genética y liberalización del comercio: el maíz en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte

Alejandro Nadal[1]

Es un hecho perfectamente demostrado que el maíz (*Zea mays*) es originario de México, y que buena parte de la evolución de la variabilidad genética de la planta ocurrió en este país.[2] A lo largo de la historia, las

---

[1] Programa de Ciencia y Tecnología, El Colegio de México. El autor desea expresar su reconocimiento al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y a la Oxford Famine Relief Organization (OXFAM), del Reino Unido, por el apoyo que le brindaron para realizar un proyecto de investigación sobre el impacto ambiental y social de la inclusión del maíz en el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC). El informe definitivo sobre ese proyecto, titulado Zea Mays: The Social and Environmental Effects of Trade Liberalization in Mexico's Corn Sector, se publicará en septiembre de 2000. Los puntos de vista expuestos en el presente artículo son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con los de estas dos organizaciones.

[2] Los estudios sobre la prehistoria de México han demostrado la existencia de pequeñas mazorcas primitivas en las cuevas de Tehuacán, en el centro de México. Mediante el uso de carbono radiactivo, se determinó que las mazorcas databan de aproximadamente el año 5000 antes de Cristo, y se demostró, asimismo, que el uso doméstico del maíz se había iniciado en la región centro-meridional del país. La secuencia evolutiva que lleva de estas plantas primitivas a los precursores de las complejas variedades de maíz actuales, permite reconstruir el proceso por el cual se originó el maíz en México, hace varios miles de años, y se diseminó desde ahí a otras zonas. Algunos análisis

formas primitivas de esta especie fueron llevadas a una gran variedad de entornos y nichos ecológicos, donde se desarrollaron numerosas variedades bien diferenciadas entre sí, dentro de la situación de relativo aislamiento característica de cada una de esas regiones. De este modo, también México se convirtió en un centro de diversidad genética del maíz, y su acervo de germoplasma ha contribuido en forma decisiva a la producción mundial de este cereal. Incluso las variedades dentadas del llamado cinturón del maíz de los Estados Unidos son descendientes cercanas de las primeras razas criollas mexicanas.

Hay en México 41 especies complejas de maíz y miles de variedades. En el banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) se guardan 10.965 accesiones, de las cuales 3.532 corresponden a variedades mexicanas. El centro tiene, además, otras 2.200 accesiones, con menos de 100 a 200 semillas cada una, y muchas de ellas son también de origen mexicano. Por otra parte, el banco de genes de propiedad del Gobierno de México, que es administrado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), contiene otras 570 accesiones no incluidas en la colección del CIMMYT (Taba, 1995).

Los recursos de germoplasma depositados en las variedades de maíz de México, así como los antecesores primitivos de este rubro, revisten una importancia singular para el sistema de producción mundial de alimentos del siglo XXI.[3] El germoplasma de origen mexicano ha desempeñado un papel fundamental en el mejoramiento del maíz cultivado en las regiones tropicales, en lo que se refiere a rendimiento, resistencia a las plagas, reducción del ciclo de crecimiento, resistencia a la sequía y aumento del contenido proteico del grano. También ha servido para mejorar los rendimientos del maíz cultivado en las regiones templadas de las latitudes más altas. Las variedades mexicanas y sus derivados han sido empleados para mejorar las poblaciones utilizadas en 43 países de América Latina, África y Asia.

---

científicos recientes han permitido determinar que el maíz proviene del teocinte, considerado el antecesor primitivo del maíz.

[3] Las fuentes de germoplasma elite identificadas desde las primeras recolecciones en América han sido incorporadas a los híbridos de mejoramiento, los grupos, los acervos genéticos y las poblaciones por el programa de mejoramiento del CIMMYT y los programas nacionales de mejoramiento de todo el mundo. Tales productos se han empleado, a su vez, para desarrollar variedades e híbridos mejorados. En las regiones templadas predomina el germoplasma del cinturón del maíz de los Estados Unidos, y en las zonas tropicales, los dentados blancos mexicanos y los dentados amarillos del Caribe. Asimismo, se ha logrado utilizar maíces duros en programas de mejoramiento del maíz (Taba, 1995).

Se estima que en el curso de los próximos 50 años, la mayor demanda de maíz provendrá de los países en desarrollo de esas regiones. Como no es probable que se incremente en ellas, al menos de manera significativa, la superficie cultivada, el aumento de la producción tendrá que basarse necesariamente en la mejora de los rendimientos. La variabilidad genética del maíz mexicano habrá de desempeñar un papel importante en ese proceso, y es probable que las combinaciones de germoplasma de maíz mexicano con el de otros complejos raciales de América del Sur y África se conviertan en un recurso sumamente valioso para satisfacer la creciente necesidad de alimentos.

Sin embargo, pese a la importancia de la variabilidad genética del maíz mexicano, el TLC pone en grave peligro la capacidad de los agricultores mexicanos de conservar y desarrollar estos recursos genéticos.

Entre 1992 y principios de 1993, el Gobierno de México negoció el TLC con los gobiernos de Canadá y los Estados Unidos. Con toda probabilidad, el elemento más importante del tratado fue la inclusión del principal cultivo del país, el maíz. Actualmente, la población activa de México asciende a 39 millones de personas, de las cuales 8 millones trabajan en el sector agrícola. Aproximadamente 3,15 millones de personas cultivan maíz, en más de 8,6 millones de hectáreas, es decir, más de 60% de la superficie cultivada total del país, y producen el alimento básico de mayor consumo nacional. La producción se realiza en dos ciclos agrícolas: el de primavera-verano, en que predomina el agua de lluvia y en que más de 2,6 millones de agricultores producen cerca de 14 millones de toneladas, y el de otoño-invierno, que se lleva a cabo principalmente en tierras de riego y rinde alrededor de 4 millones de toneladas.

Desde el siglo XIX, uno de los objetivos del poderoso grupo de productores de maíz de los Estados Unidos fue acceder al mercado mexicano. Hoy día, con una producción anual de 240 millones de toneladas, ese país es el principal productor de maíz del mundo y tiene un peso fundamental en la fijación de los precios internacionales del rubro. Desde el punto de vista del Gobierno de México, la inclusión del maíz en el TLC perseguía el objetivo de que la economía nacional aprovechara sus verdaderas ventajas comparativas, esto es, que se diera preferencia a los cultivos de mayor densidad de mano de obra y se liberaran de ese modo, para otros fines, los recursos fiscales destinados hasta entonces a subvencionar la producción de maíz, considerada ineficiente. Al comprar el maíz a los productores estadounidenses, cuyos costos representan aproximadamente 40% de los de los agricultores mexicanos, también se lograrían mejoras de eficiencia, lo cual redundaría en un aumento del

bienestar de los consumidores, pues bajaría el precio de las tortillas de maíz, ingrediente fundamental de la dieta mexicana.[4]

La premisa fundamental de esa negociación era que los productores mexicanos de maíz son ineficientes. Los rendimientos nacionales promedio han sido históricamente inferiores a 2 toneladas por hectárea, mientras que en los Estados Unidos se llega a un promedio de 11 toneladas, por lo que se estimó que sostener la actividad de los agricultores nacionales representaba una desviación injustificada de recursos fiscales.[5] De esa manera, la liberalización del comercio del maíz fue la consecuencia lógica de consideraciones de política fiscal de carácter más general.

Igualmente importante era el objetivo de asegurar un flujo constante de alimentos básicos baratos, que permitiera a la economía mexicana mantener los bajos salarios, contribuir al control de la inflación y aumentar la capacidad de acumulación de capital. Éste es un enfoque miope de las metas globales de desarrollo, ya que el empobrecimiento de los agricultores, especialmente en una economía que no puede absorber la mano de obra excedente, que a la larga terminará por emigrar a las zonas urbanas, habrá de convertirse con el tiempo en un obstáculo para el crecimiento. Sin embargo, la elite gobernante mexicana optó por los beneficios de corto plazo de esta estrategia, a costa del bienestar de gran número de personas. Los argumentos retóricos sobre las ventajas comparativas de México y el bienestar de los consumidores, no fueron más que una racionalización para justificar una estrategia de acumulación de capital de corto plazo que difícilmente podría asegurar un crecimiento sostenible.[6]

El TLC preveía eliminar inmediatamente el sistema de tarifación del maíz y comenzar a aplicar un sistema de contingente arancelario, el cual debía reducirse en forma escalonada a lo largo de un período de 15 años. Además, el Gobierno de México otorgaba un cupo libre de aranceles de 2,5

---

[4] Las tortillas de maíz sirven para acompañar todos los platos, y a veces constituyen el plato principal en la mesa de los pobres urbanos y rurales de México. Aunque no es la única forma en que se prepara el maíz en México, es con mucho la más difundida.

[5] La heterogeneidad del sector maicero de México es bastante marcada, pues coexisten en él productores pobres, con bajos rendimientos, y agricultores que trabajan tierras de buena calidad y cuyos rendimientos son cercanos o equivalentes a los más altos de los Estados Unidos. En el sector operan también productores intermedios, que son una fuente importante de empleo fuera del predio para los agricultores pobres.

[6] La decisión de abrir el sector maicero mexicano a las importaciones de los Estados Unidos entregó el enorme mercado de las tortillas de México a un poderoso grupo de industriales, algunos de los cuales tenían estrechas vinculaciones con las principales autoridades mexicanas de ese momento, y que siguen beneficiándose de las dádivas del Estado mexicano, es decir, de las subvenciones destinadas a evitar el aumento de precio de las tortillas.

millones de toneladas métricas.[7] El punto de partida se fijaba en 206,9% en 1994, y debía reducirse 29,6% en los primeros seis años del acuerdo. El arancel remanente se eliminaría en forma lineal durante los nueve años siguientes, hasta llegar a un arancel cero para todas las importaciones. Las principales variables objetivas eran los precios internos, que convergerían con los precios internacionales —más el costo de ingreso y transporte a los mercados de consumo— al finalizar el período de transición.

Es importante señalar que en las negociaciones del TLC, el maíz amarillo y el maíz blanco, dos productos básicos perfectamente diferenciados en el mercado internacional, fueron tratados como si fueran el mismo rubro. Los agricultores de México cultivan fundamentalmente maíz blanco, mientras que los de los Estados Unidos se dedican a la variedad amarilla, cuya producción se destina en cerca de 50% a la alimentación del ganado bovino, el porcino y las aves, y en cerca de 25% a la exportación, principalmente a China, Japón, Europa y, en cantidades crecientes, a México. Pese a que las diferencias de precio son significativas —el del maíz blanco es más de 25% superior al del amarillo en el mercado internacional de productos básicos—, ambos recibieron el mismo tratamiento en el TLC.[8]

Desde el primer año de vigencia del TLC hasta el presente, las importaciones de maíz han superado el cupo libre de aranceles establecido en el acuerdo. En 1996 se importaron cerca de 6 millones de toneladas, el doble del cupo libre de aranceles previsto. En 1998 y 1999, las importaciones de maíz superaron los 5 millones de toneladas anuales. Desde 1994, todas las importaciones de maíz han sido libres de aranceles, hecho que los funcionarios públicos han justificado por la necesidad de reducir los costos y controlar las presiones inflacionarias.[9] En lugar de funcionar como un sistema de protección esencial para los productores internos durante el período de transición, el sistema ha generado sus propios incentivos perversos para los importadores privados, algunos de

---

[7] Este cupo libre de aranceles se amplía a una tasa compuesta de 3% anual a partir de 1995, lo que llevará a un cupo libre de aranceles de 3,6 millones de toneladas para las importaciones de maíz al cabo de 14 años de firmado el acuerdo. El sistema de contingente arancelario se reduciría escalonadamente a lo largo del período de transición de 15 años.

[8] Todo el conjunto de cereales básicos, entre ellos el trigo, el arroz y el sorgo, experimentó un proceso acelerado de liberalización comercial. En el caso de la cebada (*Hordeum sp.*), se estableció un sistema de contingente arancelario análogo al del maíz. El mismo sistema arancelario se aplicó al poroto (*Phaseolus vulgaris*), una leguminosa esencial, cuya producción está estrechamente vinculada a las estrategias de los productores de maíz de México.

[9] Los ingresos fiscales no percibidos pueden estimarse en más de 2.000 millones de dólares, cifra similar a las asignaciones presupuestarias para todo el sector agrícola durante el período correspondiente.

los cuales han recibido subvenciones directas adicionales. Al no aplicar el sistema del contingente arancelario, el Gobierno de México tiró por la borda la estructura establecida para las importaciones de maíz durante el período de transición.

Según fuentes oficiales, el arancel no se aplicó al excedente de las importaciones porque ello habría traído aparejado un aumento de precio de las tortillas y habría acelerado la inflación, por lo que habría sido necesario aplicar subvenciones para mantener la estabilidad. No obstante, el precio de las tortillas se multiplicó por un factor de 5 desde la entrada en vigor del TLC, en tanto que las subvenciones a la producción industrial de harina, especialmente las otorgadas a las dos empresas más grandes del ramo, MASECA y MINSA, prácticamente se duplicaron durante el mismo período.

El Gobierno de México incumplió sus compromisos con los productores de maíz. La no aplicación del sistema del contingente arancelario significó la eliminación de facto de todas las barreras de protección del sector maicero. En el período 1994-2000, los precios del maíz cayeron a la mitad y los precios internos se alinearon efectivamente con los precios internacionales. Incluso el efecto de la devaluación de 1995 quedó neutralizado durante ese lapso, y se dio fin prematuramente al período de transición, poniendo en peligro el sustento de millones de productores de maíz y sus familias. Asimismo, los fondos correspondientes al Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), mecanismo de respaldo de los ingresos establecido en 1994 tras la firma del marco de referencia del Acuerdo sobre la Agricultura, perdieron la mitad de su valor en términos reales, y resultaron insuficientes para compensar a los agricultores por la caída de los precios.

Durante ese período de seis años, se redujo también el apoyo estatal al sector agrícola en otros aspectos fundamentales, como el crédito, la infraestructura, la ID y la asistencia técnica. En 1998 fue disuelto el principal organismo estatal a cargo de regular los precios de apoyo para los productos básicos agrícolas, mucho antes de que hubiese terminado de cumplir las funciones que debía desempeñar durante el período de transición de 15 años. De esa manera, los productores de maíz se enfrentan hoy con la cruda realidad de una caída de los precios, en el marco de una reducción importante del crédito, las inversiones en infraestructura y los restantes mecanismos de apoyo.

Según los estudios oficiales que justificaron la inclusión del maíz en el TLC, la ineficiencia intrínseca de los productores de maíz mexicanos quedaba demostrada al comparar los rendimientos promedio obtenidos en México y los Estados Unidos, los cuales, como ya se dijo, eran de 2 y 11 toneladas por hectárea respectivamente. Sin embargo, esa

diferencia de productividad es atribuible al hecho de que los agricultores estadounidenses aplican métodos de gran densidad de capital, sustentados en el empleo de maquinaria pesada, insumos agroquímicos, variedades de alto rendimiento y, más recientemente, semillas transgénicas. Los suelos profundos y de buen drenaje de las llanuras del medio oeste de los Estados Unidos, junto con un régimen de lluvias muy regular, constituyen un entorno ideal para el uso de estos insumos. Esto ha llevado a un alto grado de especialización en un número reducido de variedades de alto rendimiento, entre las que predominan cinco o seis líneas genéticas de maíz. La vulnerabilidad de esta especialización, por demás conocida, quedó demostrada en 1970, cuando una epidemia del tizón del sur (*Helminthosporium maydis*), hongo que ataca a la hoja del maíz, destruyó más de 25% de los cultivos de maíz de los Estados Unidos.[10]

¿Cuántos agricultores mexicanos se han visto afectados por la caída de precio del maíz y la interrupción del período de transición establecido inicialmente en el TLC? Es difícil responder esta pregunta, porque las condiciones de producción del sector maicero son sumamente heterogéneas. Los datos agregados, clasificados por estratos de categorías de productores según la rentabilidad, no han sido actualizados. Los datos oficiales anteriores a la firma del TLC indican que ya en esa época, alrededor de 64% de los productores trabajaban a pérdida, hasta por 50% de los costos (FIDA, 1993). Dentro del 36% restante, sólo 20% de los agricultores lograban una rentabilidad superior al 33% de los costos. La asimetría de la estructura de producción del sector maicero probablemente se acentuó debido a la caída de los precios. Por lo tanto, es perfectamente verosímil que, con el nuevo régimen, no más de 10% de los productores conserven niveles de rentabilidad abiertamente positivos. Una cosa está clara: la mayoría de los productores de maíz de México han sido gravemente afectados por la caída de los precios.

En contraste con lo que ocurre en los Estados Unidos, para la gran mayoría de los productores de maíz mexicanos el uso de una amplia variedad de razas criollas es la principal garantía contra las malas cosechas. Los agricultores de las tierras altas o de los entornos agroecológicos húmedos o subhúmedos tropicales deben hacer frente a un sinnúmero de riesgos y a un alto grado de incertidumbre, y su activo tecnológico más importante es la variabilidad genética del maíz.

---

[10] A fines de la década de 1960 comenzó a usarse en forma generalizada en los Estados Unidos un híbrido recién desarrollado, cuyo rendimiento superaba en 25% el rendimiento promedio. Ello contribuyó a reducir la base genética y a incrementar la vulnerabilidad de todos los cultivos. Lamentablemente, como quedó demostrado en 1970, el hongo *Helminthosporium maydis* resultó sumamente virulento para este híbrido.

Cada año, aproximadamente 2 millones de productores de maíz de México dedican todas sus energías y su experiencia colectiva al arte de seleccionar las semillas para el ciclo agrícola siguiente. Éstas se seleccionan en función de su capacidad para responder a las necesidades de la producción, las cuales están a su vez determinadas por las características ambientales y físicas de las diversas regiones del país. La mayoría de los agricultores cultivan maíz en las zonas montañosas, donde el régimen de lluvias es muy irregular. Las parcelas están ubicadas en terrenos en pendiente o en valles. En muchos casos, el cultivo en las tierras altas se lleva a cabo en suelos de baja calidad, golpeados por fuertes vientos, heladas tempranas y pestes diversas. En las tierras bajas, cerca de las llanuras costeras, y en algunas depresiones de tierra adentro, el entorno tropical dificulta el cultivo y la conservación de la cosecha, debido a las pestes y a la mala calidad de los suelos.

Las semillas seleccionadas por estos agricultores tienen una multiplicidad de mecanismos genéticos que les permiten desarrollarse o resistir todo tipo de pestes, desde los gorgojos hasta los gusanos y los hongos, por más que se interrumpan las primeras lluvias y las plantas estén en su fase más vulnerable de crecimiento. Muchas semillas son capaces de engendrar variedades de crecimiento rápido, que maduran en un lapso muy corto, característica fundamental para el maíz sembrado en las tierras altas, donde existe el riesgo de heladas tempranas. Algunas semillas dan origen a plantas que se adaptan con facilidad a los suelos pobres, muy ácidos o muy alcalinos. Otras tienen un pericarpio duro, apto para los períodos de conservación prolongados, cualidad esencial en los climas tropicales.

La estrecha relación entre las características genéticas del maíz y las del medio ambiente posibilita su adaptación a entornos muy variados. Las temperaturas medias de la temporada de crecimiento pueden superar los 26° C o bajar a 12,5° C. Asimismo, el maíz puede cultivarse en suelos que están a nivel del mar y en tierras situadas a 4.000 metros de altitud. También crece en tierras bien irrigadas así como en suelos semiáridos, con ciclos de crecimiento que pueden variar entre 3 y 12 meses. La altura de las plantas es también muy diversa, pues hay variedades enanas de menos de 65 centímetros y líneas con una altura promedio de 4 metros. Por último, el maíz puede adaptarse perfectamente a los suelos ácidos o alcalinos, o a suelos de estructuras y texturas muy distintas, desde los terrenos arenosos hasta los arcillosos, factores que determinan el contenido de nutrientes y las propiedades de drenaje. Esta enorme capacidad de adaptación a la gran diversidad de entornos existentes en la accidentada topografía mexicana, con su rica variedad de nichos ecológicos, convierte al maíz en el aliado perfecto para minimizar los riesgos.

La gran heterogeneidad ambiental de las zonas montañosas le otorga a México una rica configuración de espacios productivos, sumamente diversificados. Los productores de maíz han aprendido a reconocer los distintos parámetros subyacentes en esta diversidad de sistemas agroecológicos. En muchas de las zonas donde se cultiva maíz, los agricultores suelen sembrar a lo menos dos variedades, una menos productiva pero de maduración temprana, capaz de superar la arremetida de las heladas tempranas, y otra más productiva pero de maduración más lenta. Sin embargo, lo más común es sembrar más de dos variedades: en muchas comunidades se emplean hasta ocho variedades en una superficie reducida. Su número depende del tipo de riesgo de malas cosechas que enfrentan los agricultores en cada ciclo. También depende del uso final —venta o uso alimentario o ritual— reservado para el producto por cada comunidad o agricultor.

Desde el punto de vista de los productores maiceros de México, los factores más importantes para la selección de las semillas son el tipo de suelo, la resistencia a la sequía y los vientos, el período crítico de vulnerabilidad a las malezas, el período óptimo de fertilidad, los rendimientos, los distintos usos —venta o uso doméstico o ritual—, la conservación posterior a la cosecha y una serie de consideraciones relativas a la dimensión propiamente alimenticia del grano, como sabor, textura o color. Normalmente, ninguna de las variedades seleccionadas tiene un desempeño sobresaliente en más de uno o dos de estos parámetros. La correlación negativa de estos parámetros constituye precisamente la garantía perseguida por los agricultores pobres de México, que trabajan en sistemas ecológicos muy diversos.[11]

Así, todos los años, los productores de maíz de México prestan un servicio ambiental, poco reconocido pero de importancia crucial, como curadores de la rica variabilidad genética del maíz en los ecosistemas del país. Sin embargo, este hecho no se tuvo en cuenta cuando se negoció el TLC. En la estridente campaña de propaganda oficial que acompañó las negociaciones finales del acuerdo, se evitó cuidadosamente toda referencia al papel de estos productores y a la vital importancia que revestirá la variabilidad genética de este cereal para la producción mundial de alimentos durante los próximos 50 años.

[11] Los sistemas ecológicos han sido definidos como unidades topográficas relativamente homogéneas en cuanto al suelo, las características geomórficas, las aguas de superficie y subterráneas, las biotas y los topoclimas. En cada uno de ellos pueden aplicarse diversos métodos de ordenación de las tierras y las prácticas agrícolas, y ello define, a su vez, el sistema agroecológico. García Barrios, García Barrios y Álvarez-Buylla (1991) acuñaron el término de agroambiente para describir el espacio geográfico en que los factores ambientales que funcionan como restricciones para la producción agrícola son relativamente homogéneos desde el punto de vista de los productores.

El hecho de que las variedades mexicanas de maíz tengan, en la mayoría de los entornos, un desempeño superior al de las mejores semillas híbridas de los Estados Unidos, también fue omitido cuidadosamente por los portavoces oficiales. Es bien sabido, por ejemplo, que el germoplasma mexicano de las tierras altas tiene una capacidad excepcional para resistir las presiones bióticas, como las heladas y el granizo; para crecer en condiciones de siembra en profundidad —característica importante cuando se interrumpen las primeras lluvias durante un período prolongado—, y para dar granos de excelente calidad (Lothrop, 1994). Esta capacidad de las variedades locales para superar, en condiciones bióticas y abióticas desfavorables, el desempeño de los híbridos modernos de gran rendimiento, se basa en las excelentes características de adaptación de la planta y explica por qué la incorporación de híbridos en la producción de maíz nunca ha alcanzado los elevados rendimientos logrados en la producción de trigo.[12] Cuando la fertilidad de los suelos es deficiente, los híbridos no rinden tanto como las variedades locales e incluso suelen rendir menos (Ortega Paczcka, 1997). Por lo tanto, no puede sorprender que el empleo de variedades híbridas en México esté reducido hoy a aproximadamente sólo 25% de la superficie cultivada con maíz.

Otro aspecto fundamental de la producción de maíz en México es que quienes emplean las variedades locales suelen ser los agricultores más pobres, con parcelas muy pequeñas —de menos de dos hectáreas en promedio—, con escaso o nulo acceso al crédito, uso mínimo o limitado de insumos químicos y medios mecánicos. Las regiones en que trabajan exhiben la mayor incidencia de pobreza rural del país. Por lo general, estos productores trabajan en las tierras altas centrales y meridionales o en las zonas tropicales o subtropicales, donde escasean los suelos de buena calidad, o en las regiones semiáridas. Sin embargo, logran contrarrestar su vulnerabilidad económica mediante el uso, la conservación y el desarrollo de los recursos genéticos del maíz. En síntesis, como se dijo, son los curadores naturales de los recursos genéticos inherentes a la variabilidad genética del maíz. Si su bienestar se deteriora a causa de las mayores dificultades económicas, sus procedimientos dejarán de ser sostenibles desde el punto de vista de la gestión ambiental. Y la lógica implícita en el TLC es que estos agricultores pobres, con bajos rendimientos, deben

[12] Una de las causas de ello es que las variedades híbridas mejoradas destinadas al uso comercial deben ser de buena calidad y ofrecer un excelente aspecto en cuanto a color y tamaño; además, deben ser producidas en México por empresas privadas, en condiciones de producción adecuadas —suelos de gran calidad y muy buen drenaje; riego e insumos. Ello reduce aún más el potencial de estas semillas en las condiciones ambientales, más exigentes, que predominan en las tierras altas y en las zonas semiáridas de México, o en las regiones con tierras de baja calidad.

abandonar el sector maicero, cuando no la agricultura, para permitir que la economía alcance un mayor grado de eficiencia.

La diversidad genética del maíz también guarda relación con la existencia de distintos grupos indígenas, para quienes su cultivo no es sólo una forma de asegurarse la subsistencia material, sino también parte de un proceso cultural y social más profundo. Aproximadamente 60% de los productores de maíz son indígenas.[13] En razón de la estrecha interacción entre la diversidad cultural y la diversidad genética del maíz, el deterioro genético sobreviene por el desplazamiento de estos pueblos y la destrucción de las instituciones sociales que, en muchos casos, constituyen la base de sistemas de producción sumamente diversificados de la gran variedad de razas criollas. Por ejemplo, muchas veces se necesita la acción colectiva de las comunidades, en las cuales los vínculos sociales, familiares y rituales son muy fuertes, para sembrar o cosechar un cultivo; pero esa acción se hace cada vez más difícil a medida que se va deteriorando gradualmente la base social que la sustenta.

La capacidad de conservar, seleccionar y desarrollar estos recursos genéticos depende de factores familiares, sociales e institucionales. En el plano familiar, cada productor transmite a las generaciones siguientes la información necesaria para seleccionar las semillas aptas para los distintos entornos agrícolas. Se trata de una información sumamente compleja, de modo que el transmitirla no es tarea fácil: exige un prolongado proceso de aprendizaje, a fin de entrenar la vista y el tacto para reconocer los diversos colores, tamaños y texturas requeridos para seleccionar la variedad óptima. Esto tiene que ir acompañado de la capacidad de identificar qué variedades de semillas son las más aptas para los distintos tipos de suelos y las diversas características agroambientales, como humedad, texturas y resistencia a los vientos y a las heladas tempranas.

Este proceso de conservación *in situ* de los recursos genéticos tiene un carácter dinámico, por medio del cual los agricultores conservan los complejos germoplasmas recibidos. No obstante, la conservación también se lleva a cabo mediante el intercambio con otros agricultores y comunidades. Así, la experimentación con otras variedades y la selección de nuevas razas son parte de un proceso dinámico en que se emplean, preservan y refinan las variedades criollas en ciclos múltiples, a través del flujo del material genético.

---

[13] Un ejemplo de las fuertes interacciones entre la diversidad cultural y la variabilidad genética del maíz está dado por la gran variedad de lenguas que utilizan los pueblos indígenas, que identifican un mayor número de etapas en el desarrollo de la planta y que expresan mayor riqueza en su descripción anatómica que las que aparecen en la bibliografía técnica convencional.

Este proceso educativo requiere condiciones de vida adecuadas, así como el apoyo de una fuerte base institucional. El tejido social que brinda sustento a este proceso ya se está deteriorando como consecuencia de las presiones económicas, y la capacidad para conservar y desarrollar estos recursos genéticos puede perderse de modo irremisible. En el caso de los agricultores mexicanos, las presiones económicas se originan en la pérdida de ingresos debida al derrumbe de los precios del maíz y la reducción que ha experimentado la generación de ingresos fuera del predio. Esto último es consecuencia, a su vez, de la disminución de las oportunidades de empleo en las zonas rurales, situación que se agrava conforme los agricultores comerciales van siendo expulsados de la actividad en razón de los recortes de precios y de la reestructuración de los mercados locales y regionales. Otras fuentes de ingresos, como la cestería o los tejidos artesanales, también se ven afectadas por la caída de los salarios rurales, que reduce aún más la demanda de estos bienes. Las distorsiones producidas en los planos regional y sectorial de la economía mexicana resultan también sumamente perjudiciales para los productores de maíz y sus comunidades.

La estrategia de supervivencia de éstos dependerá cada vez más de la emigración a zonas que ofrezcan mayores oportunidades de empleo. Según se ha demostrado en algunas investigaciones recientes, la propensión a emigrar es más marcada en las zonas donde trabajan los productores de maíz más pobres, que utilizan razas criollas locales.[14] Conforme los productores medianos sean expulsados del sector maicero, afectados por la caída de los precios, los agricultores más pobres tendrán menos oportunidades de empleo cerca de sus propias parcelas y deberán emigrar a mercados de trabajo más distantes. En algunos estudios se sostiene que el efecto de desplazamiento operado por el TLC no será tan acusado, gracias sobre todo al impacto positivo de los instrumentos de política pública, que supuestamente ayudarán a los productores de maíz a ajustarse a la nueva realidad de la liberalización del comercio. Sin embargo, habida cuenta de las notables deficiencias de los instrumentos de política vigentes, así como de la finalización prematura del período de transición, esa hipótesis es, en el mejor de los casos, un deseo incumplido, y la emigración continuará siendo una opción importante dentro de las estrategias de supervivencia de los productores de maíz mexicanos.

---

[14] Para estimar las posibles migraciones, Salas (1997) hace un análisis de conglomerados de cuatro variables. Las variables utilizadas son: el ingreso laboral, la población rural, la productividad, y las razas criollas locales. Éstas, a su vez, se vinculan a los datos sobre las migraciones permanentes. Los resultados son simples: los productores de maíz más pobres, especialmente los que trabajan en parcelas más pequeñas y emplean razas criollas locales, son quienes acusan mayor tendencia a emigrar.

Pese a la caída de los precios del maíz y al aumento de las importaciones, la producción maicera de México se ha mantenido estable. Sin embargo, ello no debería ocultar el hecho de que las presiones económicas sobre los productores más pobres alcanzarán un umbral más allá del cual se pondrá en grave peligro su capacidad de sobrevivir y desarrollar eficazmente la variabilidad genética del maíz. La estabilidad aparente de la producción global de maíz es consecuencia de la forma en que los productores pobres responden a las presiones, consistente en una mayor dependencia con respecto a los recursos de que disponen —fundamentalmente la tierra—, y no constituye un signo de solidez económica. Prueba de ello es que ha aumentado la superficie dedicada al maíz y ha disminuido el rendimiento, lo cual pone de manifiesto la presión creciente sobre los recursos existentes.

Especial atención merece la situación de los agricultores de subsistencia. Todos los estudios realizados antes de la suscripción del TLC, utilizados para justificar la inclusión del maíz en el acuerdo comercial, partían de la premisa de que los agricultores de subsistencia, cuya producción de maíz es deficitaria, no se verían afectados por la baja de los precios. Se suponía que como su producción no ingresaba al mercado, la caída de los precios no los afectaría y, más aún, que se verían beneficiados por la baja de precio de las tortillas. Sin embargo, en esas hipótesis se pasaba por alto el hecho de que estos productores no viven en una situación de autarquía económica y que muchas de sus necesidades deben ser satisfechas mediante la compra de mercancías en el mercado, para lo cual debían tener acceso a los flujos monetarios. El patrón típico de la producción de subsistencia se basa en la cosecha y el almacenamiento de los cultivos que se emplearán a lo largo del año. Normalmente, una pequeña proporción de la cosecha almacenada se vende en el mercado local para suplir la escasez de efectivo. A fin de superar las restricciones normales del gasto, estos hogares necesitan ingresos, que obtienen de diversas fuentes: los ingresos en efectivo de los miembros del hogar empleados en el mercado laboral local, las remesas de los trabajadores que han emigrado y, por supuesto, las pequeñas ventas de cereal. Éstas se realizan en el mercado comprador y, en consecuencia, están afectadas por la baja de los precios. De ese modo, el maíz vendido debe ser recuperado en un momento posterior, y las compras correspondientes tienen lugar en un mercado vendedor que impone precios más altos. Si no se logra contrarrestar el déficit de granos, la familia estará obligada a comprar posteriormente tortillas o masa de maíz, y ello supondrá un gasto aún más elevado.

La capacidad de llevar a cabo el proceso de conservación y desarrollo de los recursos genéticos del maíz depende de la base de conocimientos de los hogares y las comunidades. A medida que

se acelera la emigración y aumenta la presión de la pobreza, más gravemente se afecta la capacidad de conservar y desarrollar estos recursos. La observación directa del proceso de selección de semillas en condiciones de presión económica confirma este hecho. La pobreza y la emigración se conjugan para dejar en su estela una merma en la capacidad de seleccionar las semillas conforme a criterios pertinentes, así como de identificar los entornos agrícolas específicos en que puede utilizarse productivamente cada clase de semilla. Allí donde coexisten la emigración y la regresión tecnológica, se degrada la matriz socioambiental y se pierde gradualmente la capacidad de seleccionar y conservar las semillas. En suma, el proceso de deterioro genético producido como consecuencia de la desaparición de la base social e institucional en que se desarrollaron y utilizaron los genotipos más importantes, es una de las amenazas más graves para los productores de maíz mexicanos y su capacidad de mejorar su calidad de vida.

El primer paso en este proceso de degradación genética está más estrechamente relacionado con la pérdida de información sobre la variabilidad genética que con la pérdida de determinados genotipos. Como la variabilidad genética está mediada por los grupos sociales o las instituciones, por más que los genotipos puedan preservarse durante un tiempo en un banco de germoplasmas, la variabilidad genética se reducirá cuando desaparezca el grupo social que hace las veces de curador de ese recurso. La vulnerabilidad de los productores de maíz de México que prestan ese importante servicio está aumentando peligrosamente, y llevará a su desaparición del paisaje agrícola conforme las fuerzas económicas desatadas por la liberalización económica vayan ejerciendo su acción.

Capítulo VII

La ingeniería genética y la intensificación de la agricultura argentina: algunos comentarios críticos

Walther Pengue

Hay en Argentina más de 10 millones de hectáreas sembradas con rubros transgénicos, lo que sitúa al país en el primer lugar, entre las naciones en desarrollo, en cuanto a superficie plantada con estas variedades.

La liberación comercial de estos productos ha sido autorizada en cerca de 15 países, pero sólo en Argentina, Australia, Canadá, China y los Estados Unidos han sido adoptados en forma masiva, en rubros tales como la soja, el maíz, la papa, la colza, el tabaco y el algodón, caracterizados por la utilización del herbicida glifosato y de sustancias que tornan a las plantas menos vulnerables al ataque de los lepidópteros.

El complejo oleaginoso se ha transformado en la rama más dinámica del sector agrícola argentino, con ventas anuales de más de 5.000 millones de dólares entre tortas, aceites y granos. Estos productos tienen una participación importante en el comercio mundial correspondiente, que en el caso del aceite de soja llega a 38,5% y a 36% en el de las tortas. El complejo está dotado de una capacidad de molienda moderna, que en su mayor parte se halla en manos de capitales extranjeros.

La expansión del complejo oleaginoso tiene su eje central en la soja, primero convencional y ahora transgénica, sobre la base del sistema de siembra directa. La soja, que prácticamente ha reemplazado al maíz en la región pampeana, se ha extendido en los últimos cinco años hacia zonas hasta entonces vírgenes, ambientalmente más sensibles que la pampa, merced al uso de variedades transgénicas adaptadas a las condiciones de esos territorios.

Debido en parte a este proceso, se ha expandido la frontera agropecuaria y ha aumentado 13% la superficie agrícola, a diferencia de lo que ocurre en los Estados Unidos, donde esa expansión no supera el 5%, y en abierto contraste con el fenómeno que se está dando en la UE, donde la superficie cultivada ha registrado últimamente un decrecimiento anual de 4%, a causa de la multifuncionalidad de la agricultura, el sostenimiento de la familia rural y el cuidado del ambiente.

Todo ello ha ido acompañado de un aumento y una intensificación del uso de insumos tales como nuevas semillas, herbicidas, curasemillas, arrancadores y fertilizantes, proceso que podría interpretarse como una nueva versión de la revolución verde, directamente impulsada por intereses supranacionales. En efecto, ninguna de las nuevas tecnologías ha nacido en América Latina y el Caribe; todas son simplemente adaptaciones locales de investigaciones desarrolladas en los países del norte. Se establece así una fuerte dependencia con respecto al insumo importado, lo cual podría ocasionar, ante cualquier cambio coyuntural externo o interno, efectos importantes sobre la autosuficiencia alimentaria de los países de la región.

1. El modelo agrícola argentino

En Argentina, los primeros cultivos transgénicos surgieron en la zona de mayor potencial agropecuario del país, la región pampeana, pero en el breve lapso de cinco años la totalidad de los agricultores habían adoptado ya las sojas RG, resistentes al glifosato.[1] Para ello adquirieron el paquete de semillas y herbicidas ofrecido por diversas compañías multinacionales, por ser más baratos y de manejo más fácil que los convencionales. Posteriormente se adoptaron otros productos transgénicos, si bien a tasas más moderadas, entre ellos los maíces Bt, resistentes a orugas, los algodones Bt, y, en forma más reciente, los maíces RG o la soja RRBt. Sin embargo, contrariamente a lo que se pensaba, el desarrollo de estos cultivos transgénicos no redundó en una revolución

[1] Hasta donde se sabe, la tasa de adopción tecnológica verificada en Argentina con los productos transgénicos no tiene precedentes, por lo menos desde un punto de vista temporal.

tecnológica que contribuyera a paliar los actuales problemas alimentarios y ambientales, pues si bien esa primera camada de productos permitió aumentar el rendimiento físico, trajo consigo, al mismo tiempo, una serie de graves secuelas socioeconómicas y ambientales. Se sigue así en el marco de un sistema agrícola no sustentable, basado en el uso intensivo de los recursos naturales, en el que la necesidad de elevar el rendimiento va acompañada de una carga continua de insumos y de demandas energéticas crecientes.

Como se dijo, los primeros cultivos transgénicos correspondieron principalmente a soja RG, plantada en siembra directa, una de las prácticas agrícolas más difundidas en los últimos años, especialmente en Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires. Aparte de facilitar el laboreo y reducir los costos, la siembra directa ha permitido disminuir la erosión de los suelos e incluso recuperarlos. Sin embargo, ello ha ido acompañado de un uso cada vez mayor de insumos químicos, especialmente herbicidas y fertilizantes, y, por tanto, de impactos cada vez más fuertes sobre la flora microbiana, de cambios en la población de plagas y de la aparición de nuevas enfermedades.

En respuesta a la demanda de siembra directa, hubo importantes mejoras en el germoplasma de las variedades de soja, lográndose líneas mejor adaptadas y un mejor desempeño agronómico para los diferentes grupos de madurez, lo cual, como se indicó, ha permitido ampliar la frontera agropecuaria hacia zonas situadas en el noreste y el noroeste del país.

El modelo de siembra directa reemplazó al anterior sistema de rotación de cultivos y explotación ganadera, que aseguraba la fertilidad y la recuperación natural de los suelos. Para dar buenos resultados, la siembra directa necesita ciertos insumos básicos, tales como agroquímicos y maquinaria adecuada. Más aún, implica aumentar el uso de fertilizantes sintéticos, como lo demuestra el hecho de que el volumen de éstos se elevó de 300.000 toneladas en 1991 a casi 2 millones en 2000. Otro salto importante, que forma parte de la actual estrategia productiva, se dio en la oferta de semillas de soja RG, de modo que en el presente ya resulta difícil encontrar en Argentina semilla convencional.

Cabe destacar aquí la diferente participación que ha correspondido en uno y otro proceso de avance tecnológico a los organismos de investigación del Estado, como el INTA y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y a los organismos de investigación privados: mientras en la revolución verde los principales difusores de las nuevas semillas y tecnologías eran los organismos estatales, en el proceso actual su participación es totalmente secundaria, por no contar con los recursos financieros suficientes ni con el apoyo

de las autoridades políticas. Ello ha permitido el avance de grandes corporaciones multinacionales y la correspondiente apropiación de los beneficios comerciales por parte de un pequeño enclave situado dentro del sector agrícola nacional. Asimismo, han aparecido nuevos actores, los cuales, operando en sintonía con los intereses de las corporaciones multinacionales, facilitan y promueven la difusión de las nuevas prácticas agrícolas.

Las primeras sojas transgénicas importadas exhibían escasa adaptación al medio local. La variedad A-5403 y su derivada 40-3-2 no tenían un buen desempeño en las condiciones agroecológicas argentinas, por lo que la industria, para incorporar el gen respectivo, puso en marcha un acelerado programa de cruzas y retrocruzas con variedades convencionales de alto rendimiento y calidad, mediante el sistema de estación y contraestación. Gracias a ello, en el ciclo 2000/2001 había ya más de 40 nuevas variedades inscritas o en trámite de inscripción, de las más de 200 variedades lanzadas al mercado semillero argentino entre 1993 y 1999. La empresa Nidera alcanzó una participación de casi 67% en el mercado de semillas de soja transgénica, seguida por Dekalb, Monsanto y Pioneer Hi-Bred, a las cuales se suman algunas empresas nacionales como Don Mario, La Tijereta y Relmó (Lehmann y Pengue, 2000).

No obstante, las compañías se encontraron en este proceso con su talón de Aquiles, representado por las variedades autógamas, es decir, aquellas que, como la soja o el trigo, se autofecundan. Debido a tal circunstancia, los agricultores podían adquirir la nueva semilla, sembrar, cosechar y guardar una parte de las semillas para la campaña siguiente. La consecuencia principal de esta práctica, ampliamente difundida, era que los productores dejaban de depender de las compañías transnacionales para abastecerse de semillas transgénicas (Pengue, 2000). Para poner fin a esa posibilidad y retener el control de sus productos, protegidos por patentes, las empresas introdujeron modificaciones genéticas en las semillas que impedían la resiembra; más aún, produjeron semillas que sólo podían germinar mediante el uso de un arrancador químico, el cual obviamente vendían las mismas compañías. De esa forma, el agricultor se vio forzado a comprar semillas campaña tras campaña.

Debido al impacto social y ambiental que pueden provocar las nuevas tecnologías, la comunidad científica internacional, numerosas ONG y aun algunos de los propios impulsores de la biotecnología han expresado su rechazo a los procedimientos recién descritos. No obstante, las compañías multinacionales, lejos de detenerse, han perseverado en la misma línea, tendiente a intensificar el control sobre las semillas.[2]

[2] En la actualidad, por ejemplo, parece estar bastante avanzado un proceso encaminado a obtener patente sobre la semilla de girasol.

Éste es, por lo demás, uno de los pilares en que descansa la industria biotecnológica, a saber, el apropiarse por cualquier medio —en este caso por medios biológico-moleculares— de la mayor parte posible de la renta sectorial. Hace 20 años, miles de compañías productoras de semillas participaban en el comercio mundial; en la actualidad, apenas 10 empresas controlan 33% de los 24.000 millones de dólares del mercado internacional de semillas, y 5 compañías agroquímicas dominan 66% de un mercado global de 30.000 millones de dólares, concentración que atenta directamente contra la independencia de los países de producción mayoritariamente agrícola. La cuestión fundamental es el control de la cadena alimentaria, y la semilla es el primer eslabón de esa cadena. Quien controle la semilla controlará la oferta de alimentos. En suma, la introducción de la ingeniería genética no sólo incide en la forma en que se desarrollan los cultivos, quién los maneja y en qué condiciones, sino que también incide en el derecho de los agricultores a reutilizar sus semillas (Shand, 2001).

A este respecto, vale la pena examinar lo ocurrido en Argentina con la soja. En una primera etapa, se comercializaron grandes volúmenes de semillas transgénicas, pero los agricultores las guardaron para resembrarlas e incluso venderlas en la denominada bolsa blanca que comenzó a proliferar por esas fechas. En tales circunstancias, las compañías productoras podían elegir dos vías: entrar en largos y complejos procesos judiciales por la violación de sus derechos de propiedad intelectual para exigir el pago de sus regalías, o bien seguir el camino antes enunciado, esto es, producir semillas estériles. Dada la situación de debilidad legal imperante en la materia, las compañías escogieron esta última senda, con lo cual aseguraron su control sobre las semillas e impusieron el uso de arrancadores u otras sustancias, logrando así el dominio monopólico del mercado (Alonso Vélez, 2001).

Por otra parte, las nuevas tecnologías, por lo menos aquellas que se están difundiendo actualmente, exigen una aplicación creciente de herbicidas, fertilizantes sintéticos, fungicidas y curasemillas en general. En 2000, sólo para aplicar el nuevo paquete tecnológico, fue necesario importar en Argentina casi 50 millones de litros de glifosato bajo diferentes formulaciones y concentraciones. Aunque 21 empresas intervinieron en la importación, 4 de ellas, Monsanto, Atanor, Dow y Nidera, controlan la mayor parte del mercado. En el rubro agroquímico, la participación de la industria nacional llega sólo a 16,6%, dado que 43,6% de estos compuestos son de origen extranjero y el 39,8% restante es preparado en Argentina fundamentalmente con elementos importados, como ocurre con el glifosato.

En los últimos tres años, el consumo de glifosato se multiplicó más de tres veces, en una progresión de 28 millones, 58 millones y 100 millones de litros, aumento asociado por cierto a las sojas RG y al cambio del patrón de uso de este herbicida único. La caída continua del precio internacional de las materias primas de origen acropecuario (Sen, 2000), la dependencia con respecto a los insumos y la necesidad de montos cada vez mayores de capital para el sostenimiento del negocio, obligaron a entrar en una escala de producción creciente, lo cual se tradujo en el predominio de las grandes unidades y en la exclusión de un elevado número de pequeños y medianos agricultores y, también, de productores campesinos.

Según sostiene Morello (1997), para que una ecozona, que es un espacio económico de producción, pueda considerarse como de agricultura sostenible, se requieren decisiones que van a contrapelo de la política de ajuste estructural que se ha estado aplicando en la mayoría de los países de la región. Tales decisiones tienen que ver con cambios en la tenencia y el uso de la tierra, en la estructura de los mercados, las subvenciones, la estructura y las prioridades de investigación y extensión agrícola, la autonomía política local, y la distribución y los precios de los alimentos y la materia prima industrial generada en el agro.

Por otra parte, Bergel (2001) sostiene que en Argentina se está muy lejos, en muchos aspectos, de una situación de agricultura sostenible. Mientras tanto, la aplicación de las tecnologías basadas en la ingeniería genética avanza en forma sostenida, amenazando con transformar radicalmente, en pocos años, la agricultura tradicional. Los ciudadanos asisten hoy, como meros espectadores, a un desordenado debate en que se esgrimen sin mayor análisis argumentos provenientes de diversos campos —científico, político, económico, ecológico y ético—, los cuales, en su conjunto, lejos de iluminar el camino, sólo contribuyen a crear mayor confusión e incertidumbre. No debe olvidarse que detrás de ese debate hay importantes intereses económicos que pugnan por prevalecer.

2. Consideraciones ambientales

La biotecnología, especialmente la ingeniería genética, ha tenido durante la última década un desarrollo extraordinario en lo concerniente a investigación molecular. Dicho en forma general, tres han sido los acontecimientos que contribuyeron al desarrollo y la expansión de las nuevas prácticas. El primero fue el descubrimiento y la descripción de la molécula del ADN por James Watson y Frances Crick, merced a cuyos trabajos pudo saberse que el ADN tiene la forma de una doble hélice en espiral, integrada por dos cadenas entrelazadas y conectadas entre sí por bases. Hoy se sabe, asimismo, que todos los organismos tienen un

ADN similar en cuanto a estructura, funcionamiento y composición. Sin embargo, son muchos los aspectos que la ingeniería molecular no ha podido desentrañar aún, entre ellos el modo en que los genes interactúan entre sí dentro de una misma especie o entre especies distintas.

El segundo descubrimiento fue que cierto tipo de ADN bacteriano asume la forma de anillos flotantes llamados plásmidos. En la naturaleza, las bacterias suelen intercambiar plásmidos, característica que hace de éstos mensajeros o portadores ideales para llevar nueva información genética a las bacterias o a las células de las plantas.

El tercer hallazgo estuvo referido a la función que cumplen en la naturaleza ciertas enzimas especiales, llamadas de restricción, consistente en cortar la molécula del ADN y pegar entre sí los fragmentos resultantes. En la actualidad, se utilizan en forma corriente enzimas de restricción para cortar un gen de una molécula de ADN y abrir el plásmido. Ya que los extremos cortados del gen nuevo y del plásmido se atraen entre sí, la aplicación de otra enzima, denominada ligasa, permite unir firmemente en su lugar el nuevo gen. Así, por ejemplo, cuando los plásmidos son mezclados con bacterias en una probeta, penetran en la célula bacteriana y la inducen a producir proteínas o a realizar algún otro proceso dirigido por el nuevo gen.

Éste es el proceso mediante el cual se obtienen, a partir de bacterias, productos farmacéuticos como la insulina. No obstante, en el caso de las plantas, la ingeniería genética requiere un paso adicional: hallar un plásmido bacteriano capaz de depositar un nuevo gen en una célula vegetal. Ese plásmido se encontró, para ciertos tipos de plantas, en el *Agrobacterium tumefaciens*, bacteria que, en la naturaleza, transfiere un segmento de su plásmido inductor de tumores (It) al cromosoma de la célula de la planta. Por medio de las técnicas antes descritas, los genes causantes de los tumores se extraen del plásmido del *Agrobacterium* y se agrega un gen nuevo. Luego, el plásmido It es reinsertado en el *Agrobacterium*. Cuando se depositan algunos segmentos de tejido vegetal en caldos de cultivo con la bacteria genéticamente modificada, el *Agrobacterium* transfiere en forma natural el gen nuevo al cromosoma de la planta.

En 1983 quedaron demostrados varios hechos: primero, que este método podía aplicarse en plantas de hoja ancha como la soja; segundo, que el nuevo gen quedaba estabilizado permanentemente en el ADN de la planta, y, tercero, que era transmitido de generación en generación conforme a las leyes de la herencia. El paso siguiente consistió en cultivar tejidos para obtener plantas completas que presentaran ciertas características deseadas. Este proceso, que supone un salto tecnológico con respecto a los procesos evolutivos, no se da en la naturaleza o se da en forma muy escasa o atípica.

La intervención de la biología molecular debería finalizar aquí, para dar paso a otras disciplinas científicas que pudieran evaluar, con total independencia de criterio, los posibles riesgos de las nuevas tecnologías transgénicas. Sin embargo, como ello obligaría a invertir cuantiosos fondos en EIA y otros análisis que no guardan relación directa con el negocio corporativo, estos estudios no han recibido hasta ahora el impulso que merecen, pese a todos los argumentos presentados en tal sentido. Argentina no ha sido la excepción, sino la regla, a este respecto.

Como se desprende del examen de los escasos EIA que se tomaron en consideración en Argentina para la liberación de los primeros OGM, se prestó poca atención al impacto directo de los OGM sobre el ambiente, y menos aún a los impactos indirectos o los efectos complejos y en cascada que estos organismos podrían ejercer, en el mediano y largo plazo, sobre el ecosistema agrícola y los ecosistemas vecinos. También puede comprobarse que muchas de las recomendaciones contenidas en esos estudios, especialmente en el caso de las sojas RG, son sólo extrapolaciones extraídas de investigaciones hechas en otros ambientes y bajo otras condiciones de control.

Los impactos ambientales, en especial los que están ya claramente identificados, como el desarrollo de resistencia a los biocidas en malezas e insectos, los problemas de deriva o la acumulación de herbicidas, tienen una clara importancia económica, pues inducen directamente a un mayor uso de insumos, entre ellos los productos transgénicos, lo cual termina por configurar un circulo vicioso en que todo el problema es reducido a variables económicas, sin tomar en consideración la salud del ecosistema.

Según sostiene Gligo (1998), el paquete tecnológico de la soja transgénica tiene indiscutibles efectos contaminantes. Incluso antes de la constitución del Mercado Común del Sur (Mercosur), se había consignado que el uso de pesticidas seguiría aumentando, debido al incremento de la superficie dedicada a cultivos artificiales. La frontera agropecuaria argentina se ha expandido hacia el norte con soja y algodón, avanzando en muchos casos sobre ambientes de importante riqueza biológica, como ha sucedido en Las Yungas, una de las zonas de mayor biodiversidad del país. El efecto se incrementó aún más con la introducción de las nuevas sojas RG. En Argentina se ha duplicado de año en año el consumo de glifosato, lo que ha hecho de éste un insumo estratégico, casi de igual importancia que el gasóleo, por el papel esencial que cumple en el manejo agrícola promovido en el último tiempo.

Con la introducción de la siembra directa, se tendió a reemplazar el control cultural y de manejo de las malezas por el control estrictamente químico. Antes de la introducción de la siembra directa, se utilizaban

herbicidas sólo en una época del año, a saber, durante el barbecho o el descanso entre los cultivos, por lo cual no tenían un gran impacto ambiental. En el presente, por el contrario, con el cambio en el patrón de uso que acompaña a las nuevas técnicas, el glifosato se aplica casi en forma continua. Debido a la deriva y a su mayor concentración, el glifosato puede ocasionar una serie de efectos adversos, como la aparición de resistencia en las malezas, daños en la flora y fauna del ecosistema agrícola, y contaminación de las aguas, al filtrarse hacia las napas subterráneas.

Otro problema ambiental debe consignarse aquí, a saber, la aparición de malezas tolerantes o resistentes a los herbicidas. No se tiene registro de que durante la vigencia del modelo agrícola anterior hayan brotado, en la región o en el mundo, malezas de este tipo. No obstante, tal fenómeno se ha manifestado ya con cierta fuerza en modelos agrícolas muy semejantes al de Argentina, entre ellos el australiano (Pratley y otros, 2000), y también ha comenzado a hacerse presente en el ámbito nacional (Papa, Felizia y Esteban, 2000). En efecto, varias malezas de la región pampeana parecen haberse vuelto tolerantes a las dosis recomendadas de glifosato.[3] Ello obliga a aumentar los volúmenes aplicados, con sus inevitables consecuencias ambientales, y es probable que en el futuro haya que reemplazar el glifosato por otras sustancias, seguramente asociadas a nuevos productos transgénicos, con algunas de las cuales ya se está experimentando.[4] Sin embargo, no sólo en condiciones experimentales, sino en la práctica diaria del campo, los agricultores se han visto forzados a aumentar las dosis de glifosato, al comprobar que las dosis recomendadas tienen un desempeño cada vez más pobre.

Si bien el glifosato ofrece menos riesgos que los herbicidas restantes, no puede decirse lo mismo de los productos que se aplican junto con él para mejorar su absorción, como los coadyuvantes o surfactantes, que en ciertas condiciones pueden resultar más tóxicos para el medio silvestre que el herbicida mismo. Por ejemplo, algunas de las formulaciones más comunes de glifosato contienen coadyuvantes que son dañinos para el desarrollo de peces y otros organismos acuáticos.

Los ecosistemas más afectados por los herbicidas son aquellos sujetos a aplicaciones directas o que se encuentran en las cercanías de las zonas de aplicación y, también, los ecosistemas acuáticos, que reciben los herbicidas por escurrimiento. De una u otra forma, los agroquímicos y

---

[3] Entre ellas figuran malezas tales como *Parietaria debilis*, *Petunia axilaris*, *Verbena litoralis*, *Verbena bonariensis*, *Hybanthus parviflorus*, *Iresine diffusa*, *Commelina erecta* e *Ipomoea sp*.

[4] Como el glufosinato de amonio, la sulfonilurea, las piridinas, las triazolpiramidinas, el clorosulfuro, el bromoxinil, el bialafos y la atrazina.

fertilizantes pueden alterar la estructura, función y productividad de los ecosistemas.

En otro orden de cosas, no deja de tener importancia para América Latina y el Caribe el impacto que los transgénicos pueden ejercer sobre los centros de biodiversidad y los centros de origen de los cultivos agrícolas, esto es, respectivamente, aquellos sitios donde se concentra la mayor riqueza de poblaciones emparentadas y aquellos de donde se tomaron primeramente las variedades silvestres que luego habrían de ser domesticadas (Pengue, 2000). Estos centros constituyen la reserva mundial de genes y caracteres agronómicos de utilidad, y han sido la fuente principal de los recursos utilizados por los fitomejoradores en todos los planes de selección. Son, en definitiva, los centros de conservación in situ de una inmensa variabilidad de especies, así como una de las vertientes principales de la riqueza sociocultural de los pueblos que se nutren de tales recursos. Si la revolución verde trajo como consecuencia la uniformidad y la reducción de la base genética de los cultivos, estos fenómenos se han intensificado hoy por la liberación, cada vez más frecuente, de nuevas líneas transgénicas, las cuales, a su vez, producen el efecto adicional de reducir todavía más la variabilidad intraespecífica. Aunque la respuesta lógica ante esta situación debería ser la de tomar todas las medidas necesarias para resguardar los centros de biodiversidad y los centros de origen, todo indica que está sucediendo precisamente lo contrario, como queda de manifiesto, en México, con el maíz Bt o con el arroz dorado en Asia, cuyos cruzamientos ya se han encontrado en razas nativas. Los recursos genéticos, como bien público de la humanidad, deberían ser puestos a salvo de los intereses comerciales de corto plazo.

Esta situación obedece al hecho de que determinados genes, con ciertas características mejoradas, pasan de las especies transgénicas a sus parientes silvestres, lo cual puede tener un efecto en cascada sobre el ecosistema y el entorno social. Pequeñas alteraciones genéticas, impredecibles en su expresión e interacción, pueden ocasionar grandes cambios ecológicos. Es lo que puede ocurrir, por ejemplo, con una variedad nueva que posea mayor resistencia a insectos, virus y bacterias, o mayor tolerancia a los herbicidas y las bajas temperaturas, y tenga al mismo tiempo una mayor capacidad de adaptarse a entornos antes desfavorables. Si la nueva característica logra implantarse en ciertos biotipos de una población vegetal, con seguridad habrá de desarrollarse, gracias a su mayor capacidad de adaptación, en detrimento de las otras poblaciones de la especie, con el consiguiente impacto sobre el banco genético de ésta. Ello podría redundar, a la larga, en la disminución o la desaparición de las otras poblaciones.

Otro aspecto que debe preocupar es el efecto dispersivo que el flujo de genes puede tener sobre ecosistemas naturales que están rodeados de cultivos transgénicos. Ciertas especies podrían recibir de estos últimos una cantidad de polen mucho mayor que la proveniente de sus propios congéneres, lo cual provoca la llamada introgresión génica. Si los caracteres exitosos son asimilados, la nueva especie pasará a ser dominante y tenderá a excluir a las otras. El gran peligro que entrañan algunos transgénicos reside en la posibilidad de que, una vez liberados, se conviertan en invasores biológicos que eliminen a las variedades competidoras y a los depredadores que los controlan (Di Castri, 2000).

El fenómeno de transferencia genética horizontal ha sido constatado entre bacterias que viven en el medio ambiente marino (Frischer, Stewart y Paul, 1994), en aguas no salinas (Ripp y otros, 1994) y en el suelo (Neilson y otros, 1994). Esta transferencia puede ocurrir de modo inmediato por la absorción de ADN liberado al medio ambiente; por otra parte, los microorganismos transgénicos suelen difundirse a través de las poblaciones bacterianas sinérgicas que hay en los suelos en que se cultivan plantas transgénicas, o en los medios acuáticos donde se crían peces y mariscos transgénicos.

Es preciso realizar, en el plazo más breve posible, estudios sobre la aparición de resistencia a los nuevos productos Bt, especialmente en lo referido al maíz y el algodón, pues se ha comprobado ya que esa posibilidad existe. Hasta hace pocos años, los investigadores abrigaban la esperanza de que la agregación de múltiples formas de Bt a un cultivo permitiría diversificar los modos de eliminación de las toxinas Bt, lo cual eventualmente contribuiría a resolver los problemas de resistencia; pero la idea debió abandonarse cuando se constató que los insectos resistentes a un tipo de toxina Bt eran también resistentes a toxinas a las que no habían sido expuestos, fenómeno que se conoce como resistencia cruzada.

Hasta ahora se estimaba poco probable encontrar alelos resistentes en poblaciones de insectos susceptibles al Bt. Sin embargo, ya se ha comprobado que una oruga, la *Plutella xylostella*, ha desarrollado resistencia al Bt. Aparentemente, un gen recesivo le confiere resistencia a cuatro tipos distintos de toxinas Bt: Cry1Aa, Cry1Ab, CryAc y Cry1F. Ello parece indicar que las plagas pueden desarrollar resistencia a algunos grupos de toxinas de modo mucho más rápido de lo previsto. Los insecticidas microbianos no han escapado al problema de la resistencia, que muchos esperaban estuviese limitado a los agroquímicos convencionales. En los últimos años, por lo menos 12 especies de insectos —entre ellas *Heliothis virescens*, *Culex quinquefasciens*, *Aedes aegypty*, *Trichoplusia ni*, *Spodoptera litoralis* y *Spodoptera exigua*— han presentado ya resistencia en ensayos de laboratorio, y dos especies —*Plodia interpunctella* y la ya mencionada

Plutela xylostella— la han presentado en poblaciones silvestres. En consecuencia, sería erróneo suponer que las especies involucradas no tienen la capacidad genética de adaptarse a los nuevos productos Bt.

Llama la atención que la única medida propuesta y llevada a la práctica en las zonas de liberación de maíz o algodón transgénicos sea la preparación y manejo de refugios, es decir, de áreas de siembra de rubros convencionales, las cuales tienen por objetivo teórico mantener la plaga en un grado de desarrollo que permita controlarla, y que permita asimismo la interacción de esos rubros con otros individuos de su especie, pues de ese modo se cruzarían individuos tolerantes e individuos vulnerables. También llama la atención la directiva dictada al respecto, conforme a la cual todas las tareas pertinentes, esto es, la preparación y el mantenimiento de los refugios, las labores de monitoreo y control, y la responsabilidad de dar la primera alarma, deben estar principalmente a cargo de los agricultores.

Para profundizar en el conocimiento de estos fenómenos, se han utilizado modelos de simulación, de los cuales se desprende que el tamaño mínimo del refugio, si se supone que los cultivos Bt se manejan con dosis altas de biocidas, debería equivaler a 4% de la superficie involucrada (control de 90%). Sin embargo, es probable que en muchos casos se esté trabajando con dosis moderadas de biocidas. Si se parte de este último supuesto, el tamaño recomendado del refugio no bastaría para manejar la resistencia de la plaga. Si se utilizan dosis moderadas de biocidas o si se supone que las dosis altas no matarán más de 75%, 85% o 95% de los individuos susceptibles, el tamaño del refugio, según se infiere de los modelos de predicción, debería oscilar entre 30% y 50% de la superficie sembrada con cultivos transgénicos (Gould, 1997).

En conexión con el surgimiento y el manejo de la resistencia, conviene analizar el impacto que ello puede tener sobre los genes susceptibles. Éstos se hallan presentes en todas las plagas y patógenos que ha utilizado el ser humano, desde los albores de la civilización, para controlar las pestes. Son, por consiguiente, recursos naturales que constituyen un bien público (Whalon, 1997). El uso incorrecto de estos recursos puede derivar en una presión de selección que redunde en la determinación casi exclusiva de genes de resistencia, lo cual haría inmunes a las plagas frente a todo intento de control. Por ello, la desaparición de genes susceptibles representaría una pérdida de diversidad genética, que se traduciría a su vez en la degradación del genoma de la especie.

También habría que examinar el impacto de los productos Bt sobre aquellos organismos que no son su objetivo específico. En un estudio acerca del algodón Bt realizado en China, Xia y Cui (2000) llegaron

a resultados interesantes en lo que concierne a los efectos sobre las poblaciones de controladores biológicos.

3. Consideraciones socioeconómicas

Pese a que en Argentina se ha incrementado la productividad física de los cultivos de exportación —soja, girasol, maíz y trigo— y se ha expandido la superficie cultivada, hasta cubrir incluso zonas ambientalmente vulnerables, diversos indicadores socioeconómicos demuestran que se está ingresando a un modelo de "subdesarrollo sustentable", expresión acuñada por Cavalcanti con respecto a Brasil.

En su éxodo hacia las ciudades en busca de nuevos empleos o mejores oportunidades de trabajo, los emigrantes rurales se encuentran hoy con mercados laborales sumamente cerrados, o bien abiertos sólo para ocupaciones mal pagadas. La pobreza y la indigencia han aumentado significativamente en las ciudades, las franjas periurbanas y en el mismo campo. En los últimos 10 años, el número de pobres en las áreas urbanas y periurbanas de Buenos Aires pasó de 2.327.805 a 3.466.000, esto es, un aumento de 148%, al tiempo que la indigencia aumentaba de 324.810 a 921.000 personas, es decir, se elevaba en una proporción aún mayor (184%). Según se estima, de una población total de 37 millones de personas, casi 15 millones de argentinos (40%) entran en la categoría de pobres. Por otra parte, 40% de las explotaciones rurales pueden ser consideradas como pobres, sin acceso a capital de trabajo ni a recursos tecnológicos modernos. En algunas zonas, el porcentaje de explotaciones rurales pobres se eleva todavía más, llegando a 60% en la región del noroeste y a 61% en la del noreste.

Por lo general, en el país se han aplicado, siempre que lo consintiera la relación costo-beneficio, las tecnologías agropecuarias más modernas, con el objeto de poner al día su modelo exportador. Pese al alto ritmo de adopción tecnológica, en Argentina se ha utilizado en general una proporción de insumos, especialmente de agroquímicos y fertilizantes sintéticos, muy inferior a la de sus competidores, los Estados Unidos y diversos países de Europa, gracias a lo cual el país era reconocido hasta hace poco en el ámbito mundial como productor de alimentos naturales. Además, el adecuado sistema de rotación de cultivos agrícolas y de ganadería permitía mantener la estabilidad ambiental y económica. Ello se ha visto perturbado ahora por la agricultura industrial, que presiona con fuerza sobre los recursos y se sostiene en el uso intensivo de herbicidas y fertilizantes, la mayoría de ellos importados. En Argentina se exportan anualmente alrededor de 3.500.000 toneladas de soja, trigo, maíz y girasol, sus principales cultivos. La soja, motor

de las exportaciones agrícolas, representa casi 50% de esa cifra. No obstante, se ha inducido a los agricultores a comprometerse cada vez más con el camino artificial, como lo prueba el aumento de la aplicación de fertilizantes sintéticos, en reemplazo de las conocidas y eficientes prácticas de manejo, recuperación y rotación de los suelos.

Los sistemas mixtos han cedido su lugar a la producción agrícola exclusiva y a la adopción de nuevos cultivares e híbridos, como sojas RR, nuevos híbridos de alto potencial y trigos franceses. Ello se vincula directamente a la intensificación del uso de agroquímicos y fertilizantes sintéticos, promovida por las empresas vendedoras de semillas, las asociaciones de empresarios agrícolas y diversas instituciones oficiales. En definitiva, se avanza hacia una "agriculturización", o más bien hacia una "sojización", no sólo de la pampa argentina, sino de toda la zona que comprende las áreas productivas de Bolivia, el sur de Brasil, Paraguay y Uruguay, todas con salida por el Paraná.

4. Aumento de escala, nuevos actores y desaparición de pequeñas y medianas empresas agropecuarias

En Argentina se ha adoptado masivamente la tecnología del ADN recombinante, pero no puede decirse que los beneficios de la nueva técnica hayan alcanzado por igual a todos los agricultores que han emprendido esa senda, en especial los medianos y pequeños. En efecto, sus costos de producción han aumentado a causa de diversos factores, como la presión impositiva y bancaria, las dificultades de acceso a los insumos y la dependencia con respecto a los insumos importados.

El conocido problema del manejo de malezas, especialmente en el caso de la soja, fue la punta de lanza para que este rubro ingresara en forma tan exitosa, desde el punto de vista empresarial, en Argentina. El control de malezas absorbía aproximadamente 40% de los costos de control de la producción, a lo cual debía sumarse el manejo combinado de herbicidas sumamente complejos, poco accesibles para el promedio de los agricultores. La llegada de las sojas RR, con su simplicidad, y el bajo costo relativo del herbicida glifosato, dieron origen a una demanda de semillas y agroquímicos nunca antes vista en el país.

Tal proceso estuvo acompañado de un aumento en la concentración de las explotaciones y de la entrada en funciones de una nueva generación de agricultores, que han sido más proclives a las innovaciones y el productivismo que a la calidad y la mejora de la cadena de valor. El segmento más atractivo para las empresas vendedoras de semillas, fertilizantes y agroquímicos está representado por los

grandes agricultores, que necesitan producir bienes en gran escala para compensar la baja tendencial de precio de éstos, ocasionado en parte por el aumento de los excedentes generado por su propia producción. Todo ello dificulta la supervivencia de los pequeños y medianos agricultores, los cuales, seriamente endeudados desde mediados de la década de 1990, no pueden resistir económicamente. He aquí algunas cifras ilustrativas al respecto: entre 1993 y 1999, el precio de la soja cayó 28%, y entre 1992 y 1999, el número de productores de la zona pampeana se redujo de 170.000 a menos de 116.000, es decir, una disminución de 32%, al tiempo que aumentaba de 243 a 357 hectáreas la superficie promedio de las unidades productivas.

Según estimaciones de la Federación Agraria Argentina, en la pampa húmeda desaparecían tres establecimientos al día el mismo año en que se lograba la cosecha más grande de la historia. Las deudas del sector en su conjunto llegan en la actualidad a 12.000 millones de dólares, y muchos agricultores no pueden hacer frente a la crisis. En estos momentos quedan aproximadamente 100.000 agricultores en la pampa húmeda, que compran en conjunto insumos por un valor de 1.300 millones de dólares. De estos agricultores, 31.000 medianos y grandes adquieren insumos por un monto cercano a 880 millones de dólares (70%), mientras que los casi 70.000 pequeños agricultores y campesinos restantes compran sólo el equivalente a 30% del valor de los insumos.

El cambio generacional verificado en la región pampeana se ha dejado sentir también en otros planos. En efecto, una proporción importante de los productores son ahora personas de alrededor de 40 años, una de cada cuatro de las cuales tiene título profesional o terciario, y están desarrollando grandes habilidades agronómicas, de gestión y comerciales debido a la presión por elevar el rendimiento.

De esa manera, el modelo hoy imperante responde a la utilización de las mejores variedades comerciales y la aplicación intensiva de agroquímicos, lo que convierte a aquéllas en variedades de alta respuesta —y no, como se dice, de alto rendimiento—, pues es necesario proporcionar nutrientes a las plantas para que se desarrollen. Por ello, ha aumentado también la superficie fertilizada: de hecho, 70% de la superficie de maíz y de trigo está siendo abonada. El consumo de urea y fosfato diamónico en los cultivos de trigo y maíz es de más de 1 millón de toneladas, vale decir, seis veces superior al de la década anterior. A eso debe sumarse el uso de fungicidas y curasemillas, insumos antes poco utilizados, que hoy son de empleo cada vez más frecuente en los cultivos de trigo y soja (10% y 90% respectivamente).

Por otra parte, hay marcadas diferencias, dentro de la misma región pampeana, entre los productores del sudeste bonaerense y los

del sur de Santa Fe. Los primeros cuentan con una superficie promedio mayor, de 429 hectáreas; 37% tienen estudios universitarios y terciarios; 33% reciben asesoramiento externo, y sólo 10% viven en el campo. En el sur de Santa Fe, en cambio, la superficie media es de 180 hectáreas; 17% de los agricultores tienen estudios terciarios; 21% reciben asesoramiento externo, y casi 40% siguen viviendo en el predio.[5] Ello se manifiesta también en pautas culturales diferentes; por ejemplo, los productores del sur de Santa Fe muestran cierta resistencia al cambio, lo que parece indicar que aún no han sido absorbidos plenamente por el modelo agrícola intensivo.

Cabe acotar que el proceso de concentración de las explotaciones se observa también, y en mayor grado, en los Estados Unidos: de 24 millones de agricultores que había en ese país hace unas décadas, hoy restan sólo 4 millones. Por efecto del intenso proceso de concentración, 17% de las explotaciones estadounidenses aportan hoy 75% de la producción agrícola, mientras que en Argentina las cifras correspondientes son de 37% y 75%. Ello parece dar a entender que en Argentina, cuyo sistema agrícola es muy similar al estadounidense en aspectos agronómicos, técnicos y hasta sociológicos, hay todavía un número excesivo de agricultores, muchos de los cuales serán expulsados en poco tiempo del sistema si prevalece la actual tendencia.

La situación se hace aún más compleja debido al hecho de que los productores más pequeños no cuentan ya con un sistema de agremiación que los proteja y los ayude a velar por sus intereses. Las antiguas organizaciones rurales, como la Federación Agraria Argentina, la Confederación Intercooperativa Agropecuaria Argentina (CONINAGRO), la Confederación de Agrupaciones Rurales de Buenos Aires y la Pampa (CARBAP) y hasta la otrora poderosa Sociedad Rural Argentina (SRA), han cedido su lugar a organizaciones sumamente fuertes, como la Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) y la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), que defienden intereses específicos en toda la cadena agroalimentaria. Pese a todo, últimamente han entrado en escena movimientos campesinos que expresan su insatisfacción por el avance de las grandes corporaciones.

Para enfrentar la expansión de los establecimientos grandes, es importante que se fortalezca la agricultura familiar y que los campesinos y pequeños productores se asocien en cooperativas. Esto último puede representar una solución también en otro plano, pues de esa manera los

[5] La unidad de escala económica equivale a 320 hectáreas, lo que significa que los predios del sur de Santa Fe tienen una superficie media bastante inferior a aquélla.

establecimientos pequeños podrían acceder en común a las maquinarias y demás insumos, con lo cual se abrirían nuevas oportunidades de trabajo.

5. Consideraciones finales

El actual modelo agrícola argentino se sustenta en el uso intensivo de agroquímicos y fertilizantes sintéticos, el incremento de la escala de las unidades productivas y la siembra de nuevos territorios con cultivos transgénicos. Las grandes empresas transnacionales ponen la mira fundamentalmente en dos mercados de la región: el de Brasil, con más de 14 millones de hectáreas sólo en sus principales estados sojeros, y el de México, centro de origen del maíz. La conquista de estos mercados favorecería el aumento de la producción y el consumo de agroquímicos, especialmente de herbicidas, y estimularía por otra parte la competencia, con lo cual podría acentuarse la tendencia a la baja de los precios en el mercado mundial. El modelo dominante está asociado, en lo esencial, a los siguientes rasgos: intensificación del uso de tecnología en alto grado dependiente de insumos importados; concentración de la renta; apropiación privada de los recursos genéticos; privatización de los beneficios de la ciencia y la tecnología, y degradación creciente de los recursos naturales.

Aparentemente, el enfoque determinista que acompaña el desarrollo basado en la ingeniería genética coincide con el planteamiento productivista, que apunta únicamente a la reducción de los costos por medio del aumento de la productividad, sin prestar atención al valor agregado, postura que ha llevado a la concentración de la tierra y a una escasa generación de nuevos puestos de trabajo.

La biotecnología agrícola se asemeja, en muchos aspectos, a la revolución verde. El fracaso de esta última como estrategia para un desarrollo agrícola sostenible y generalizado, hace pensar que tampoco la biotecnología podrá ofrecer soluciones satisfactorias para el desarrollo rural, a causa sobre todo de las restricciones que le impone la ecología (Sevilla Guzmán y otros, 2000). Por otra parte, cabe hacer notar que en ningún país de América Latina y el Caribe las investigaciones en biología molecular se han desarrollado hasta un punto en que sus eventuales productos pudieran hacerse acreedores a una patente comercial; los países de la región son, en este sentido, meros compradores y difusores de productos transgénicos, y deben destinar parte de su renta al pago de patentes y a la compra de insumos importados. Los organismos estatales como el INTA y el CONICET, así como ciertas universidades, responsables de algunos de los escasos desarrollos valiosos que se han

logrado en Argentina para la solución de problemas locales, se hallan hoy casi sin presupuesto y en condiciones en extremo precarias. Es muy posible que en breve sus investigaciones hayan pasado a poder de la empresa privada, que ya ha mostrado interés en tal sentido, como ha ocurrido con los trabajos sobre maíz, girasol y tomate. Por otra parte, los institutos públicos están perdiendo a sus principales investigadores, cuyos estudios encuentran buena acogida en las compañías internacionales, como sucedió, por ejemplo, con el programa sobre algodón que llevaba adelante el INTA en la zona chaqueña.

Frente a lo anterior, cabe pensar que un sistema de producción alternativo, en que se hiciera uso intensivo de tecnologías de proceso más fácilmente apropiables por los pequeños y medianos agricultores (Altieri y otros, 1999), permitiría recuperar y revalorizar su producción, crear empleos más calificados y estables, y manejar en forma adecuada los recursos, con una menor degradación ambiental y una asignación energética eficiente en el agroecosistema. A estos efectos favorables habría que sumar el aporte que pueden hacer los pequeños y medianos agricultores al producto nacional, la mejora de la distribución de la renta interna nacional, y el manejo racional y sustentable de los recursos naturales. Hay ejemplos en tal sentido, entre ellos el exitoso programa de producción de alimentos orgánicos llamado Prohuerta, que abastece de hortalizas y aves, durante todo el año, a cerca de 3 millones de argentinos que viven en condiciones de extrema pobreza en las áreas urbanas, periurbanas y, en menor medida, rurales. Por otra parte, hay en el mercado externo una notable demanda de productos "verdes", especialmente en los países de más altos ingresos, donde aún sería posible demostrar que muchos de los productos de la región son inocuos y de origen natural. Ésta es una perspectiva particularmente interesante para los pequeños y medianos establecimientos agropecuarios, que podrían encontrar en ese filón nuevas opciones productivas, como la especialización en productos orgánicos, derivados de una agricultura de bajos insumos y de una ganadería extensiva, productos que cuentan con una demanda no desdeñable en los mercados mundiales.

En efecto, esta opción podría constituir una salida para los pequeños y medianos establecimientos, que aún cubren, sólo en la región pampeana, 51% de la superficie total, a lo que podrían sumarse muchas economías regionales que se encuentran hoy en franco retroceso y en vías de desaparición. Sólo en los países de la UE, compradores tradicionales de bienes agropecuarios argentinos, el mercado de productos orgánicos involucra unos 7.300 millones de dólares anuales; por su parte, el mercado mundial alcanza un valor de 16.000 millones de dólares al año, y todo indica que se halla en expansión. En suma, el sector agropecuario argentino tiene mucho que ofrecer a estos mercados con sus productos

naturales certificados, tanto en lo que se refiere a producción extensiva (ganadería, cereales y oleaginosas) como intensiva (frutas, hortalizas, olivos, miel y yerba).

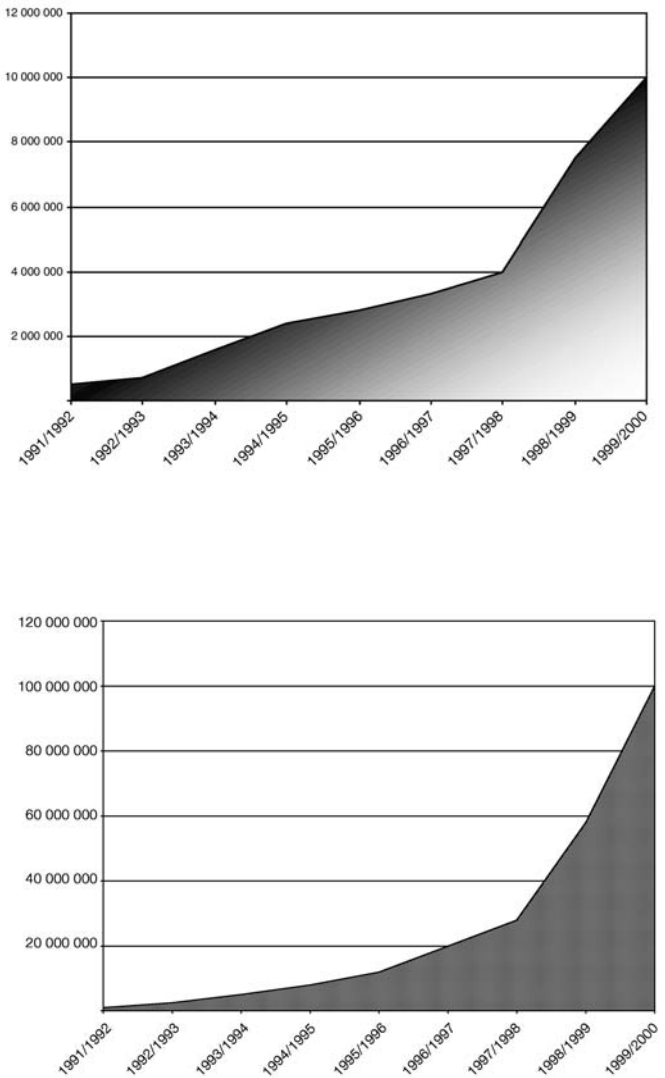
Al comienzo de este artículo se aludió a la importancia que tenía la soja para el país en cuanto al volumen de las exportaciones, pero se denunciaron también, como elementos negativos, la dependencia creciente en que se encuentra este rubro con respecto a insumos extranjeros y sus impactos ambientales y sociales. Si los agricultores del país se fijaran el objetivo de cubrir 10% de la demanda mundial de productos orgánicos en pocos años, no sería improbable que en 2006 las exportaciones correspondientes alcanzaran un valor 6.000 millones de dólares. Ello permitiría incrementar en más de 23% las exportaciones totales y en más de 45% las exportaciones agroindustriales.

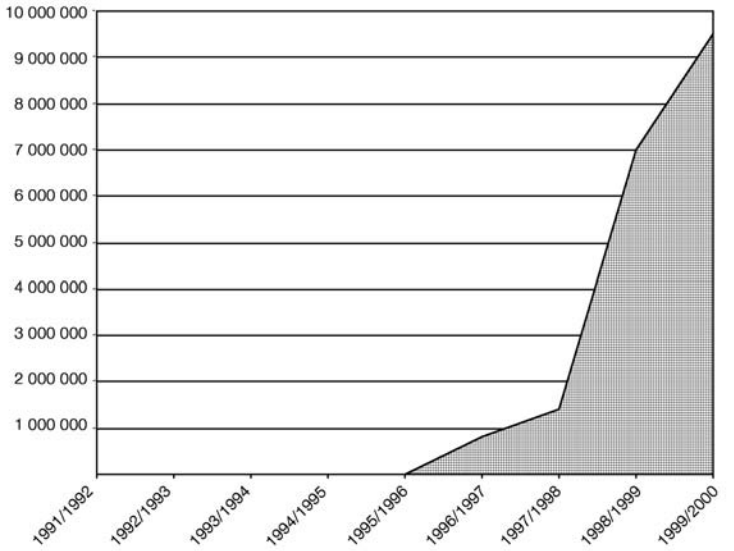
Es mucho lo que el Estado puede hacer para definir una política agropecuaria de desarrollo sostenible, pero muy poco lo que efectivamente ha hecho en tal sentido. Hasta ahora se han tomado sólo medidas coyunturales, incluso de claro apoyo a los productos derivados de la ingeniería genética, y no se advierte la decisión de propiciar una estrategia participativa de expansión y reconocimiento de nuevos productos. Incluso se podría dar cabida, si tuviesen aceptación entre los consumidores, a algunos productos biotecnológicos, como alimentos especiales o nuevos rubros farmacéuticos.

Posiblemente, la ingeniería genética ha llegado en un momento poco oportuno de la historia de la humanidad, en que prevalecen el individualismo, el afán de lucro inmediato y la mercantilización de la naturaleza y la ciencia. Habría que analizar a fondo cuál podría ser una distribución de costos y beneficios más equitativa, y desarrollar una agenda propia e independiente acerca del modo de favorecer, sobre la base de estos nuevos desarrollos, a los más desprotegidos y subalimentados de un país como Argentina, que por otra parte desborda de alimentos. Sólo por medio de una visión sistémica se podrá aprovechar todo el potencial de cada herramienta, para utilizarlo de acuerdo con las condiciones particulares de cada ambiente productivo, evitando la peligrosa simplificación que se está ofreciendo hoy a los productores. Las técnicas transgénicas son componentes de un paquete tecnológico que aún debe demostrar su sustentabilidad. Por ese motivo, en países ricos en biodiversidad, suelo y clima como son los de América Latina y el Caribe, debería reflexionarse seriamente acerca del camino a seguir, o comprender por lo menos que no hay un camino único, y que su biodiversidad no es sólo ecológica, sino también sociocultural (Morello y Pengue, 2000). Es preciso, por último, que académicos, políticos y la sociedad toda reflexionen acerca del impacto de las nuevas tecnologías,

con la profundidad y la prudencia necesarias, a partir de la integración de múltiples disciplinas y puntos de vista y la comprensión de la complejidad que es propia de los sistemas socioecológicos (Gallopin y otros, 2000).

Gráfico VII.1
EVOLUCIÓN DE LA SIEMBRA DIRECTA, CONSUMO DE GLIFOSATO, SOJAS RG Y VENTAS DE SEMBRADORAS DURANTE LOS NOVENTA EN ARGENTINA




10 000 000
9 000 000
8 000 000
7 000 000
6 000 000
5 000 000
4 000 000
3 000 000
2 000 000
1 000 000
1991/1992
1992/1993
1993/1994
1994/1995
1995/1996
1996/1997
1997/1998
1998/1999
1999/2000

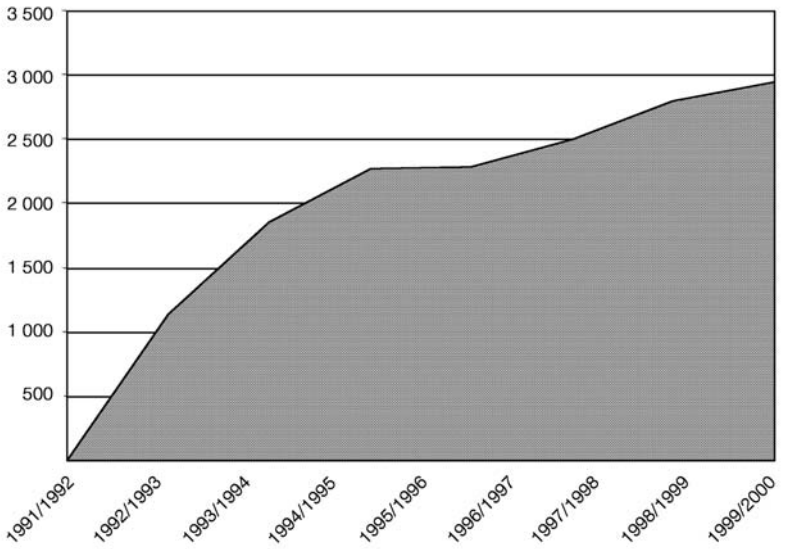

3 500
3 000
2 500
2 000
1 500
1 000
500
1991/1992
1992/1993
1993/1994
1994/1995
1995/1996
1996/1997
1997/1998
1998/1999
1999/2000

Gráfico VII.2
NÚMERO DE VARIEDADES DE SOJA (CONVENCIONAL Y TRANSGÉNICA) LIBERADAS COMERCIALMENTE AL MERCADO ARGENTINO

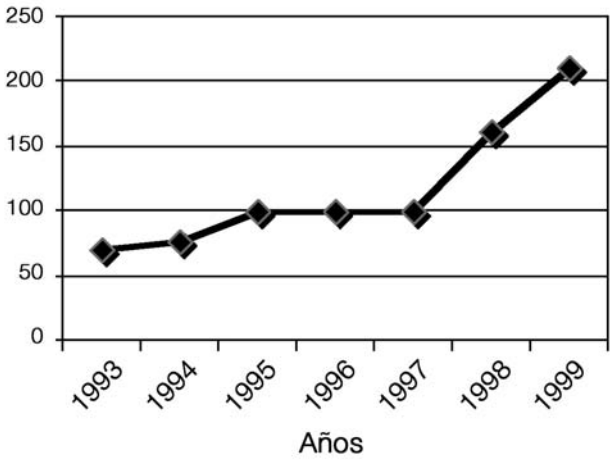
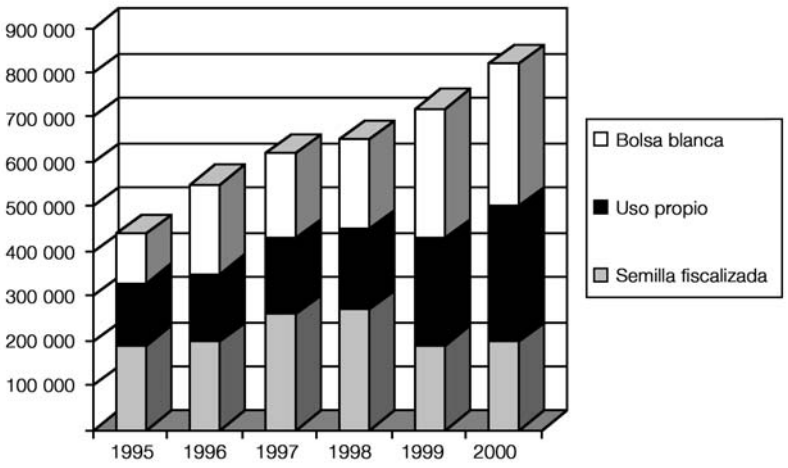
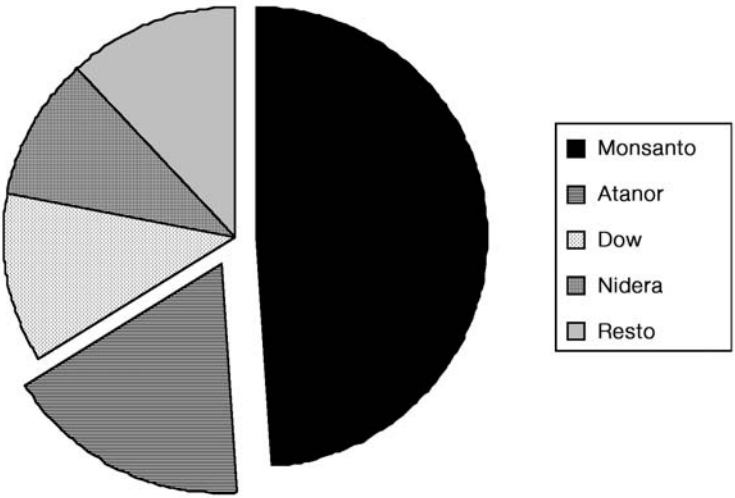


Gráfico VII.3
SEMILLAS DE SOJA DISPONIBLES PARA SIEMBRA EN EL MERCADO ARGENTINO



Fuente: Elaboración propia en base a datos difundidos por ARPOV, 2000.

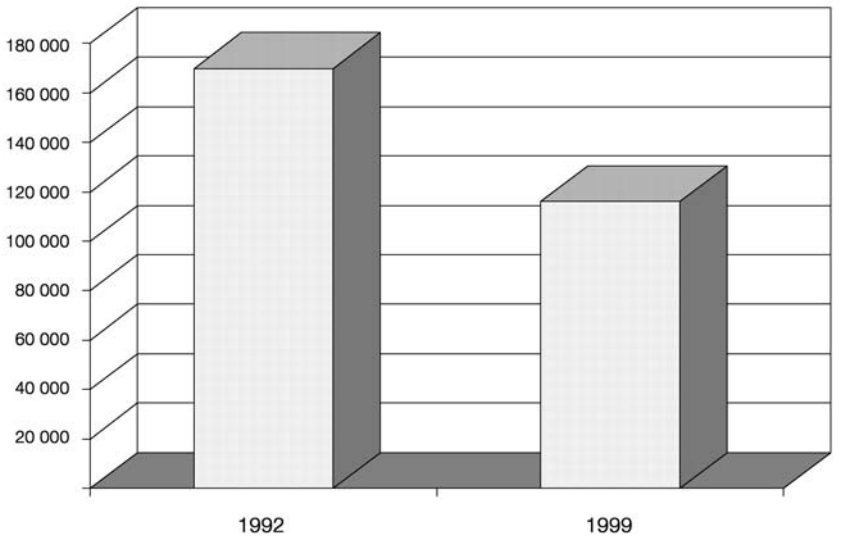
Gráfico VII.4
IMPORTACIONES DE GLIFOSATO (CONCENTRACIONES DEL 48/70/74/75/85/95) EN EL MERCADO ARGENTINO EN EL AÑO 2000



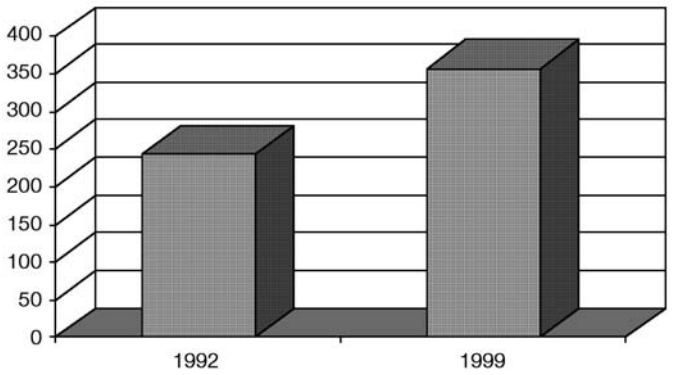
Fuente: Elaboración propia en base a datos de Confederaciones Rurales Argentinas, CRA, 2000.

Gráfico VII.5
ESTABLECIMIENTOS RURALES Y ESCALA PRODUCTIVA (ZONA PAMPEANA).

CANTIDAD DE ESTABLECIMIENTOS



HECTÁREAS



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Mora y Araujo Consultores, 2000, Lehmann y Pengue, 2000, Biotechnology Monitor.

Capítulo VIII

Las nuevas fronteras tecnológicas: los transgénicos y sus impactos en América Latina y el Caribe

César Morales y Marianne Schaper

1. Un nuevo modelo de producción agropecuaria

Desde su aparición comercial en 1994, los cultivos transgénicos han experimentado un crecimiento impresionante en todo el mundo, abriendo al mismo tiempo numerosas expectativas, interrogantes y cuestionamientos. En poco más de nueve años, la superficie mundial sembrada con transgénicos ha llegado a 67,7 millones de hectáreas, lo que representa cerca de 4,5% de la superficie agrícola mundial, siendo Argentina, Canadá y los Estados Unidos los países en donde tales cultivos exhibieron mayor crecimiento.

Un nuevo modelo de organización de la producción agropecuaria ha surgido en estos países, sobre la base de los espectaculares avances logrados en ingeniería genética. Se trata de un proceso que amplía, en un nivel mucho más alto, las ya significativas transformaciones inducidas por la revolución verde. La aparición de las primeras generaciones de semillas

transgénicas y de animales modificados, dotados de características que no se hubieran podido lograr en la naturaleza con métodos convencionales de mejoramiento genético e hibridación, constituye el primer paso hacia un desarrollo artificial, hasta hace poco inimaginable, de una parte importante de la agricultura.

En el ámbito mundial, como reflejo de las distintas apreciaciones sobre las potencialidades y los eventuales peligros de las nuevas tecnologías, se han configurado bloques de países con intereses claramente diferenciados. Por una parte, en Argentina, Canadá y los Estados Unidos, los principales productores de cultivos transgénicos del mundo, se favorece decididamente su desarrollo y comercialización, y sus representantes promueven el establecimiento, en el plano internacional, de un marco regulador que propicie el libre comercio de estos productos, la no obligatoriedad del régimen que permita discriminar entre bienes transgénicos y convencionales, y un estricto respeto a los derechos de propiedad intelectual que protegen estas invenciones.

La situación difiere bastante en los países de la UE. Con una población mayoritariamente reacia a consumir productos o subproductos transgénicos, y con organizaciones civiles muy activas en este plano, los gobiernos han establecido regulaciones que, entre otras cosas, restringen la producción y el consumo de estos bienes, y obligan a identificar claramente la condición de transgénicos de los alimentos que se expenden en la UE. En Japón y la República de Corea se han dictado disposiciones similares, y en China, pese al intenso esfuerzo de investigación en la materia, se han impuesto moratorias sobre varios de estos productos.

En América Latina y el Caribe no hay una posición uniforme al respecto. Argentina, segundo productor mundial de transgénicos, forma un frente común con Canadá y los Estados Unidos.[1] En Brasil, por otra parte, se ha optado hasta ahora por los rubros convencionales, apostando de algún modo por la diferenciación de precios en los mercados internacionales. En cuanto al resto de los países de la región, en algunos se prohíbe el consumo interno de transgénicos, pero se autoriza la producción de semillas transgénicas para la exportación, mientras en otros se autoriza la producción, dentro de determinados límites, para el mercado interno y externo. La heterogeneidad es también visible entre las organizaciones sociales. En todos los países se han formado poderosas organizaciones ambientalistas, científicas y de consumidores que se oponen a la producción y el consumo de transgénicos, o que exigen, como mínimo, un régimen de etiquetado obligatorio, pero también

[1] Los representantes de estos tres países hicieron una presentación ante la OMC contra lo que consideraban prácticas discriminatorias de la UE con respecto a los productos transgénicos.

existen grupos que propician su difusión. Ni siquiera hay homogeneidad entre los agricultores que podrían favorecerse con estas tecnologías, ya que también entre ellos hay partidarios y detractores.

No puede dejar de mencionarse, en este contexto, el vigoroso desarrollo que ha experimentado en diversas regiones del mundo la producción de alimentos basada en tecnologías inocuas para el medio ambiente, que excluyen el uso de transgénicos y sus derivados, así como el empleo de agroquímicos. Se trata de la llamada agricultura orgánica, que ha cobrado en los últimos años un auge renovado, a la vista de episodios recientes, por todos conocidos, de enfermedades contagiosas para los seres humanos resultantes de las tecnologías transgénicas. Apoyan este modelo de producción diversas organizaciones de productores y consumidores, especialmente en los países europeos, y algunos agricultores de los países en desarrollo. La producción de orgánicos se agrega a la agricultura convencional tanto en su versión tradicional como en su versión moderna, la cual, como se sabe, además de hacer uso de grandes volúmenes de agroquímicos, continúa siendo responsable del grueso de la producción y el comercio de alimentos y materias primas de origen agropecuario.

La producción y comercialización de los transgénicos ha dado origen a un mercado específico, que opera con nuevos agentes. Éstos se articulan en torno al reducido grupo de empresas multinacionales que producen las semillas transgénicas y los agroquímicos asociados, las cuales, por medio de un dinámico proceso de compras, fusiones y acuerdos de colaboración con otras empresas, centros de investigación y universidades, han logrado dominar la producción de innovaciones basadas en la ingeniería genética. A diferencia de lo ocurrido con la revolución verde, parte importante del conocimiento científico de frontera relacionado con la producción de alimentos ha pasado ahora al sector privado.

Ello ha sido posible gracias a procedimientos biotecnológicos que permiten encapsular el conocimiento y excluir a terceros del acceso a los beneficios de las innovaciones, lo cual podía hacerse anteriormente sólo con ciertas plantas de determinadas características biológicas. De ese afán de excluir a terceros nace el interés del sector privado por investigar en especies a partir de las cuales pudiesen obtener híbridos estériles, o que perdieran gran parte de sus características en caso de resiembra de sus semillas. Así ocurre con el maíz, uno de los cultivos predilectos de la investigación privada actual. El trigo representa el ejemplo contrario, en el sentido de que sus características biológicas no se desdibujan fácilmente en la resiembra, y por ello es uno de los cultivos más representativos de la investigación pública.

La revolución verde tenía por objetivo aumentar la productividad agrícola y la producción de alimentos básicos, esto es, cereales y granos,

para contribuir de ese modo a eliminar el hambre mundial. Por tal motivo, para difundir masivamente las nuevas tecnologías, se requería la entrega de subvenciones estatales y la existencia de institutos públicos de investigación y extensión. El objetivo de la nueva revolución tecnológica es, por el contrario, producir plantas y animales hechos a la medida, a fin de atender las demandas específicas de productores y consumidores, sobre la base de un proceso de innovaciones centrado casi exclusivamente en unas pocas empresas privadas de grandes dimensiones.

2. Tipos de transgénicos en el mercado

Según las características introducidas en el código genético de una determinada semilla, en la actualidad pueden distinguirse los siguientes tipos de cultivos transgénicos:

i) Tolerantes a herbicidas: Circulan en el mercado semillas de soja, maíz, algodón y colza tolerantes al glifosato, herbicida conocido comercialmente como Round-up Ready o RR, que se emplea en el período que antecede y en el que sigue a la aparición de las malezas. Normalmente, las semillas RR son dos veces más tolerantes al glifosato que las semillas convencionales. Hay también algodón transgénico resistente al bromoxinil, y maíz y colza tolerantes al glufosinato de amonio, variedades conocidas comercialmente como maíz y colza Liberty Link o LL.

ii) Resistentes a insectos: En 1995 apareció el primer transgénico resistente a insectos, una variedad de papa a cuyo código genético se había agregado la capacidad de producir una toxina proveniente del *Bacillus thuringiensis*. Actualmente existen también semillas de maíz y algodón con igual propiedad, conocidas genéricamente como Bt.

iii) Tolerantes a herbicidas y resistentes a insectos: Se trata de semillas de maíz y algodón Bt que, además de sus otras características, son tolerantes a los herbicidas. En ellas se combina la presencia de la toxina del *Bacillus thuringiensis* con la resistencia a un herbicida RR o LL.

iv) Resistentes a virus: En el mercado hay ya semillas de papa resistentes a dos tipos de virus que provocan serios daños en el cultivo, y están a punto de aparecer semillas de papa resistentes a otros virus.

En lo que sigue se pasará revista a los transgénicos tolerantes a herbicidas, los transgénicos resistentes a insectos y los resistentes a virus.

a) Transgénicos tolerantes a herbicidas

La agricultura convencional tecnificada emplea el paquete tecnológico de la revolución verde, lo cual supone monocultivos en gran escala y el uso intensivo de máquinas especializadas y agroquímicos. Estos últimos son, en su gran mayoría, herbicidas para el control de plagas o malezas.[2] El cultivo más demandante de herbicidas es, con mucho, el maíz, seguido por la soja y el algodón, que es el que mayor volumen de herbicidas insume por unidad de superficie.

La modificación del código genético de las plantas comerciales mediante la agregación de un gen proveniente de una bacteria tolerante a ciertos herbicidas, entre ellos el glifosato, ha abierto un nuevo campo para el manejo y control de las malezas, pues ahora puede recurrirse a un sólo herbicida, esto es, aquel para el cual se codificó la tolerancia. En la actualidad existen plantas transgénicas tolerantes a diversos herbicidas, como el glifosato y el glufosinato de amonio, cuya aplicación permite prescindir de gran parte de las labores mecánicas y manuales antes necesarias para el control de las malezas, con lo cual, como es natural, se simplifica el trabajo agrícola y disminuyen las necesidades de mano de obra y equipos especializados. Esta modalidad, como se ha mencionado en otros capítulos, recibe el nombre de siembra directa o método de labranza cero.

El herbicida utilizado en la siembra directa es más barato que el conjunto de los agroquímicos requeridos por el control convencional; al mismo tiempo, por ser de degradación más fácil, es menos contaminante que estos últimos. Por eso mismo, los partidarios de las nuevas tecnologías argumentan que su uso supone una menor descarga sobre el medio ambiente de ingredientes activos de difícil degradación, así como una mengua de los procesos erosivos, precisamente por la eliminación de las labores mecánicas sobre el suelo.

b) Transgénicos resistentes a insectos

Del total de pesticidas utilizados en el mundo, 50% corresponde a herbicidas, 30% a insecticidas y el 20% restante a fungicidas y otros. El consumo mundial de insecticidas bordea las 295.000 toneladas de ingredientes activos, con un valor superior a 9.000 millones de dólares anuales, de los cuales 30% se destina a frutas y verduras, 23% a algodón, 15% a arroz, 8% a maíz y el resto a otros cultivos. No obstante, según se estima, podría economizarse al menos un tercio de esa cifra si se utilizaran

[2] Los herbicidas son los agroquímicos más utilizados en el mundo, especialmente en los Estados Unidos, donde sus ventas representan casi las tres cuartas partes del valor total transado en el mundo.

variedades transgénicas resistentes a insectos. A ello se agregan otros posibles beneficios, como la disminución de los costos por la reducción de las aplicaciones, los menores gastos en mano de obra y la reducción o eliminación de equipos y maquinarias, así como los menores riesgos para la salud humana y los beneficios ambientales derivados de la no contaminación con químicos sintéticos. En el cuadro VIII.1 se muestra una estimación, en términos de valor, de los insecticidas que podrían sustituirse mediante el empleo de semillas transgénicas resistentes a insectos. Los datos, referidos a las principales plagas, están desagregados por cultivos, tipo de insectos, costo de controlarlos, ahorro estimado y países que se beneficiarían con ello.

Cuadro VIII.1
GASTO MUNDIAL EN INSECTICIDAS APLICADOS Y AHORRO MEDIANTE SU SUSTITUCIÓN POR TRANSGÉNICOS Bt, 1996
(Miles de millones de dólares de 1994)

Cultivo	Insectos	Costo de control con insecticidas	Ahorro mediante sustitución por Bt	Principales países beneficiados por regiones		
				África	Asia	América Latina y el Caribe
Frutas y verduras	Chupadores, ácaros foliares y del suelo			Casi todos	Casi todos	Casi todos
	Subtotal	2 465	891			
Algodón	Perforadores, Spodoptera, chupadores, gusano de la vaina, gusanos del suelo			Egipto Sudán Turquía Zambia	China India Indonesia Pakistán Tailandia	Argentina Brasil Paraguay Perú
	Subtotal	1 870	1 161			
Arroz	Langostas, barrenador del tallo, enrolladores de la hoja, gorgojo del arroz			Camerún Ghana Nigeria Sierra Leona	Bangladesh China Filipinas India Tailandia	Bolivia Brasil Colombia Perú
	Subtotal	1 190	422			
Maíz	Gusanos del suelo, foliares, perforador del tallo y chupadores			Etiopía Nigeria Tanzania Zimbabwe	China India Indonesia Viet Nam	Argentina Bolivia Brasil Costa Rica México Paraguay Perú
	Subtotal	620	158			
Otros		1 965				
Total		8 110	2 694			

Fuente: Anatole F. Krattiger, "Insect resistance in crops: a case study of *Bacillus thuringiensis (Bt)* and its transfer to developing countries", *ISAAA Briefs*, N° 2, Nueva York, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), 1997.

En 1986 se produjo la primera semilla de maíz Bt resistente a insectos, y en los años siguientes se hicieron diversos ensayos que permitieron finalmente, de 1996 en adelante, emplearla a escala comercial. El Bacillus thuringiensis o Bt es un microorganismo del suelo tradicionalmente utilizado en la agricultura por sus propiedades insecticidas, en especial contra lepidópteros, coleópteros y dípteros. El gran avance en este plano consistió en aislar el gen específico del Bt que produce la toxina poseedora de las propiedades insecticidas, para introducirlo después en el código genético de algunas semillas comerciales. Los transgénicos Bt no son los únicos con propiedades insecticidas: otros productos vegetales de parecidas características, como los piretroides, se han empleado también durante largo tiempo con igual fin, aunque tienen el inconveniente de su nula selectividad. Actualmente, para no eliminar insectos beneficiosos, se están desarrollando transgénicos más selectivos y específicos. El Bt exhibe un buen grado de especificidad en lo referente al control de lepidópteros, coleópteros y dípteros, algunos de los cuales atacan fuertemente los cultivos comerciales.

c) Transgénicos resistentes a virus

Por lo general, los virus son transmitidos por áfidos y otros insectos difíciles de controlar por medios químicos. Se han producido ya semillas transgénicas de papas, papayas y cucurbitáceas, lo cual es un avance importante, primero, porque no hay muchas especies relacionadas que sirvan de fuente de características de resistencia a los virus, y, segundo, porque las pérdidas por ataques virales son especialmente cuantiosas en estas especies. Para obtener los transgénicos resistentes a virus, se dota a las variedades comerciales de un segmento del código genético de variedades silvestres y cultivadas que poseen resistencia natural. En el caso de las cucurbitáceas, es posible obtener también resistencia mediante hibridación convencional, y por ello se encuentran disponibles en el mercado tanto variedades de este tipo como variedades transgénicas.

En México se han producido variedades genéticamente modificadas de papas resistentes a virus, gracias a un acuerdo entre la empresa Monsanto y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), organismo que había desarrollado ya un programa para identificar variedades criollas de papas resistentes a otras enfermedades, como el tizón. En virtud de ese acuerdo, la empresa Monsanto donó el gen que confiere resistencia antiviral a la papa, gracias a lo cual se obtuvieron finalmente nuevas variedades que combinan tales propiedades y tienen la ventaja adicional de ser fértiles, esto es, pueden ser resembradas, pues demoran en perder sus características. En el Centro Internacional de la Papa (CIP), con sede en Perú, se han logrado avances

similares, que van especialmente en beneficio de los pequeños agricultores de los países andinos.

3. Evolución de la superficie cultivada con transgénicos

Desde 1994, año de introducción de los transgénicos, la superficie mundial sembrada con estas variedades experimentó un crecimiento espectacular, pues aumentó de 1,7 millones de hectáreas en 1995 a 67,7 millones de hectáreas en el 2003. Estas cifras corresponden principalmente a soja, maíz, algodón y colza. En menor escala, se cultivan también papa, tabaco y tomate transgénicos, y acaban de entrar en el mercado semillas genéticamente modificadas de papaya y calabaza. El mayor crecimiento en cuanto a superficie corresponde a la soja transgénica tolerante a los herbicidas, seguida por el maíz resistente a insectos. Hay en el mundo un total de 41,4 millones de hectáreas plantadas de soja, de las cuales 55% están sembradas con variedades transgénicas. En el caso del maíz, el total es de 140 millones de hectáreas, 11% con semillas transgénicas, y, en el del algodón, 21% de un total de 7,2 millones de hectáreas está sembrado con transgénicos. Como se advierte, el ritmo de adopción de las nuevas variedades ha sido diferente en cada rubro. La soja es el cultivo transgénico que ocupa la mayor parte de la superficie total sembrada, 61,2%, seguido del maíz, 22,9%; el algodón, 10,6%, y la colza, 5,3% (véanse el cuadro VIII.2 y el gráfico VIII.1).

Cuadro VIII.2
PRINCIPALES CULTIVOS TRANSGÉNICOS:
ÁREA MUNDIAL TOTAL E IMPORTANCIA RELATIVA, 1996-2001
(Millones de hectáreas y porcentajes)

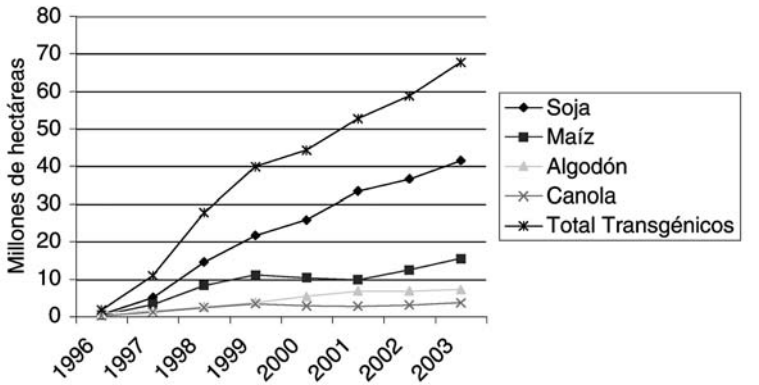
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Soja: Total	61,1	66,9	70,8	72,0	73,3	72,4	72,0	76,0
Transgénica	0,5	5,1	14,5	21,6	25,8	33,3	36,5	41,4
Transgénica / total (%)	0,8	7,6	20,4	30,0	35,2	46,0	51,0	55,0
Maíz: Total	139,4	141,2	138,6	138,9	138,5	140,0	140,0	140,0
Transgénico	0,3	3,2	8,3	11,1	10,3	9,8	12,4	15,5
Transgénico / total (%)	0,9	2,3	6,0	8,0	7,4	7,0	9,0	11,0
Algodón: Total	34,5	33,8	33,5	32,9	34	34,0	34,0	34,0
Transgénico	0,8	1,4	2,5	3,7	5,3	6,8	6,8	7,2

Continúa

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Transgénico/ total (%)	2,3	4,1	7,5	11,2	15,6	20,0	20,0	21,0
Colza: Total	21,8	23,6	26,5	25,0	25,0	24,5	25,0	22,0
Transgénica	0,1	1,2	2,4	3,4	2,8	2,7	3,0	3,6
Transgénica/ total (%)	0,5	5,9	9,0	13,6	11,2	11,0	12,0	16,0
Total transgénicos	1,7	10,9	27,7	39,8	44,2	52,6	58,7	67,7

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de antecedentes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de Clive James, "Global status of commercialized transgenic crops: 1999 a 2003", *ISAAA Briefs*, N° 17, 2000; "Global status of commercialized transgenic crops: 2000", *ISAAA Briefs*, N° 21, 2000, "Global status of commercialized transgenic crops: 2001", *ISAAA Briefs*, N° 24, 2001, Nueva York, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

Gráfico VIII.1
SUPERFICIE MUNDIAL SEMBRADA CON TRANSGÉNICOS, 1995-2001
(Millones de hectáreas)



Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de antecedentes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y de Clive James, "Global status of commercialized transgenic crops: 1999", *ISAAA Briefs*, N° 17, 2000; "Global status of commercialized transgenic crops: 2000", *ISAAA Briefs*, N° 21, 2000, "Global status of commercialized transgenic crops: 2001", *ISAAA Briefs*, N° 24, 2001, Nueva York, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA)

En cuanto a los tratamientos introducidos, la tolerancia a los herbicidas, especialmente al glifosato, concentra 73% del total. La siguen la resistencia a insectos, con 18%, y la tolerancia a los herbicidas en combinación con la resistencia a insectos (9%). De 1998 en adelante, más de la mitad de la superficie plantada con transgénicos corresponde a

soja RR. A ese respecto, destaca la disminución de la superficie del maíz Bt entre 1999 y 2001, a causa de la necesidad de incurrir en mayores costos, inicialmente no previstos, y de las restricciones impuestas a las importaciones de esta variedad en Japón y algunos países de la UE.

En Argentina, Canadá y los Estados Unidos se concentra cerca de 90% de la superficie total de transgénicos del mundo. El resto es producido por otros nueve países, algunos de ellos recién incorporados a la actividad. Entre estos últimos figuran China, con 1 millón de hectáreas; Australia y Sudáfrica, con menos de 200.000 hectáreas cada uno, y Bulgaria, España, México, Rumania y Ucrania, con menos de 100.000 hectáreas cada uno. Por otra parte, en 45 países se realizan experimentos de campo, y en otros, entre ellos varios países latinoamericanos, se producen sólo semillas (véase el cuadro VIII.3).

El 56% de la superficie total sembrada con soja en los Estados Unidos corresponde a semillas transgénicas de la familia RR, que son tolerantes al glifosato. En maíz, 32% de la superficie total corresponde a variedades transgénicas de la familia Bt, resistentes a insectos. En algodón, alrededor de 73% de la superficie total está sembrada con variedades transgénicas del tipo Bt, con variedades RR, tolerantes a herbicidas, y con variedades que combinan ambas propiedades (*stacked*).[3] Como puede verse en el cuadro VIII.4, cerca de 43 millones de hectáreas están cultivadas con semillas transgénicas, y 56% de esa superficie corresponde a soja.

[3] Las más utilizadas son las resistentes a herbicidas, con 26% de la superficie total.

Cuadro VIII.3
PRINCIPALES PAÍSES: SUPERFICIE CULTIVADA CON TRANSGÉNICOS, 1996-2001
(Millones de hectáreas y porcentajes)

	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%	Área	%
Estados Unidos	1,5	51	8,1	664	20,5	74	28,7	72	30,3	68	35,7	67,9	39,0	66,4	42,8	63,2
Argentina	0,1	4	1,4	10	4,3	15	6,7	17	10,0	23	11,8	22,4	13,5	23,0	13,9	20,5
Canadá	0,1	4	1,3	11	2,8	10	4,0	10	3,0	7	3,2	6,0	3,5	6,0	4,4	6,5
Otros	1,9	41	1,9	15	0,2	1	0,5	1	0,9	2	1,9	3,7	2,7	4,6	6,6	9,8
Total	2,8	100	12,7	100	27,8	100	39,8	100	44,2	100	52,6	100	58,7	100	67,7	100

Fuente: Clive James, Global status of commercialized transgenic crops: 1999 y 2001.

Cuadro VIII.4
ESTADOS UNIDOS: CULTIVOS TRANSGÉNICOS, 2003
(Miles de hectáreas y porcentajes)

Cultivo	Superficie (millones de hectáreas)	Porcentaje respecto a superficie con transgénicos	Porcentaje respecto a superficie total
Soja	24,1	56,2	81
Maíz Bt	8,0	18,7	25
Maíz RR	3,5	8,2	11
Maíz stacked	1,3	3,0	4
Total maíz	12,8	29,9	40
Algodón Bt	0,8	1,9	14
Algodón Th	1,8	4,2	32
Algodón Bt/Th	1,5	3,5	27
Total algodón	4,1	9,6	73
Superficie total	42,8	100	

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Agricultural Statistics Service, Washington D.C., 2001.

[a] Resistente a insectos y tolerante a insecticidas.

Por otra parte, como se muestra en el cuadro VIII.5, los cultivos transgénicos se expandieron con suma rapidez en los Estados Unidos, pues de la inexistencia de plantaciones comerciales en 1994, se llegó en apenas dos años a 7,14 millones de hectáreas, cifra que saltó a 42,8 millones en 2001.

Cuadro VIII.5
ESTADOS UNIDOS: SUPERFICIE CULTIVADA CON TRANSGÉNICOS, 1996-2003
(Millones de hectáreas)

Cultivo/año	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Soja	0,40	3,64	10,12	15,00	16,3	20,4	22,1	24,1
Maíz	0,30	2,27	8,66	10,30	8,0	8,0	10,8	12,8
Algodón	0,73	1,23	2,00	3,25	3,8	4,4	4,1	4,2
Total	**1,43**	**7,14**	**20,78**	**28,55**	**28,1**	**32,8**	**37,0**	42,8

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), National Agricultural Statistics Service, Washington D.C., 2003.

4. Las grandes empresas de la vida

a) Antecedentes

A mediados de los años ochenta tuvieron lugar importantes progresos en biotecnología avanzada, sobre todo en recombinación genética. Ello se logró fundamentalmente en centros de investigación de las principales universidades de los países desarrollados, como también en pequeñas empresas, de gran densidad de conocimientos, formadas por investigadores provenientes de esos mismos centros universitarios. Dada la naturaleza de las investigaciones, y dados también los períodos de maduración y la incertidumbre acerca de sus resultados, las grandes empresas farmacéuticas y de producción de alimentos aportaron el capital de riesgo necesario para dar continuidad a las investigaciones en curso. La mayoría de las innovaciones provinieron inicialmente de la farmacéutica; por otra parte, gracias a las características generales de la biotecnología, ambas industrias pudieron disponer de una plataforma común de investigación, que prontamente se tradujo en aplicaciones prácticas en áreas tan diversas como la medicina, la minería y la producción agropecuaria.

b) Adquisiciones, fusiones y alianzas

Como ya se señaló, las industrias química, farmacéutica y de alimentos iniciaron un proceso de compras, fusiones y acuerdos, de donde surgieron los grandes conglomerados actuales. Destacan a este respecto las compañías Dow Chemical, Ciba-Geigy y Sandoz, que al fusionarse dieron origen a la empresa Aventis. Por su parte, Rhône Poulenc y Hoechst formaron Novartis, mientras que Monsanto y Pharma Upjohn crearon el gigante Pharmacia. En el cuadro VIII.6 se muestran las principales adquisiciones y fusiones ocurridas en los últimos años entre empresas del área biotecnológica.

Entre las empresas más activas sobresale Monsanto, que desde fines de los años ochenta y durante la década de 1990 adquirió un gran número de compañías biotecnológicas y productoras de semillas. Como se acaba de indicar, en febrero de 2000 Monsanto formalizó su fusión con Pharm Upjohn, una de las empresas farmacéuticas más importantes del mundo, dando origen a Pharmacia. Por su parte, Novartis, nacida en 1996 de la fusión de las empresas Sandoz y Ciba-Geigy, ambas suizas, se fusionó en diciembre de 1999 con Astra Zeneca, empresa británico-sueca, para formar Syngenta. El dinamismo de este proceso obedeció, entre otras razones, a la necesidad de apropiarse de las tecnologías

desarrolladas por empresas más pequeñas, a la posibilidad de acceder así a determinados mercados, y a las economías de escala logradas en la investigación básica. Aparte de su elevado costo y de la incertidumbre en cuanto a sus resultados, la investigación básica requiere largos períodos de maduración antes de que sus productos puedan llegar al mercado, los cuales corren a su vez el riesgo de caer rápidamente en obsolescencia a causa del lanzamiento constante de nuevos productos.

Cuadro VIII.6
ADQUISICIONES Y ALIANZAS ENTRE CORPORACIONES DEDICADAS A LA BIOTECNOLOGÍA
(Miles de millones de dólares)

Compañía	Corporaciones involucradas	Valor estimado
Pharmacia Monsanto y Pharma Upjohn	**Adquisiciones:** Agrocetus, Asgrow, Calgene, Dekalb, Delta & Pine Land, Holdens, Sementes Agroceres, Selected International Seeds Operations of Cargill y Plant Breeding International Cambridge (PBIC) **Fusión:** Con Pharma Upjohn en febrero de 2000	8,6
Syngenta Novartis y Astra Zeneca	**Fusión:** En 1996 Sandoz y Ciba-Geigy formaron Novartis En diciembre de 2000 Novartis se fusionó con Astra Zeneca, empresa nacida de la fusión, en 1999, de Zeneca Group y Astra AB	…
Pioneer Hi-Bred/DuPont	**Inversión conjunta:** Para formar Optimum Quality Products	1,7
DuPont	**Adquisición:** Protein Technologies Inc. soybean and miller processor	1,5
Aventis (Hoechst y Rhône Poulenc)	**Fusión:** En 1999 se formó Aventis a partir de Hoechst y Rhône Poulenc. Adquisición: Su subsidiaria AgrEvo adquirió PGS, Sun Seeds y Cargill North American	1,5
Seminis (ELM/Pulsar)	**Adquisición:** Asgrow, Petoseed, Royal S. Luis, DNAP, Hungong and ChoonAng y Nath Sluis **Alianza:** LSL Biotechnologies	1,2
Dow Agrosciences	Mycogen, Performance Plants, Brazil-Hibrido & Others	0,8
Cargill/Monsanto	**Inversión conjunta:** Para investigación y desarrollo. 100 millones de dólares anuales cada uno	0,2
Otras	Adquisiciones y alianzas: Crop Genomics	1,5
Total		17

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Clive James, "Global status of commercialized transgenic crops: 1998", *ISAAA Briefs*, N° 8, 1999, Nueva York, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA); y de Rural Advancement Foundation International (RAFI), *RAFI's Seed Company Chart*, Winnipeg, Manitoba, diciembre de 2000.

c) Concentración del mercado

Se estima que el mercado mundial de semillas asciende en la actualidad, en términos de valor, a aproximadamente 30.000 millones de dólares, cifra muy similar a la que alcanza el mercado de los agroquímicos asociados a tales semillas. Dentro de ese total, las ventas de semillas transgénicas bordean los 3.600 millones de dólares, monto que debería crecer significativamente en los próximos años debido al aumento de la superficie sembrada y, en especial, a la entrada en vigor de los regímenes de patentes y contratos que protegen este insumo. Pese a ello, el grueso de las actividades de estos conglomerados se concentra más bien en el sector farmacéutico, con ventas mundiales que ascienden hoy a 317.000 millones de dólares al año, casi la mitad de las cuales corresponden a las 10 compañías más grandes.

En todos estos mercados, aunque con diferencias bastante acentuadas, se advierte el dominio creciente de los conglomerados de mayor tamaño. En 2000 y 2001, por ejemplo, las diez principales compañías agroquímicas llegaron a controlar 84% del mercado respectivo, proporción que es bastante menor en el sector de las semillas (30%). No obstante, la concentración es casi absoluta en lo concerniente a semillas transgénicas: en efecto, en 94% de la superficie mundial sembrada con estas variedades se utilizan semillas producidas por una sola empresa, Monsanto, perteneciente al conglomerado Pharmacia.

Como se dijo, la base de las empresas biotecnológicas es la farmoquímica, actividad de gran dinamismo en las últimas décadas, hecho que se refleja en la alta rentabilidad obtenida por el sector.[4] En una actividad conexa, los productos veterinarios, las diez primeras empresas según ventas controlaban en 2000 casi 60% del mercado mundial, estimado en 13.600 millones de dólares. Entre ellas aparecen Astra Zeneca, Aventis y Pharmacia, que también figuran en los primeros lugares de ventas de agroquímicos y semillas. En el cuadro VIII.7 se muestra la ubicación de las siete primeras empresas de agroquímicos en 2000 y 2001. Debe notarse que Monsanto (Pharmacia) y DuPont aparecen en ambos casos en los primeros lugares. En el cuadro VIII.8 puede verse la posición, en 2000, de las diez principales empresas de semillas según ventas, donde nuevamente figuran Monsanto, Syngenta, DuPont y Aventis.

Cuadro VIII.7

[4] En 2000, la rentabilidad promedio de las empresas del sector farmacéutico superó el 17%, y llegó a 44% en el caso de la empresa Hoffman-La Roche, una de las más grandes del ramo.

UBICACIÓN DE LAS SIETE PRINCIPALES EMPRESAS DE AGROQUÍMICOS SEGÚN VENTAS, 2000-2001
(Millones de dólares)

2000		2001	
Empresa	Ventas anuales (*millones de dólares*)	Empresa	Ventas anuales (*millones de dólares*)
1. Syngenta (Suiza)	5 888	1. Syngenta (Suiza)	5 835
2. Monsanto (Estados Unidos)	3 885	2. Aventis (Francia)	3 842
3. Aventis (Francia)	3 701	3. Monsanto (Estados Unidos)	3 755
4. DuPont (Estados Unidos)	2 511	4. BASF (Alemania)	3 105
5. Dow Agrochemical (Estados Unidos)	2 271	5. Dow Agrochemical (Estados Unidos)	2 612
6. Bayer (Alemania)	2 252	6. Bayer (Alemania)	2 418
7. BASF (Alemania)	2 228	7. DuPont (Estados Unidos)	1 917

Fuente: *Agrow-World Crop Protection News*, PJB Publications Ltd., 5 de enero, 2 de marzo y 13 de abril de 2001.

Cuadro VIII.8
LAS DIEZ PRINCIPALES EMPRESAS DE SEMILLAS SEGÚN VENTAS, 2000
(Millones de dólares)

Empresas y país de origen	Ventas
1. DuPont (Pioneer Hi-Bred), Estados Unidos	1 938
2. Pharmacia (Monsanto), Estados Unidos	1 600
3. Syngenta, Suiza	958
4. Grupo Limagrain, Francia	622
5. Grupo Pulsar (Seminis), México	474
6. Advanta (Astra Zeneca y Cosun), Países Bajos y Reino Unido	373
7. Dow (más Cargill North America), Estados Unidos	350[a]
8. KWS AG, Alemania	332
9. Delta & Pine Land, Estados Unidos	301
10. Aventis, Francia	267

Fuente: *RAFI Communique*, "Globalization, Inc. Concentration in Corporate Power: The Unmentioned Agenda", julio de 2001.

[a]Estimación.

En el cuadro VIII.9 se muestran las principales empresas productores de semillas transgénicas y las adquisiciones más importantes verificadas hasta el año 2000. También se indica el tipo de semilla transgénica en que se especializa cada empresa. Como puede advertirse, Monsanto es,

con mucho, la compañía dominante en cuanto a número de empresas adquiridas o controladas y en cuanto a diversidad de productos.

Cuadro VIII.9
PRINCIPALES EMPRESAS PRODUCTORAS DE SEMILLAS TRANSGÉNICAS[a]

Empresa	Empresas de semillas adquiridas o controladas	Maíz	Soja	Algodón	Otras oleaginosas
AgrEve (pertenece a Aventis y actualmente forma parte de Syngenta	Cargill	X			
	Metla Pesquisa	X			
	Sementes Ribeiral	X			X
	Sementes Fartura	X			
	Biogenetic Technologies	X			
	BV (BGT)	X			
Zeneca	Grast (50%)	X			
Novartis	Northup King	X			
	Eridian Beghin				X
DuPont	Pioneer Hi-Bred	X	X		X
	Protein Technologies International		X		
Dow	Mycogen	X	X		X
Monsanto	DeKalb	X	X		
	Asgrow	X	X		
	Hoden's	X	X	X	X
	Delta & Pine Land				X
	Calgene				X
	Stoneville				

Fuente: Wood McKenzie, Merrill Lynch, 2000.

[a] X indica el tipo de semilla producida por las diversas empresas.

d) Concentración de la producción de semillas en los Estados Unidos

El maíz es uno de los rubros de mayor interés para las productoras de semillas, no sólo por su importancia en el ámbito mundial, sino también porque, a diferencia de lo que ocurre con otros rubros, es posible impedir o dificultar la transmisión de las características hereditarias a la progenie. Ello permite la apropiación completa o casi completa de los beneficios derivados de las innovaciones, la exclusión de los agricultores que no adquieran la semilla cada año y, en el caso de las semillas transgénicas, la imposición de una cuota tecnológica por su uso. En los Estados Unidos, donde el maíz es el cultivo más extendido, dos compañías, Pioneer Hi-

Bred y Monsanto, dominaban en 1997 el 56% del mercado de semillas. Si a ello se suman las empresas Novartis y Aventis, el control ejercido por tan sólo cuatro empresas se eleva a 68%.

En el caso de la soja, otro cultivo de gran importancia y en que se hace un uso creciente de semillas transgénicas, las principales empresas son Monsanto y Pioneer Hi-Bred. Ambas tienen la misma participación en el mercado de soja, aunque en niveles bastante inferiores a los que alcanzan en el maíz. En el cuadro VIII.10 se muestra la proporción del mercado estadounidense controlada por empresas productoras de semillas de maíz y soja, así como el grado de concentración imperante. Éste se mide por medio de dos índices, el llamado índice C4 y el índice de Herfindahl-Hirschman (HHI). El primero corresponde a la parte del mercado controlada por las cuatro mayores empresas del sector, mientras que el segundo equivale a la suma del cuadrado de los porcentajes de las ventas totales del sector con respecto al número de empresas que participan en el mercado. Si el sector estuviera completamente monopolizado, el índice HHI máximo sería igual a 10.000, y si hay n empresas, equivaldría a 10.000/n, es decir, disminuye conforme aumenta el número de empresas. Se trata, en definitiva, de un índice de concentración relativa. De la aplicación de estos índices a los datos pertinentes se desprende que el mercado estadounidense presenta, en general, grados diferentes de concentración. En el caso del maíz, ambos índices experimentaron un aumento apreciable entre 1996 y 1997, y también hubo aumentos, aunque menos acusados, en el caso de la soja.

Cuadro VIII.10
ESTADOS UNIDOS: CONCENTRACIÓN DEL MERCADO DE SEMILLAS DE MAÍZ Y SOJA, 1975-1997
(Porcentajes)

MAÍZ Empresas	Participación en el mercado (%)			
	1975	1980	1996	1997
Pioneer Hi-Bred	24,6	36,9	41	42
Monsanto	—	—	—	14
DeKalb	18,8	13	10,1	
Trojan	6,8	2		
Novartis				9
Northrup-King	4,7	4,9	5	—
Funk	8,9	5,7	—	—

Continúa

MAÍZ Empresas	Participación en el mercado (%)			
	1975	1980	1996	1997
Ciba-Geigy	—	—	3,1	—
Zeneca/ICI	—	—	2,9	—
Aventis	—	—	—	7
Cargill	3,9	4,7	3,3	—
Dow/Mycogen	—	—	4,3	4
Otros	33,3	30,6	29,9	24
C4[a]	59,1	60,5	60,4	72

SOJA Empresas	Participación en el mercado (%)	
	1988	1997
Monsanto	2,6	14,4
DeKalb	4,2	—
Asgrow	11,3	—
Stoneville	—	—
Pioneer Hi-Bred	10,4	14,4
Novartis	5,8	3,8
Dow/Mycogen	—	3,0
FS	1,7	—
Stine	2,6	3,0
Jacques	1,3	—
Otras marcas	12,9	29,6
Marcas públicas	23,2	7,6
Semilla de resiembra	24	24
Total	100	100
C4[a]	31,7	35,7
HHI[b]	1 010	1 386

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de la investigación.

[a] C4: Índice que mide la parte del mercado controlada por las cuatro mayores empresas del sector.
[b] HHI: Índice de Herfindahl-Hirschman, que mide el grado de concentración relativa del sector.

5. Los derechos de propiedad intelectual de los OGM: situación y perspectivas de la región

a) Consideraciones generales

La puesta en vigencia, en 1995, del Acuerdo sobre los ADPIC, alcanzado en el marco de la Ronda Uruguay y de la OMC, ha modificado de manera sustancial el marco regulador relativo a la protección de las innovaciones, particularmente en lo referido a medicamentos y biotecnologías. Según los propiciadores de este régimen, ello acelerará el proceso innovador, al garantizarse la justa retribución de los nuevos productos.

Sin embargo, como es fácil imaginar, la fijación de este marco regulador, que permite, por ejemplo, la completa apropiación de los beneficios derivados de las innovaciones, puede tener graves consecuencias en el sector agropecuario, pues implica, entre otras cosas, que un reducido número de grandes empresas podría ejercer completo control sobre las semillas de diversos rubros. Además, la liberación al medio de nuevos organismos puede tener efectos adversos sobre la biodiversidad, en especial en los países llamados centros de origen, y sobre las especies endémicas.

Como se indicó anteriormente, durante los años sesenta y setenta, los institutos estatales de investigación cumplieron en numerosos países un papel destacado en la obtención de híbridos de alto rendimiento, a partir de las tecnologías de la revolución verde. Éstas fueron consideradas como un bien público, que había que difundir del modo más rápido posible para aumentar la oferta de alimentos básicos y resolver los problemas de hambre del mundo. En la actualidad, por el contrario, las investigaciones en biotecnología, y específicamente en recombinación genética, están principalmente en manos del sector privado y, peor aún, cada vez más concentradas en unas pocas empresas. Ello es atribuible esencialmente a tres factores: primero, la propia naturaleza de algunas plantas abrió la posibilidad de captar la totalidad de los beneficios derivados de las innovaciones, como ocurrió, por ejemplo, con el maíz híbrido.[5] Segundo, la introducción, en los años ochenta, de importantes cambios en el régimen de protección de la propiedad intelectual en los Estados Unidos. Y, por último, la codificación, mediante recombinación genética, de características de esterilidad en las semillas transgénicas, a fin de evitar la resiembra y captar de ese modo la totalidad de los beneficios conexos.[6]

El término del Estado del bienestar y el paso a un modelo de mercado en casi todo el mundo han puesto en entredicho la noción de bien público. Así, hoy se privatizan productos antes considerados como

[5] Las características obtenidas en el maíz híbrido, como mayor rendimiento, homogeneidad del grano, mejor color y otras, no se transmiten homogéneamente a la descendencia. Distinto es el caso del trigo, pues la variedad mejorada puede perder, aunque lentamente, sus características.

bienes públicos, y se restringe su acceso a quienes no paguen la cuota tecnológica que exige su uso.

La idea de proteger estas innovaciones mediante patentes o derechos de propiedad no dejó de suscitar controversias, en las que se procuraba determinar si era justo o no otorgar esos derechos y, en caso afirmativo, delimitar su alcance. Como es fácil advertir, no se trataba de un asunto baladí, pues se estaba hablando nada menos que de los genes de plantas y animales, esto es, de los cimientos mismos a partir de los cuales se construye la vida.

En 1980, la Corte Suprema de los Estados Unidos autorizó por primera vez, y por estrecha mayoría, el otorgamiento de una patente sobre un microorganismo producido de manera artificial, que tenía la propiedad de absorber derrames de petróleo. Esta decisión marcó un hito en la materia y dio inicio a una serie de modificaciones del régimen de derechos de propiedad intelectual en ese país. En ello influyeron poderosamente la pérdida de competitividad y el deterioro de las ventajas comparativas de los Estados Unidos en el plano de la industria de gran densidad tecnológica, pérdidas que se atribuían en lo esencial a dos hechos: primero, a que el aparato científico nacional estaba orientado sobre todo hacia la investigación básica y era débil y poco eficiente en cuanto a ofrecer productos comerciales; segundo, a que los resultados de las investigaciones, al no estar suficientemente protegidos por patentes, podían ser aprovechados casi con plena libertad por las empresas de los países competidores (Coriat y Orsi, 2001).

Entre las modificaciones más importantes del marco regulador está aquella por la que se autorizó a las universidades y sus equipos científicos a patentar sus innovaciones, aun si hubiesen contado con financiamiento público para su trabajo. A partir de ese momento, se aceleró la actividad innovadora de las principales universidades estadounidenses, y muchos científicos de las mismas universidades se independizaron para formar pequeñas empresas biotecnológicas. Posteriormente, la mayoría de éstas fueron adquiridas por los grandes conglomerados del área, en el contexto de un activo proceso de adquisiciones y fusiones.

Conviene mencionar, como indicador de la aceleración del proceso inventivo, que la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) otorgó en 1980 cerca de 60.000 patentes, cifra que se había elevado ya 166.000 en 2001, buena parte de ellas asociadas a productos de ingeniería genética. Desde su independencia como país,

[6] Se han patentado procedimientos, conocidos como tecnologías "*terminator*", que codifican una toxina que mata al embrión, y otros —tecnologías de tratamiento— que se activan mediante aplicaciones de antibióticos específicos cuando la semilla ha cumplido ya su propósito.

en los Estados Unidos se han reconocido más de 6 millones de patentes, y el número de solicitudes pendientes es todavía más alto, pues llega a más de 3 millones sólo en lo referido a materiales genéticos.

b) La propiedad intelectual

i) Consideraciones conceptuales

El concepto de propiedad intelectual se refiere a los derechos legales resultantes de la actividad inventiva desarrollada en los campos industrial, científico, literario o artístico. Hay al menos tres razones para cautelar legalmente estos derechos: primero, la necesidad de proteger los derechos económicos y morales de los creadores frente al libre acceso del público a sus creaciones; segundo, la necesidad de promover, por medio de políticas públicas, la creatividad, la diseminación y la aplicación práctica de sus resultados; tercero, la necesidad de fomentar el comercio para contribuir al desarrollo económico y social de la sociedad en su conjunto. Las disposiciones sobre propiedad intelectual salvaguardan los intereses de los creadores, al otorgarles el derecho de controlar por un período determinado el uso de sus producciones. Estos derechos no se aplican a los objetos físicos en que se incorporan las invenciones, sino a la invención como creación intelectual. La propiedad intelectual se ha dividido, tradicionalmente, en dos grandes grupos: la propiedad industrial y el derecho de autor (*copyright*).

Conforme a la Convención de Estocolmo, en virtud de la cual se fundó en julio de 1967 la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), la propiedad intelectual comprende derechos relativos a: i) trabajos literarios, ii) trabajos artísticos y científicos; iii) actuación de artistas y reproducciones de imagen y sonido de sus actuaciones; iv) invenciones en todos los campos del quehacer humano; v) descubrimientos científicos; vi) diseños industriales; vii) marcas registradas, marcas de servicios, nombres comerciales y designaciones; y viii) protección contra la competencia desleal, y todos los demás derechos resultantes de la actividad intelectual en los campos industrial, científico, literario o artístico. Las áreas iii, v y vi constituyen la rama de propiedad industrial de la propiedad intelectual, a la cual se agregó posteriormente una cláusula referida a la represión de la competencia desleal.

ii) Tipos de protección relativa a organismos vivos

- **La protección técnica**

Diversos tipos de protección pueden aplicarse a los organismos vivos o partes de ellos. La protección técnica, que tiene que ver con la naturaleza del proceso o producto, entra en vigor cuando es imposible, muy difícil o de alto costo copiar la innovación. El grado de protección, es decir, el grado en que se dificulta la imitación del producto o proceso, depende de cuán incorporada esté la innovación al producto. Hay dos casos límite: primero, cuando es imposible recuperar la innovación a partir del producto o proceso, y, segundo, cuando la innovación es totalmente recuperable a partir de éstos. Entre ambas situaciones hay una infinidad de posibilidades. Las semillas de híbridos y, más aún, las semillas estériles, corresponden al primer caso, ya que o no se pueden reproducir las características en la descendencia o no se puede siquiera obtener dicha descendencia. El caso contrario corresponde a la obtención de una nueva variedad autógama, donde la protección técnica es inexistente o muy reducida, ya que pueden obtenerse copias con la semilla de la nueva variedad. En este caso, la semilla está completamente encarnada en la innovación.

•Secretos industriales

Este tipo de protección se asocia a las semillas de híbridos y a los procesos que permiten conferir características deseadas a las plantas comerciales. Suele utilizarse como paso previo a la solicitud de una patente o el reconocimiento del obtentor de variedades. A diferencia de otras modalidades de protección intelectual, el secreto industrial no confiere derechos exclusivos, ni está condicionado a registros ni a prueba de novedad o de altura inventiva.

•Patentes

Las patentes pueden otorgarse a productos —tales como nuevas variedades de plantas híbridas o plantas transgénicas—, a procesos —por ejemplo, para dotar a las plantas de ciertas características—, a vacunas y maquinaria agrícola. Para obtener la patente respectiva, es necesario probar que se trata efectivamente de un bien novedoso y reúne los requisitos de altura inventiva y aplicabilidad industrial, concepto que abarca su uso en la agricultura. Ahora bien, hay diferencias entre los distintos países en cuanto a la patentabilidad de los productos biotecnológicos, como microorganismos, líneas celulares, genes y secuencias genéticas, y, asimismo, en cuanto a la importancia que se asigna al producto o el proceso utilizado.

•Modelos de utilidad

Este tipo de protección, que puede aplicarse a maquinarias e implementos agrícolas, incluidas sus partes y piezas, cubre la configuración

o disposición externa de las partes de un producto. En este caso, se exigen requisitos menos rigurosos que los relativos a las patentes, y la duración de la protección es también menor.

•Derechos de obtentor

Cubre las variedades vegetales resultantes de los trabajos de fitomejoramiento, en la medida en que éstas sean distinguibles, nuevas, estables y uniformes.

iii) La regulación internacional

A continuación se enumeran los distintos acuerdos y arreglos que rigen en el plano internacional en lo relativo a protección de la propiedad intelectual y concesión de patentes.

- El Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial, conocido también como Convenio de París. Firmado en 1883, el Convenio ha sido revisado en diversas ocasiones. Se aplica a patentes, marcas, indicaciones geográficas, diseños y modelos industriales, y competencia desleal.
- El Tratado de cooperación en materia de patentes, acuerdo que facilita a los países signatarios la solicitud y el registro de patentes a escala internacional.
- El Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales. Suscrito en 1961 y modificado en 1978 y 1991, el Convenio establece los criterios o estándares que deben tenerse presentes para otorgar protección a las obtenciones vegetales, lo cual queda consagrado en los denominados derechos de obtentor. Cabe indicar que las partes suscriptoras del Convenio pasan a integrar la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).
- El Arreglo de Madrid relativo al registro internacional de marcas. Trata, entre otras materias, de la represión de las indicaciones de procedencia falsas o engañosas.
- El ya mencionado Acuerdo sobre los ADPIC. El acuerdo establece estándares mínimos que cubren prácticamente todos los aspectos relativos a la protección de la propiedad intelectual, esto es, patentes, derechos de autor, marcas de fábrica o de comercio, diseños industriales, indicaciones geográficas, circuitos integrados y secretos comerciales. Conforme a las disposiciones transitorias del acuerdo, los países en desarrollo contaban con cinco años de plazo a partir del 1 de enero de 1995 —es decir, hasta el 1 de enero de 2000— para poner en práctica

> los principios del convenio, período que se ampliaba a once años para los países de menor desarrollo relativo. En el caso de los productos que a la fecha de la firma del acuerdo no fueran patentables, el plazo se extendía hasta el 1 de enero de 2005.

El Acuerdo pretende fijar nuevas normas para las patentes sobre productos farmacéuticos y biotecnológicos, eliminar o limitar las exigencias de explotación local de las invenciones, extender la protección a 20 años, y fortalecer los mecanismos destinados a asegurar la observancia de los derechos y la sanción de los infractores. Se trata de una proyección a escala mundial, a través de la OMC, de los criterios surgidos en los años ochenta, en especial en los Estados Unidos, con respecto a la necesidad de fijar un marco regulador mundial homogéneo, que otorgase una protección más vigorosa y definida a las invenciones.

A pesar de la firma del Acuerdo sobre los ADPIC, subsisten importantes diferencias entre los Estados miembros de la OMC, e incluso entre diversos países desarrollados, acerca de los criterios que deben aplicarse a las patentes sobre plantas y animales genéticamente modificados y sobre los procesos necesarios para producirlos. Por ejemplo, los Estados que han suscrito la Convención Europea de Patentes no reconocen las patentes referidas a las variedades vegetales. Para remediar esta situación, en el Acuerdo sobre los ADPIC se reconoce la potestad de los Estados miembros de la OMC de excluir del régimen de patentes a plantas y animales que no sean microorganismos y a procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas o animales. De todas formas, los Estados deberán tomar las medidas necesarias para la protección de las variedades vegetales mediante patentes, mediante un método sui géneris o por medio de una combinación de ambas modalidades. En virtud de esta norma, y en ausencia de mayor precisión, se permite excluir del régimen de patentes a animales y plantas propiamente dichos, razas de animales y especies de plantas y animales.

Aun cuando el Acuerdo no obliga a adoptar un régimen idéntico al de la UPOV ni adherir a ésta, en numerosos países se está imponiendo la obligación de proteger las variedades vegetales conforme a los derechos de obtentor y la adhesión a la UPOV. Actualmente se estudia la posibilidad de aplicar a los países en desarrollo regímenes sui géneris diferentes a los fijados por la UPOV.

En síntesis, es posible obtener protección de la propiedad intelectual sobre las innovaciones relativas a plantas, partes de éstas o nuevas variedades por medio de dos regímenes principales, a saber, el régimen de derechos de obtentor, aplicable a nuevas variedades vegetales, y el régimen de patentes de invención, aplicable a plantas o partes de plantas, o sea, células, genes, semillas, procedimientos para

la transformación de plantas, y vectores de transformación. En algunos países, este último régimen es aplicable también a variedades vegetales e híbridos. En el cuadro VIII.11 se resumen las principales características de estos dos sistemas.

c) Patentes e innovación

Se ha discutido largamente acerca de la protección que debe otorgarse a las innovaciones. La concesión de un monopolio por un número determinado de años, esto es, de una patente o derecho de protección, se asocia a la idea de que el innovador debe ser retribuido de manera justa por los gastos en que debió incurrir para poner a punto la innovación, pero otros factores entran también en juego. En efecto, tales gastos suelen ser de gran envergadura, en especial cuando se trata de tecnologías de punta. A las erogaciones exigidas por la investigación básica se agregan otras no menos cuantiosas, destinadas a financiar las pruebas necesarias para que se autorice la comercialización del producto. Estas pruebas son especialmente rigurosas si se trata de productos farmacéuticos y alimenticios o de productos que puedan dañar el medio ambiente. Finalmente, también deben contabilizarse los gastos en que hay que incurrir a la espera de que los consumidores acepten el nuevo producto, período que oscila entre 10 y 16 años para los medicamentos y las plantas. Dada la magnitud de las inversiones comprometidas, no es de extrañar que la mayor cantidad de solicitudes corresponda a las empresas más grandes y solventes.

Se estima que el llevar un nuevo medicamento al mercado cuesta alrededor de 400 millones de dólares, monto que obliga a las empresas a elevar la productividad y la frecuencia con que lanzan nuevos productos al mercado, lo cual debería ocurrir cada seis meses para que los ingresos por concepto de ventas aumentasen 10%. No obstante, en promedio, las grandes empresas sólo pueden introducir un nuevo medicamento o producto biotecnológico cada 27 meses, fundamentalmente a causa de las largas pruebas a que deben ser sometidos, en especial en lo que concierne a sus efectos directos e indirectos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Cuadro VIII.11
PROTECCIÓN DE MATERIALES BIOLÓGICOS: DERECHOS DE OBTENTOR Y PATENTES DE INVENCIÓN

Régimen	Derechos	Materia protegida	Requisitos de protección	Materialización	Excepciones a derechos exclusivos	Duración	Territorialidad	Acumulación
UPOV[a]	Derechos de obtentor	Variedades vegetales	-Novedad: que la variedad no se haya vendido en el país donde se solicita la protección en 1 año y en 4 años en otros países -Posibilidad de distinción -Homogeneidad -Estabilidad	Aplicable a variedades existentes	A excepción del fitomejorador, permite utilizar la variedad protegida para un desarrollo posterior	20 a 25 años	Sólo en el país donde se obtuvo el derecho	Es posible acumular derechos de obtentor y patentes sobre la misma variedad. Es el caso de los transgénicos
Convenio de París[b]	Patentes	Variedades vegetales, plantas o partes de plantas como semillas, células, y genes En algunos países, como los Estados Unidos, se pueden patentar genes producidos mediante ingeniería genética	-Novedad: no publicación ni ejecución previa de la invención en ninguna parte del mundo - Posibilidad de distinción -Homogeneidad -Estabilidad -Actividad inventiva	Que la invención sea realizable según la descripción pertinente	Según los países, se admiten excepciones para la investigación científica	20 años	Sólo en el país donde se obtuvo la protección, y en los países afiliados al Convenio de París b si se es miembro	No se permite el uso del material vegetal como fuente de germoplasma para otros desarrollos

Fuente: Carlos Correa, *Normativa Nacional, Regional e Internacional sobre Propiedad Intelectual y su aplicación en los INIAS del Cono Sur*, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario Del Cono Sur (PROCISUR), Montevideo, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), agosto de 1999.

[a] UPOV: Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. [b] Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial.

La misma situación se da en el caso de los productos biotecnológicos de uso agrícola. En los Estados Unidos, por ejemplo, el descubrimiento de un nuevo gen suele exigir gastos de varios millones de dólares; pero su inserción en un germoplasma determinado puede demandar sólo 200.000 dólares, dependiendo del cultivo. Éstos son los costos que anteceden a las pruebas a que deben ser sometidos los cultivos para su aprobación por parte de los organismos

competentes, tarea en que intervienen, entre otros, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el Organismo de Protección del Medio Ambiente y la Dirección de alimentación y fármacos. No obstante, los gastos que corresponden a la preparación de los antecedentes básicos para las pruebas biológicas —efectos sobre la salud humana, toxicidad y efectos sobre otros organismos— ascienden a cerca de 2 millones de dólares, cifra de todos modos inferior a la demandada por los pesticidas químicos, a lo cual deben sumarse otras erogaciones, que aumentan la cifra a casi el doble.[7]

Las oficinas nacionales e internacionales competentes han registrado una enorme cantidad de patentes, en un proceso que ha cobrado un dinamismo sin precedentes en las últimas décadas. Por ejemplo, desde su creación en 1790, poco después de la independencia de los Estados Unidos, la USPTO ha otorgado más de 6 millones de patentes, pero más de la mitad de éstas se concedieron de 1988 en adelante, y hay solicitudes pendientes por un número incluso mayor. Parte considerable de esta formidable expansión está relacionada con los productos biotecnológicos y el proyecto sobre el genoma humano.

En este contexto ha vuelto a plantearse la vieja polémica acerca de las relaciones entre protección de los derechos de propiedad intelectual e innovación. Mientras algunos sostienen que el otorgamiento de patentes es condición básica para asegurar la generación de innovaciones, otros afirman que nada prueba esa tesis, y que las patentes no persiguen sino una finalidad comercial, pues tienden a levantar barreras para la entrada de otros innovadores.[8] Sea como fuere, el número de patentes constituye un indicador indirecto acerca de la intensidad del proceso innovador.

Como no es fácil seguir la ruta de una patente, poco se sabe acerca de la proporción existente entre el número de innovaciones patentadas y el número de productos derivados de ellas que llegan al mercado. Aun cuando es posible presumir la existencia de diferencias sectoriales, una de las oficinas de consultores más prestigiosas del mundo, Ernst & Young, estima que esa proporción no llega a más de 10% en el caso de las biotecnologías.[9] El hecho de que 90% de las innovaciones patentadas no se convierta en productos comerciales sugiere que otros factores, poco conocidos aún, inciden en ello. Es posible, por ejemplo, que muchas de las solicitudes no tengan otro fin que bloquear la entrada al mercado de otros

---

[7] Según estimaciones de la compañía Monsanto, los gastos de preparación de los antecedentes básicos del maíz transgénico resistente a insectos ascienden a 3,8 millones de dólares.

[8] En la primera línea de argumentación se inscriben ciertos círculos académicos y las grandes empresas del ramo, y en la segunda, algunos trabajos recientes de Címoli y de Katz.

innovadores. Es probable que en ello influya también la inexistencia de un mercado secundario claramente definido para la transacción de patentes, pues, como consecuencia del riesgo y de la incertidumbre asociados a estas tecnologías, hay una alta iliquidez en el mercado primario.

i) Las barreras a la entrada

El mecanismo de patentes, concebido inicialmente como un medio de incentivar la innovación, ha tendido a transformarse en un instrumento de conservación de los monopolios y en una barrera para el ingreso de otros innovadores al mercado. En efecto, la protección asegura a los titulares el uso exclusivo de la innovación o el cobro de regalías y licencias por su uso. Hacia 1995, cerca de 50% de las regalías y pagos de licencias favorecían a grandes corporaciones estadounidenses, y alrededor de 70% correspondían a transacciones entre subsidiarias de las mismas empresas u otras relacionadas. A fines de la década de 1990, según el Informe de Desarrollo Humano 2000 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 90% de las patentes relacionadas a tecnologías avanzadas estaban en manos de los grandes conglomerados.

Los recursos generados por los sistemas de protección de los derechos de propiedad intelectual son de tal magnitud, y tienen tal dinámica de crecimiento, que en ciertos círculos se piensa que el marco regulador pertinente tiene que ver más con la conservación de esa rica fuente de ingresos que con el propósito de fomentar las inversiones en ciencia y tecnología. Se calcula que en 1990 la propiedad de las patentes devengó a sus titulares, por concepto de regalías y licencias, ingresos totales equivalentes a 15.000 millones de dólares, cifra que aumentó a 100.000 millones en 1998 y que, según se proyecta, debería situarse en alrededor de 5 billones de dólares en 2005.

Otro obstáculo a la entrada, especialmente para los agentes de menor tamaño, está representado por los costos de los litigios legales sobre patentes, que suelen ser sumamente elevados por lo complejo y especializado de la materia. Sólo en 1999 se entablaron en los Estados Unidos 8.200 litigios sobre patentes, cifra diez veces superior a la registrada apenas cuatro años antes. Ello torna aún más difícil el acceso al mercado a las empresas de menor envergadura, así como a instituciones, universidades e investigadores sin mayores recursos.

De igual modo, el control de las grandes corporaciones sobre la casi totalidad de las innovaciones en tecnologías de punta dificulta la entrada de nuevos agentes al proceso de innovación. Desde 2000 a

[9] Se estima que entre 30% y 60% de las innovaciones patentadas en farmoquímica pueden convertirse en productos comerciales.

la fecha, sólo tres grandes consorcios empresariales vinculados a la investigación del genoma humano presentaron 3 millones de solicitudes de patentes sobre partes y secciones de genes, DNA y líneas celulares. Debido a ese elevado número y a lo difícil que resulta dictaminar acerca de la pertinencia de las solicitudes, las oficinas de patentes no están en condiciones de evaluar las presentadas por otros agentes, por lo cual no es peregrino imaginar que tal aglomeración corresponda efectivamente a una hábil maniobra de los grandes consorcios transnacionales.

A los obstáculos antes anotados se agrega la codificación genética de las barreras biológicas. Como se dijo antes, por medio de las tecnologías llamadas "terminator" es posible codificar una proteína que mata el embrión de las semillas una vez que éstas han cumplido su función. Ello impide que el agricultor las utilice en nuevas siembras y lo obliga a adquirirlas en cada ciclo productivo. Por medio de otras tecnologías, más recientes, es posible codificar la sensibilidad al tratamiento con ciertos agroquímicos específicos, lo cual esteriliza la semilla o la hace perder sus propiedades comerciales.[10]

Paradójicamente, estos desarrollos tecnológicos pueden perder importancia en cuanto mecanismos para asegurar la completa apropiación de los beneficios. En efecto, la tecnología satelital ha alcanzado un grado tal de sofisticación, que permite a las empresas biotecnológicas y de transformación controlar las actividades agropecuarias sin tener que recurrir a los procedimientos antes descritos. De ese modo, están ahora en condiciones de establecer contratos de producción con los agricultores, en los cuales se estipula el tiempo por el cual pueden hacer uso de las semillas y demás insumos; la vigilancia satelital les permite verificar después si los agricultores cumplen efectivamente con los términos del contrato, con lo cual evitan, a un costo muy inferior, la resiembra no autorizada de las semillas.

6. Efectos económicos, sociales y ambientales de las plantas transgénicas

En la bibliografía sobre la materia abundan los trabajos que abordan por separado las dimensiones económica, social y ambiental de los fenómenos aquí estudiados, pero escasean notoriamente aquellos en

[10] Recientemente, la compañía Novartis patentó una tecnología de este tipo, en la cual se emplea un derivado de la aspirina para controlar el crecimiento de las semillas y las características de las plantas.

que se estudien estos aspectos en forma conjunta. Esa falta es incluso más notoria en la región. Aun cuando es posible analizar cada una de esas dimensiones en distintos niveles de agregación, esto es, desde un nivel macroeconómico hasta uno microeconómico, no es, de todos modos, una tarea sencilla, debido a la complejidad de la materia y a la precariedad del conocimiento actual sobre ella. No obstante, en lo que sigue se intentará un análisis global al respecto, para considerar después el efecto conjunto de los transgénicos vegetales. Al mismo tiempo, y dadas las singularidades de América Latina y el Caribe como región, se analizarán con especial atención los impactos sobre los pequeños productores y sobre la biodiversidad.

a) Los efectos económicos

i) Efectos económicos sobre los agentes de la cadena

En los estudios sobre el tema, resalta la variabilidad del efecto de los cultivos transgénicos sobre los agentes involucrados, esto es, productores, consumidores e innovadores. En uno de esos trabajos (Moschini, 2001), se mide el impacto de la adopción de la soja transgénica en tres países o zonas: Argentina (América del Sur en el estudio), los Estados Unidos, y el resto del mundo, y se comparan los beneficios económicos por agentes y zonas, mostrando que éstos fluctúan de manera considerable, pues en los Estados Unidos los innovadores captan la mayor parte de los beneficios, a diferencia de lo que ocurre en las otras dos zonas. Los consumidores del resto del mundo aparecen como los más beneficiados, seguidos de los sudamericanos, situación que refleja una distribución bastante asimétrica de los beneficios en los tres territorios, asimetría que está determinada a su vez por la vigencia de derechos desiguales de propiedad intelectual.

Los efectos sobre los productores comerciales se analizan en términos de costos y rendimientos.

ii) Efectos sobre los productores comerciales

Las expectativas despertadas por los transgénicos entre los productores pueden resumirse en los siguientes puntos: menores costos del cultivo, rendimientos más elevados y, por tanto, mayores ingresos netos. A ello se agrega la simplificación de las labores agrícolas. Según se ha comprobado, estas ventajas dependen en alto grado de las características de las zonas productivas, de las condiciones climáticas, la incidencia de plagas y malezas, la humedad y otros factores. En efecto, mientras mayor sea la incidencia de plagas y malezas, mayores serán los beneficios resultantes de los cultivos transgénicos, y mayor será también la simplificación del cultivo. Por otra parte, los menores requerimientos

de labores agrícolas y de fuerza de trabajo deberían traducirse, en el mediano plazo, en un aumento de la productividad laboral y, en el largo plazo, en una reestructuración del sector agrícola.

Cabe destacar que la semilla transgénica es de mayor costo que la convencional, ya que su precio incluye una alícuota por la amortización de los gastos en ID. A ello debe sumarse el hecho de que las empresas productoras y distribuidoras de semillas prohíben, por contrato, su resiembra, es decir, el uso de generaciones subsecuentes del mismo material. De hecho, como se indicó antes, algunas empresas biotecnológicas han entablado querellas legales contra productores agrícolas que contravienen, a juicio de éstas, los derechos de propiedad intelectual.

La cuota tecnológica y la prohibición de resiembra implican un aumento de los gastos anuales de los agricultores y la consecuente pérdida de autonomía, a lo cual se añade su dependencia de un número cada vez más pequeño de proveedores. Sin embargo, los mayores gastos pueden ser compensados gracias a la reducción de los costos por concepto de control de insectos y malezas y por las menores necesidades de mano de obra y equipos.

Cuatro son las principales ventajas atribuidas a las semillas tolerantes a los herbicidas. En primer lugar, menor uso de insumos químicos: las semillas transgénicas permiten reemplazar los distintos tipos de herbicidas normalmente utilizados en el control convencional de las malezas por un solo compuesto, generalmente el glifosato, que además es de menor costo, aunque debe tenerse presente que muchas veces es necesario aplicar dosis más altas y más frecuentes de glifosato, especialmente cuando se recurre a la siembra directa.

Segundo, eliminación de maquinas y equipos para el control mecánico de las malezas: en efecto, el control químico reduce gran parte de las necesidades de máquinas y equipos, excepto aquellos que se emplean para la aplicación de los biocidas, reducción que se acentúa con las técnicas de labranza cero. Estos factores también redundan en una disminución de los costos.

Tercero, menores necesidades de fuerza de trabajo —y, por consiguiente, menores costos de mano de obra en el control de malezas— para la aplicación de los herbicidas, efecto que está en línea con los antes mencionados.

Y cuarto, mayores ingresos por reducción de las pérdidas debidas a plagas o malezas: si el control químico funciona bien, los agricultores percibirán mayores ingresos, siempre y cuando disminuyan o se mantengan constantes los otros componentes del costo. Como ya se indicó, se reducen

los gastos en equipos, herbicidas y mano de obra, pero la compra de la semilla transgénica puede suponer un gasto mayor. El saldo neto de todos estos factores tiende a inclinarse hacia una disminución de los costos del productor y, por tanto, hacia un aumento de sus ingresos, aparte de la ya mencionada simplificación de las labores. Este efecto es más claro en el caso de la soja RR.

iii) Resultados de diversos cultivos transgénicos en países seleccionados

En lo que sigue se examinarán algunos datos acerca del mayor costo de las semillas, el menor gasto en herbicidas y la elevación del rendimiento de algunos cultivos transgénicos en distintos países.

•Soja tolerante al glifosato

Mayor costo de la semilla: en los Estados Unidos y otros países, excepto Argentina, la semilla de soja transgénica cuesta entre 35% y 50% más que la convencional, ya que incorpora la llamada cuota tecnológica. En Argentina, la semilla transgénica no está cubierta por patentes, por lo cual es posible reproducirla libremente y, en consecuencia, rebajar considerablemente los costos.

Menor costo y uso de herbicidas: el grado de reducción de los costos en herbicidas depende del número de aplicaciones de glifosato por temporada. En Europa, según datos de 1998, la aplicación de herbicidas corrientes a los cultivos de soja convencional supuso un gasto cercano a 62 dólares por hectárea, frente a uno de 41 dólares por hectárea en el caso de la semilla transgénica y el glifosato, monto que incluía una cuota tecnológica de 17,3 dólares por hectárea. Es decir, si el control de malezas requiere sólo una aplicación de glifosato, el uso de soja transgénica puede reportar un ahorro no desdeñable. Sin embargo, hay pruebas del surgimiento de resistencia al glifosato, lo que obliga a un mayor número de aplicaciones. En efecto, entre 1998 y 1999, las dosis aplicadas por hectárea aumentaron entre 15% y 25%. No obstante, también se ha observado una reducción de los costos del control de malezas en el caso de la soja convencional, lo que hace menos relevantes las diferencias antes indicadas.

En la Asociación Estadounidense de la Soja se ha estimado que a pesar del alto costo de la semilla transgénica, el cultivo de soja RR permite ahorros de entre 14 y 30 dólares por hectárea. No obstante, Barnes (2000) advierte que debido a la resistencia cada vez mayor al glifosato, ahora es necesario hacer dos o tres aplicaciones en lugar de una, como recomienda la empresa Monsanto, e incluso es preciso a veces utilizar otros dos o tres herbicidas. En el cuadro VIII.12 se presenta información sobre el costo de las semillas y los agroquímicos en el cinturón del maíz de los

Estados Unidos. De acuerdo con tales cifras, los costos se duplicaron entre 1975 y 1998, pasando de 0,53 dólares a 1,06 dólares por planta de soja cosechada, a causa principalmente de la incorporación de semilla transgénica, lo cual elevó en más de 50% la proporción del ingreso del productor destinada a la compra de semillas y agroquímicos.

Cuadro VIII.12
ESTADOS UNIDOS (CINTURÓN DEL MAÍZ): GASTO EN SEMILLAS DE SOJA Y AGROQUÍMICOS Y OTROS INDICADORES, 1975-1998

	1975	1980	1996	1998
Semillas (dólares por hectárea)	8,09	8,09	16,11	20,12
Agroquímicos (dólares por hectárea)	8,86	12,24	26,16	28,33
Rendimientos (bushels por acre[a])	31,52	33,19	38,43	45,75
Gasto en agroquímicos por mata (dólares)	0,28	0,37	0,68	0,62
Semillas y agroquímicos por mata (dólares)	0,53	0,61	1,10	1,06
Agroquímicos/costo total (%)	6,9 0	6,00	10,80	11,4
Gasto en semillas y agroquímicos como porcentaje del ingreso bruto (%)	10,80	8,00	15,90	16,3

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Richard L. Barnes, "Why the American Soybean Association supports transgenic soybeans", Pest Management Science, vol. 56, Nº 7, Society of Chemical Industry, julio de 2000.

[a]1 *bushel* = 35,23 litros; 1 acre = 0,405 hectáreas.

En el cuadro VIII.13 se muestra la situación de la soja en Argentina, Brasil (estado de Mato Grosso) y los Estados Unidos, específicamente en Iowa y Dakota del Norte, dos de los estados más importantes en el cultivo de soja RR de este país.

Cuadro VIII.13
ARGENTINA, BRASIL Y LOS ESTADOS UNIDOS: COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA SOJA, 2003
(Dólares por hectárea)

	Estados Unidos (Dakota del Norte)	Estados Unidos (Iowa)	Brasil (Mato Grosso)	Argentina
Costos directos:	181,00	300,04	315,30	102,74
Semillas	72,00	77,16	20,86	26,95
Herbicidas	24,07	46,12	62,54	37,54[a]
Funguicidas			13,06	
Insecticidas			16,15	
Fertilizantes	3,09	57,16	121,31	
Otros costos indirectos	81,87	119,06	81,48	38,25[b]
Costos indirectos:	181,70	398,30	69,60	
Maquinaria				
Tierra				
Misceláneos				
Costos totales	362,70	698,34	384,90	

Fuente: George Flaskerud, N., *Brazil's Soybean Production and Impact*, Fargo, Dakota del Norte, Dakota State University, julio de 2003.

[a] Incluye agroquímicos en general. [b] Incluye gastos en estructura e impuestos.

Por último, en lo que se refiere a productividad, cabe recordar que una de las principales razones para adoptar la soja transgénica fue precisamente la expectativa de conseguir mayores rendimientos físicos; pero, según estudios realizados en Argentina, los Estados Unidos y otros países, los hechos parecen contradecir tales esperanzas. Por ejemplo, si bien los resultados difieren en función de la zona geográfica, la soja transgénica registró en los Estados Unidos, en 1997, un rendimiento entre 3% y 11% inferior al de la convencional (véase el cuadro VIII.14).

Cuadro VIII.14
ESTADOS UNIDOS: RENDIMIENTO DE LA SOJA CONVENCIONAL Y LA SOJA TRANSGÉNICA, 1999
(Toneladas por hectárea)

Estados	Soja convencional	Soja transgénica	Diferencia (%)
Illinois	3,90	4,04	+ 3,5
Michigan	4,44	4,30	- 3
Minnesota	4,44	4,10	- 8
Nebraska	3,90	3,43	- 12
Ohio	4,04	3,90	- 3
Dakota del Sur	3,30	2,96	- 10
Wisconsin	4,77	4,64	- 3
Kansas	2,35	2,10	- 11

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Richard L. Barnes, "Why the American Soybean Association supports transgenic soybeans", Pest Management Science, vol. 56, Nº 7, Society of Chemical Industry, julio de 2000.

Carpenter (1999) muestra que las variedades convencionales de soja tienen, en promedio, un rendimiento superior a las transgénicas, diferencia que debería disminuir a medida que las nuevas variedades transgénicas se vayan diseñando a partir de variedades convencionales más productivas.[11] En la Provincia de Santa Fe, Argentina, se hicieron pruebas con diez transgénicos, nueve de los cuales tuvieron un rendimiento medio inferior en 9% al promedio general, y sólo uno superó a las variedades convencionales, resultado en que influyeron factores como las condiciones del suelo, su grado de humedad y la existencia de cultivos anteriores.

En el cuadro VIII.15 se presenta información agregada sobre el rendimiento de la soja en el mundo y varios países seleccionados. Como se puede apreciar, el rendimiento promedio tendió a aumentar en el ámbito mundial, al pasar de 2 a 2,4 toneladas por hectárea entre 1995 y 2003. En los Estados Unidos, el rendimiento más elevado se registró en 1995, cuando aún no se cultivaba masivamente soja transgénica, con 2,74 toneladas por hectárea. En Argentina, donde toda la soja es transgénica, el rendimiento se situó en torno a 2,8 toneladas por hectárea en 2003. No obstante, ya en la temporada 1997/1998 se había alcanzado un rendimiento de 2,7 toneladas por hectárea, gracias al predominio de condiciones climáticas particularmente favorables. En Brasil, con soja no transgénica, hubo en 2003 un rendimiento ligeramente superior al de Argentina, de 2,85 toneladas por hectárea. Si se observa la serie, puede advertirse que, con las fluctuaciones del caso, la productividad de la soja convencional

[11] A iguales resultados se llegó en investigaciones realizadas, entre 1997 y 2000, en el Instituto Nacional de Botánica Agrícola, del Reino Unido, y en varias universidades estadounidenses.

aumentó de manera sostenida. De todas formas, cabe destacar que los rendimientos más altos se lograron en Italia, donde sólo se cultiva soja convencional, y que los resultados de Argentina y Brasil están entre los mejores del período.

En definitiva, no puede sostenerse que la soja transgénica alcance mejores rendimientos que la convencional. De hecho, los dos rendimientos más elevados corresponden a esta última variedad. Conviene destacar, también, la influencia de los factores climáticos, a los cuales debe atribuirse buena parte de las fluctuaciones registradas. En el caso de Argentina, en una mirada de más largo plazo, se observa que los rendimientos han tendido a elevarse a partir de la temporada 1995/1996, fecha en que se introdujo la soja transgénica.

Cuadro VIII.15
RENDIMIENTO DE LA SOJA EN EL MUNDO
Y EN PAÍSES SELECCIONADOS, 1991-2003/2004
(Toneladas por hectárea)

Regiones y países	1991	1993	1994	1995	2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004
Mundo	1,88	1,94	2,18	2,03	2,32	2,41	2,36
Argentina	2,27	2,29	2,04	2,10	2,63	2,82	2,80
Bolivia	2,22	1,54	2,30	2,07	1,94	2,26	2,13
Brasil	1,55	2,12	2,16	2,20	2,66	2,85	2,80
Canadá	2,44	2,57	2,74	2,78	1,56	2,28	2,60
China	1,37	1,61	1,73	1,66	1,63	1,89	1,77
Colombia	1,92	2,13	1,93	2,11	2,38	2,30	2,25
Estados Unidos	2,07	2,18	2,76	2,34	2,66	2,54	2,45
Federación de Rusia	...	...	...	...	0,83	0,89	0,85
India	0,78	1,09	0,91	1,01	0,90	0,71	0,94
Indonesia	1,14	1,16	1,11	1,14	1,28	1,43	1,15
Italia	3,20	3,18	3,29	3,71	3,28	3,40	3,20
Japón	1,40	1,15	1,62	1,73	1,88	1,80	1,81
República de Corea	1,53	1,46	1,27	1,52	1,51	1,42	1,43
República Popular Democrática de Corea	1,29	1,20	1,25	1,26	1,13	1,14	1,14
México	2,12	2,09	1,81	1,41	1,47	1,54	1,55
Paraguay	2,53	2,82	2,58	3,01	2,18	2,69	2,74
Tailandia	1,37	1,37	1,33	1,65	1,42	1,39	1,39

Continúa

Regiones y países	1991	1993	1994	1995	2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004
Ucrania	...	...	...	...	1,01	1,10	1,10
Otros países	...	...	…	...	1,49	1,47	1,46

Fuente: United States Department of Agriculture (USDA), "Estimates for September 2003", Foreign Agricultural Service, Washington D.C., octubre de 2002.

• Transgénicos resistentes a insectos

Con estos productos se espera obtener una serie de beneficios, como la disminución de las aplicaciones de insecticidas, de las pérdidas por ataques de insectos, de la contaminación ambiental y de las necesidades de trabajo. Entre los transgénicos resistentes a insectos, los más conocidos son el maíz Bt y el algodón Bt. Dado que existe una semilla transgénica que combina esta propiedad con la tolerancia a los herbicidas, aquí se examinarán también los resultados de algunas evaluaciones acerca de esta última característica.

Como se ha dicho en otros capítulos del presente libro, el maíz Bt es una variedad modificada mediante la incorporación de una sustancia contenida en un microorganismo del suelo, el Bacillus thuringiensis, sustancia que resulta tóxica para la familia de los lepidópteros, en especial para el perforador europeo del maíz. Este insecto es considerado como una de las peores pestes del maíz, pues, según estudios de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), causa pérdidas que oscilan entre 15% y 20% de las cosechas mundiales, por lo que su control resulta crucial. Sin embargo, el uso del maíz Bt puede ser insuficiente para combatir otros tipos de malezas e insectos, por lo cual se hace necesaria la aplicación adicional de herbicidas y pesticidas. Por ello, la decisión de adoptar o no el maíz Bt depende de los costos asociados a la posible aparición de estas otras pestes.

Mejores rendimientos: en varios estudios se reporta que, en los Estados Unidos, el rendimiento promedio del maíz Bt es superior al del maíz convencional, con una diferencia a favor del primero de 0,73 toneladas por hectárea en 1997 y de 0,26 toneladas por hectárea en 1998, lo que representa una mejora de entre 3% y 9%. El que la diferencia de rendimiento registrada en 1998 haya sido menor que la de 1997 obedeció, en lo fundamental, a un cambio en las condiciones climáticas y una menor presión de los insectos. Los beneficios económicos adicionales derivados del mayor rendimiento variaron, considerando un precio promedio de 86,6 dólares la tonelada de maíz, entre 7 y 40 dólares por hectárea, según el grado de infestación del cultivo.

Mayor costo de la semilla: Los estudios disponibles indican que, siempre en los Estados Unidos, el uso de la semilla del maíz Bt supuso un gasto adicional, en comparación con la semilla convencional, de aproximadamente 25 dólares por hectárea en 1997 y 20 dólares por hectárea en 1998.

Beneficios económicos inciertos: El precio promedio del maíz fue de 96 dólares la tonelada en 1977 y de 77 dólares en 1998; por otra parte, el grado de infestación fue alto el primer año y bajo el segundo. A partir de ello puede estimarse que, en comparación con el cultivo convencional, los ingresos del productor aumentaron en 44,5 dólares por hectárea en 1977 y se redujeron en 4,6 dólares por hectárea en 1998. En el cuadro VIII.16 se presenta información sobre el costo de las semillas de maíz Bt y el de los agroquímicos en el cinturón del maíz de los Estados Unidos. Como se advierte, ambos aumentaron entre 1975 y 1997.

Cuadro VIII.16
ESTADOS UNIDOS (CINTURÓN DEL MAÍZ):
COSTO DE LAS SEMILLAS DE MAÍZ BT Y DE LOS AGROQUÍMICOS, 1995-1997
(Dólares por acre)

Insumos	1975	1980	1996	1997
Semillas (dólares por acre)	9,51	14,66	27,38	29,60
Agroquímicos (dólares por acre)	12,13	15,13	28,66	28,07
Rendimientos (dólares por acre)	91,80	98,50	132,12	134,92
Gasto en agroquímicos por bushel[a] (dólares)	0,13	0,15	0,22	0,21
Gasto en semillas y agroquímicos por bushel[a] (dólares)	0,24	0,30	0,42	0,43
Gasto en semillas y agroquímicos como proporción del costo total (%)	11,40	11,10	15,50	16,10
Gasto en semillas y agroquímicos como proporción del ingreso bruto (%)	9,50	9,90	15,10	16,90

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Richard L. Barnes, "Why the American Soybean Association supports transgenic soybeans", Pest Management Science, vol. 56, Nº 7, Society of Chemical Industry, julio de 2000.

[a] 1 *bushel* = 35,23 litros: 1 acre = 0,405 hectáreas.

• Algodón tolerante a herbicidas y algodón resistente a insectos

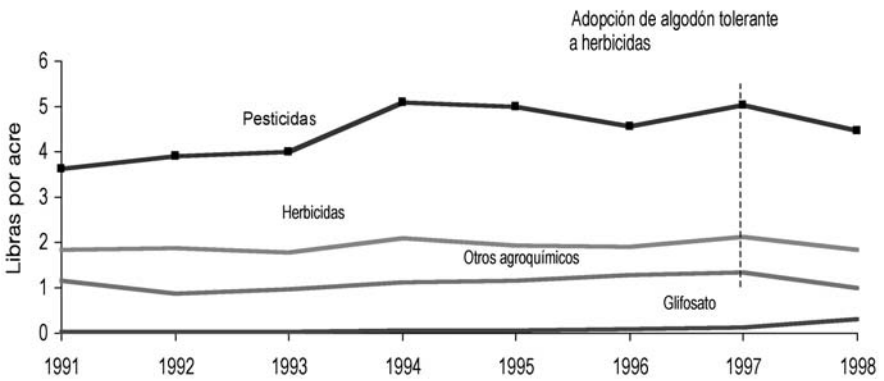
Aunque se ha comprobado, en ciertos casos, que el algodón tolerante al glifosato obliga a un menor uso de herbicidas que las variedades convencionales, los estudios pertinentes no arrojan resultados categóricos al respecto. El uso de algodón Bt resistente a insectos se traduce en mayores rendimientos debido a la disminución de las pérdidas. También se reducen los costos por concepto de insecticidas, al disminuir las aplicaciones

exigidas por el cultivo. En conjunto, sin embargo, ambas variedades registran costos similares, aunque los ingresos netos son más altos en el caso del algodón Bt por efecto del mayor rendimiento. En aquellos casos en que no se registraron grandes diferencias de rendimiento entre las variedades convencionales y las transgénicas, los costos correspondientes a estas últimas fueron de todos modos inferiores, por efecto del menor volumen de insecticidas aplicados.

En un estudio realizado en los Estados Unidos, Thalman y Kun (2000) demostraron que el consumo de herbicidas había disminuido con el algodón RR, pero a tasas inferiores a las previstas, y que, en el caso del algodón Bt, el consumo se había incrementado más que proporcionalmente con respecto al aumento de la superficie sembrada. En el gráfico VIII.3 se muestran los volúmenes totales de pesticidas —esto es, herbicidas, otros agroquímicos y glifosato— aplicados al algodón entre 1991 y 1998. En este último año, los volúmenes fueron similares a los de 1996, es decir, antes de la introducción del algodón transgénico. Los herbicidas no exhibieron mayores variaciones en el total, mientras disminuían los otros agroquímicos y aumentaba el glifosato. Como puede verse en el gráfico, en 1991 la aplicación de insecticidas por unidad de superficie fue casi la misma que en 1998. De 1996 en adelante, año en que se introdujo el algodón Bt resistente a insectos, bajó el consumo de pesticidas, pero sin llegar a los niveles de 1991, al tiempo que el de los otros agroquímicos permanecía prácticamente invariable y descendía levemente, a partir de 1997, la aplicación de insecticidas.

Tal como en el caso del maíz Bt, el impacto económico del cultivo de algodón Bt depende del grado de infestación de plagas en un año dado. En un estudio realizado en 1996 en el sudeste de los Estados Unidos, se indica que al adoptarse esta última variedad, disminuyó 70% el volumen de pesticidas y aumentaron 11% los rendimientos, al tiempo que las ganancias atribuibles a la adopción de la variedad transgénica se elevaban en aproximadamente 50 dólares por acre con respecto al algodón convencional.

Gráfico VIII.3
ESTADOS UNIDOS: CONSUMO DE PESTICIDAS EN LOS CULTIVOS DE ALGODÓN, 1991-1997
(Libras por acre)[a]



extremadamente sensible a las pestes. Por ejemplo, un insecto llamado picudo negro casi lo ha hecho desaparecer de Paraguay y varios países de Centroamérica, y la plaga persiste en otros países de América del Sur, donde prevalecen condiciones climáticas parecidas a las de Paraguay, según se ha comprobado en ensayos hechos con algodón Bt.

Debe tenerse presente que en algunos países el cultivo de algodón está casi exclusivamente en manos de pequeños agricultores, cuya falta de recursos torna sus plantaciones especialmente vulnerables al picudo negro. De aplicarse una solución tecnológica de tipo transgénico, estos agricultores quedarían excluidos de la producción, debido al costo de las semillas y agroquímicos conexos y a los impedimentos para la resiembra de las semillas. En consecuencia, es probable que el cultivo de algodón transgénico sea rentable en los países latinoamericanos, pero a una escala de producción mayor, sólo al alcance de productores con capacidad económica suficiente para incorporar un paquete tecnológico más caro y complejo.

•Colza tolerante a herbicidas

Según estudios realizados en Canadá, el principal productor de colza del mundo, los rendimientos de la semilla transgénica exhiben marcadas fluctuaciones, que oscilan entre 15% por debajo y 15% por encima del rendimiento promedio de la colza convencional. También se han registrado fluctuaciones importantes en cuanto a superficie plantada y a rendimiento, especialmente entre la temporada 1998/1999 y la

temporada 2003/2004, pues el rendimiento varió entre 28,2 y 23,4 bushels por acre, esto es, una diferencia de 17% (véase el cuadro VIII.17).

Cuadro VIII.17
CANADÁ: SUPERFICIE PLANTADA Y RENDIMIENTO DE LA COLZA, 1998/1999-2003/2004
(Millones de acres y bushels por acre)

	1998 / 1999	1999 / 2000	2000 / 2001	2001 / 2002	2002 / 2003	2003 / 2004
Superficie plantada (millones de acres)	13 535	13 835	12 200	9 456	9 615	11 600
Superficie cosechada (millones de acres)	13 415	13 750	12 200	9 303	7 060	11 500
Rendimiento (bushels por acre)[a]	25,1	28,2	26,5	23,4		26,0

Fuente: Agriculture y Agri-Food Canada, "Canola: situation and outlook", Bi-weekly Bulletin, vol.16, N° 14, Winnipeg, Manitoba, agosto de 2003.

[a] 1 *bushel* = 35,23 litros; 1 acre = 0,405 hectáreas.

Según se desprende de otros estudios, las variedades transgénicas no reportan necesariamente, en el corto plazo, mayores beneficios que las variedades convencionales. Si bien los resultados varían de acuerdo con la zona geográfica, las condiciones climáticas, los cultivos precedentes y la incidencia de pestes, el aumento de los costos originado por la adopción de la tecnología transgénica no siempre se ve compensado por las ganancias que derivan, en forma indirecta o directa, del menor uso de herbicidas y pesticidas o el alza sistemática del rendimiento. Por otra parte, la rapidez con que los agricultores canadienses han adoptado la colza transgénica deja ver que la simplificación del cultivo —asociada, como se ha dicho, al control químico de pestes y malezas— tiene para éstos un atractivo importante. En el cuadro VIII.18 se muestran los resultados de un estudio comparativo entre la colza convencional, de polinización abierta, variedades híbridas de polinización abierta y una variedad transgénica. Como se advierte, los ingresos netos esperados son mayores en el caso de la variedad convencional de polinización abierta que en las restantes.

Cuadro VIII.18
CANADÁ: INDICADORES DE PRODUCCIÓN DE COLZA CONVENCIONAL Y TRANSGÉNICA
(Dólares por hectárea y bushels por hectárea)[a]

Variedad	Colza RR	Colza Smart (polinización abierta)	Híbrido Liberty	Colza convencional (polinización abierta)
Costos totales (dólares por hectárea)	84	97	102	94
Semilla (dólares por hectárea)	40	40	53	29
Herbicidas (dólares por hectárea)	11	57	49	65
Rendimiento (bushels por hectárea)	82	78	88	88
Precio del producto	82	78	88	88
Ingresos esperados	571	545	618	618
Menores costos del sistema	- 84	- 83	- 102	- 95
Ingreso neto	487	462	515	523

Fuente: Murray Fulton y Lynette Keyowski, "The producer benefits of herbicide-resistant canola", AgBio Forum, Journal of Agrobiotechnology, Management & Economics, vol. 2, N° 2, Universidad de Saskatchewan, 2002.

[a] 1 *bushel* = 35,23 litros.

iv) Otros efectos económicos para el productor

A los costos normales que implica todo cultivo hay que agregar, en el caso de las variedades Bt resistentes a los insectos, los costos que supone el mantenimiento de las llamadas áreas de refugio, es decir, zonas que deben quedar libres de transgénicos y que representan una proporción variable de la superficie sembrada con éstos, a fin de disminuir las posibilidades de que los insectos se tornen resistentes a los biocidas. La proporción representada por las áreas de refugio varía de acuerdo con las características de los ecosistemas, las condiciones climáticas y las posibilidades de infestación por insectos que constituyan pestes. El dejar una parte del predio sin cultivar y el no percibir los ingresos correspondientes deben computarse, en consecuencia, como parte de los costos. Según se estima, las áreas de refugio deben representar, como mínimo, entre 20% y 50% de la superficie cultivada con transgénicos.[12]

b) Los efectos sociales

Entre éstos, los principales son los efectos sobre el empleo, la emigración, la concentración de la propiedad y la dependencia de los

productores con respecto a las empresas proveedoras de semillas, cuestión particularmente importante en el caso de los pequeños productores.

i) Efectos sobre el empleo

Los transgénicos actualmente comercializados tienen por finalidad fundamental el ahorro de trabajo, factor que ha sido determinante de su rápida adopción en Argentina, Canadá y los Estados Unidos. Ello se ha traducido, como es natural, en una reducción del empleo, que ha sido particularmente notoria en los cultivos RR en gran escala, basados en forma exclusiva en el control químico de malezas y el método de labranza cero. En Argentina, por ejemplo, los salarios son el componente de los costos que más ha disminuido, al caer de 60 dólares por hectárea en 1996 a poco menos de 13 dólares en 2001.

ii) Disminución del número de predios y migración

En algunos países, la explotación de transgénicos en gran escala ha hecho disminuir, además, el número de unidades productivas, con lo cual ha aumentado la superficie promedio de los establecimientos subsistentes. Al combinarse con la menor demanda de mano de obra, ello ha acentuado las tendencias migratorias de la población rural. El fenómeno es particularmente visible en Argentina, donde ha sido necesario aumentar cada vez más la escala de producción: entre 1990 y 1999, las explotaciones de la pampa húmeda pasaron de un promedio de 250 hectáreas a uno cercano a 350, al tiempo que desaparecían 60.000 unidades, cuyos propietarios, así como sus familias, debieron desplazarse en busca de otras fuentes de trabajo.

iii) Dependencia y exclusión

Se ha dicho ya que en numerosos países las semillas transgénicas están protegidas por patentes, lo cual impide la resiembra y obliga a los agricultores a comprar semillas cada temporada. Ello constituye desde ya un factor de dependencia con respecto a las empresas proveedoras, que tiende a excluir a los agricultores de escasos recursos que no están en condiciones de pagar la respectiva cuota tecnológica. No obstante, tal dependencia podría tornarse absoluta si los rubros a que se dedican pasan a estar dominados exclusivamente por semillas transgénicas.

Por otra parte, también se indicó que la tolerancia de los transgénicos a los herbicidas es específica: en general, a cada cultivo transgénico corresponde un herbicida en particular. Ahora bien, ambos elementos,

[12] Esta última proporción, de 50%, es la recomendada cuando se cultiva maíz Bt en un predio cercano a uno sembrado con algodón Bt.

semillas y herbicidas, suelen ser producidos y vendidos por la misma empresa, que está debidamente protegida con patentes, lo cual intensifica la dependencia del agricultor. Con todo, cabe indicar que últimamente la situación ha cambiado por lo menos en lo que se refiere al glifosato, debido al vencimiento de su patente, pero sigue vigente en lo que atañe a los restantes transgénicos y herbicidas asociados.

c) Efectos ambientales

En este punto se analizarán los siguientes impactos ambientales: efectos sobre la salud humana; efectos de la descarga de productos químicos sobre el medio ambiente; fuga de genes; creación de supermalezas y superpestes, e impactos sobre la biodiversidad, los centros de origen y las especies endémicas.

i) Efectos sobre la salud humana

Los transgénicos pueden tener dos efectos directos en este plano: la introducción de proteínas eventualmente alergénicas y el desarrollo de resistencia a los antibióticos. En efecto, si bien ciertos alimentos, como la leche y las zanahorias, pueden contener normalmente proteínas de este tipo, tal posibilidad se multiplica con los procedimientos biotecnológicos, capaces de introducir genes que determinan la producción de proteínas que jamás han estado presentes en otros alimentos. Uno de los ejemplos más conocidos en este sentido es el de una proteína de la nuez de Brasil codificada en la soja transgénica, que puede en ciertos casos provocar reacciones alérgicas en los seres humanos. Por otra parte, no siempre es fácil predecir si una proteína artificialmente codificada será o no alergénica, lo cual agrega mayor incertidumbre al uso de los transgénicos.

El segundo efecto importante es el desarrollo de resistencia a los antibióticos, debido al uso de genes marcadores provenientes de aquellos. Tales genes no tienen otra función que la de indicar la presencia de otros genes introducidos, pero el problema reside en que permanecen en el código genético de la planta transgénica y reducen la eficacia terapéutica de otros antibióticos.

También los agroquímicos asociados a los transgénicos pueden ocasionar graves efectos sobre la salud humana. El glufosinato de amonio y el glifosato, de amplio uso en la actualidad, actúan como tóxicos metabólicos sistémicos. Se ha comprobado que el glufosinato de amonio puede provocar intoxicaciones neurológicas, respiratorias, gastrointestinales y hematológicas, así como malformaciones congénitas en seres humanos y mamíferos en general; también tiene efectos tóxicos

en mariposas y una serie de insectos útiles para el ser humano, en las larvas de almejas y ostras, y en ciertos peces de agua dulce, en particular la trucha arco iris. Más aún, inhibe el desarrollo de bacterias del suelo, especialmente aquellas que fijan nitrógeno, que son indispensables para la salud del ambiente.

El glifosato, por su parte, tal como se ha demostrado en el Reino Unido, es la causa más frecuente de ciertas enfermedades e intoxicaciones. Además, la exposición a este compuesto, incluso en niveles normales de uso, puede alterar diversas funciones fisiológicas: por ejemplo, casi duplica el riesgo de abortos espontáneos tardíos; eleva la incidencia de trastornos neuroconductuales entre los hijos de quienes trabajan con él; retrasa el desarrollo del esqueleto fetal en ratas de laboratorio; inhibe la síntesis de esteroides, y es un agente genotóxico en mamíferos, peces y ranas. En una prueba de laboratorio, se expuso a lombrices a dosis normales de glifosato: el resultado fue la muerte de la mitad de ellas y la presencia de graves daños intestinales en las restantes. Por último, se ha comprobado que el glifosato Round-up Ready, esto es, la formulación producida por la compañía Monsanto, es causa de disfunciones en la división celular, fenómeno que podría estar asociado a cánceres humanos.

ii) Descarga de productos químicos al medio

Los fabricantes de semillas genéticamente modificadas aducen que los cultivos transgénicos tienen claras ventajas sobre los convencionales, porque reducen el número y la cantidad de químicos aplicados para el control de pestes, y porque los agroquímicos asociados, como el glifosato, se degradan con mayor facilidad y son menos contaminantes de suelos y aguas que los convencionales. También sostienen que el control químico y no manual de las malezas, así como las prácticas de labranza cero, son indirectamente beneficiosos para el suelo, pues la menor cantidad de labores agrícolas contribuye a aminorar la erosión.

Sin embargo, las investigaciones al respecto no han demostrado en forma concluyente la validez de esas afirmaciones, e incluso hay quienes advierten que la aplicación masiva de glifosato puede tener efectos adversos sobre el medio ambiente. En Argentina, por ejemplo, el consumo de glifosato pasó de 1 millón de litros en 1990 a más de 92 millones en la actualidad. Si bien el herbicida es de escasa o nula toxicidad para abejas, patos y codornices, puede ser tóxico para especies acuáticas como truchas, bagres y carpas. Otros especialistas señalan que el glifosato puede contaminar el agua y ser dañino para animales y microorganismos benéficos para el suelo. Por otra parte, hay consenso en cuanto a que los coadyuvantes y surfactantes, productos que se aplican

junto con el herbicida para elevar su eficiencia, suelen ser lesivos para los peces y otros organismos acuáticos.

En Argentina se ha comprobado últimamente que algunas malezas, como consecuencia de la aplicación masiva de glifosato, se han vuelto resistentes a éste, por lo cual ha sido necesario agregar otros productos para el control químico de estas plantas.

En cuanto al supuesto impacto favorable sobre la erosión, algunos autores sostienen que el uso repetido del control químico, por períodos consecutivos, altera la estructura del suelo, con lo cual disminuye su capacidad de percolación.

iii) Flujo o fuga de genes

No se conocen con certeza los efectos que puede ejercer sobre el medio ambiente la liberación de OGM, ni tampoco el modo en que éstos pueden afectar a poblaciones ya establecidas, muchas de las cuales podrían llegar a adquirir características que nunca habrían llegado a poseer de manera natural. Por tanto, es imposible descartar que la liberación de OGM tenga impactos desastrosos sobre la densidad de dichas poblaciones, sobre su equilibrio con otras especies vegetales y sobre la fauna que sustentan. Tampoco se cuenta con modelos explicativos confiables que permitan tomar las medidas preventivas necesarias para controlar situaciones de esa índole.

En un simposio que tuvo lugar a comienzos de 1999 en los Estados Unidos, se analizaron los efectos ecológicos de la introducción de genes resistentes a pestes en ecosistemas manejados, y se llegó a la conclusión, entre otras, de que si bien la agricultura convencional encierra algún grado de riesgo ecológico y ambiental, el lanzamiento de una nueva generación de plantas transgénicas con resistencia múltiple a distintas plagas entraña problemas aún más graves. En efecto, estas plantas tienen una enorme superioridad frente a aquellas que resisten a una sola plaga, a las plantas mejoradas por medios convencionales y, desde luego, a las plantas silvestres relacionadas, todo lo cual podría acarrear consecuencias imprevisibles.

Por otra parte, el conocimiento actual no permite resolver todas las incógnitas que plantea el uso de las semillas transgénicas. Para avanzar en tal sentido, se requiere investigar más a fondo sobre la biología y la ecología de los cultivos transgénicos y de las especies silvestres relacionadas; la probabilidad de hibridación entre estas últimas y un transgénico y la posible ocurrencia del fenómeno conocido como introgresión transgénica; sobre la persistencia de las características genéticas transmitidas por una

hibridación de ese tipo, y por último, acerca de los posibles impactos de todos estos procesos sobre el medio ambiente

De acuerdo con algunas organizaciones científicas estadounidenses, hay una alta probabilidad de que se produzca efectivamente transferencia de genes a especies silvestres o emparentadas, con la consecuente alteración de los ecosistemas. En el mismo sentido marchan los resultados de una investigación realizada recientemente en la Universidad de Reading, del Reino Unido, conforme a la cual la colza genéticamente modificada podía polinizarse con especies silvestres emparentadas y dar lugar a gran número de híbridos portadores de los genes introducidos. Según se comprobó, algunos de estos híbridos resultaron fértiles, y traspasaron a su descendencia características de resistencia a los herbicidas. Las conclusiones de este y otros estudios llevaron al Comisionado de Salud europeo a afirmar, en octubre de 2003, que las amenazas contra la vida silvestre eran un argumento más que suficiente para detener el cultivo de transgénicos en el Reino Unido.

Por otra parte, en un informe emitido en 2002, la Agencia Europea del Medio Ambiente declaró que era inevitable que escapasen genes de los cultivos transgénicos y se transfirieran a otras plantas y a los cultivos orgánicos. A su vez, un grupo especial de científicos independientes, reunido el 10 de mayo de 2003 en Londres, concluyó que se había encontrado contaminación transgénica extendida en especies autóctonas de maíz en varias regiones remotas de México, y que en Canadá se había constatado que, de un total de 33 cepas de semillas comerciales, 32 estaban contaminadas.[13] Se comprobó, asimismo, que el polen permanece en el aire durante varias horas, por lo que no deberían convivir, bajo ninguna circunstancia, cultivos transgénicos y no transgénicos.

La transferencia de material genético desde los cultivos transgénicos a otras plantas puede ocurrir entre plantas sexualmente relacionadas entre sí o incluso entre especies no relacionadas, a través de lo que se conoce como flujo horizontal, por medio de propágulos, bacterias o virus. En las especies relacionadas sexualmente, la posibilidad de transferencia depende de si la planta es autógama o de polinización cruzada. Si es autógama, como sucede con la soja, hay una probabilidad de sólo 0,5% a 1% de polinización abierta, lo que implica que si bien las posibilidades de que una planta de soja transgénica transfiera genes a una convencional son escasas, no son nulas. Sin embargo, si ello ocurre, es muy probable que la característica de resistencia al glifosato se traspase a otras plantas, ya que se trata de una característica dominante. La situación es completamente diferente en el caso de la colza, pues aquí

[13] Panel Científico Independiente sobre Modificación Genética, Informe final. Biodiversidad de América Latina, *www.biodiversidadla.org*.

el flujo de genes es inmediato y se produce en una sola generación. En el caso del maíz, el flujo de genes de una variedad transgénica a una no transgénica es una posibilidad cierta, por ser el maíz de polinización cruzada o abierta, e igual cosa sucede con las plantas relacionadas, entre ellas el teocinte, considerado el antecesor del maíz.

El problema que puede presentarse con ello es que, una vez liberados al medio, los cultivos transgénicos sembrados en gran escala formen híbridos, por medio de la polinización, con plantas no transgénicas de la misma especie y con especies relacionadas. En la primera generación, la mitad de las semillas resultantes de esos cruzamientos serán portadoras de las características de la planta transgénica; por otra parte, si tales híbridos siguen reproduciéndose, al cabo de un tiempo habrá poblaciones silvestres no deseadas. Es posible que sólo algunos genes provenientes de plantas transgénicas sean retenidos por las plantas sexualmente afines, pero la siembra repetida de cultivos transgénicos implica una afluencia continua de genes y el traspaso de éstos a las poblaciones silvestres.

Si los genes transferidos permiten codificar proteínas que otorguen a las plantas afines una ventaja especial sobre las restantes, aquellas tenderán a predominar, con lo cual terminarán por desplazar a la larga a plantas con las que normalmente están en equilibrio, con consecuencias otra vez impredecibles.

En suma, el impacto del flujo de genes dependerá de los siguientes factores: el grado de cruzamiento entre el cultivo transgénico y las especies silvestres emparentadas que estén presentes en la zona; la posibilidad de engendrar una descendencia fértil; la retención de caracteres de los cultivos transgénicos en la población base; la viabilidad del polen y su radio de difusión; la presencia de insectos polinizadores; el predominio de condiciones ambientales propicias; y la coincidencia temporal entre la producción de polen de la planta transgénica y la apertura de las flores femeninas de la planta silvestre emparentada.

iv) Creación de supermalezas y superplagas

Las supermalezas, o malezas resistentes a los herbicidas, pueden surgir de dos formas. Primero, por medio del flujo de genes desde el rubro transgénico hacia malezas sexualmente afines, las cuales adquirirán así las características de resistencia en cuestión. Si los transgénicos son cultivados en forma sostenida y, por ende, hay un flujo constante de genes, esa característica se fijará de manera estable en las malezas, haciendo cada vez más difícil su control. También es posible, en las mismas circunstancias, que las malezas sobrevivientes desarrollen de manera autónoma resistencia al herbicida. Sea cual fuere la vía, en ambos casos las malezas resultantes podrán invadir espacios en los que

no habrían podido penetrar en condiciones normales, alterando así en forma imprevisible el medio ambiente y los ecosistemas. De todas formas, en tales casos es necesario aplicar a los cultivos dosis de glifosato más altas que las prescritas.

En varios países se han encontrado malezas, y en número bastante apreciable, que han desarrollado resistencia a los herbicidas actualmente en uso, entre ellos el glifosato. Por ejemplo, en una investigación hecha en 1996 en la Universidad de São Paulo, se identificaron 144 especies de malezas que habían adquirido resistencia a los herbicidas. El INTA estudió en 2000 la resistencia al glifosato de dos malezas comúnmente presentes en los cultivos de soja de Argentina, la *Parieteria debilis* y la *Commelina erecta*, y comprobó que se necesitaba una dosis doble y hasta triple de glifosato para controlarlas. Por otra parte, la compañía Monsanto informó en octubre de 2000 que sus investigadores habían descubierto en Malasia un biotipo, la *Eleusine indica*, en extremo resistente al glifosato, y otro biotipo de iguales propiedades, el *Lolium rigidum*, en Australia y los Estados Unidos, cuyo mecanismo de resistencia es aún desconocido.

En el caso de los transgénicos resistentes al ataque de insectos, su cultivo sostenido da lugar a un efecto hasta cierto punto paradójico, a saber, la aparición de resistencia en los mismos insectos que se pretende controlar. A diferencia del control convencional, en que el insecticida se aplica en determinadas épocas, el insecticida vinculado a los rubros transgénicos se incorpora en todos los tejidos de la planta y durante toda su vida. Los insectos empiezan a manifestar resistencia en un plazo relativamente corto, de dos a tres años, motivo por el cual ha sido necesario incorporar procedimientos adicionales de control, no contemplados originalmente, como las ya mencionadas áreas de refugio.

Usualmente, la aparición de nuevas resistencias obliga a emprender nuevas estrategias de control de plagas, problema que la industria biotecnológica soluciona mediante el simple expediente de diseñar otras variedades transgénicas, que llevan codificadas proteínas aún más tóxicas que las anteriores.

v) La biodiversidad: centros de origen y especies endémicas

• La singularidad de la región

De acuerdo con algunas estimaciones, 70% de la biodiversidad del planeta se localiza en unos 15 países de América y el Caribe, África, Asia y Oceanía. La singularidad de la región en este plano radica en su riqueza de recursos naturales y en la importancia de los servicios ambientales que

presta. En ella está presente la totalidad de los diferentes tipos de biomasa que existen en el mundo, con excepción de las tundras, las taigas y otras modalidades propias de zonas de frío extremo. Con 8,6% de la población mundial, en la región se concentra 49% de los bosques tropicales del planeta, 27% de los bosques de todo tipo, y 7% de las ecorregiones más ricas en especies. Además, alberga cuatro de los centros y subcentros mundiales de origen de plantas cultivadas, y 44% de la superficie de bosques húmedos latifoliados tropicales, donde se concentra la mayor diversidad de especies. Es, en suma, la región de mayor diversidad biológica del mundo. Seis países, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela, están considerados como megadiversos (véase el cuadro VIII.19). Con todo, la importancia de la región no radica sólo en el número de especies en general, sino en el número de especies endémicas, es decir, que pertenecen sólo a un hábitat determinado y no se han propagado a otras zonas a causa de barreras naturales, geográficas, climáticas o de comportamiento. La existencia de endemismos en la región, o sea, de especies que se encuentran únicamente en este lugar del mundo y en ningún otro, entraña una gran responsabilidad: se trata, en efecto, de un tesoro que es preciso cuidar celosamente, puesto que su desaparición significaría simplemente su extinción de la faz del planeta.

Por otra parte, de estas especies endémicas pueden obtenerse productos de gran valor, lo que da a la región ventajas frente a otras, pero también la hace vulnerable si no cuenta con mecanismos de bioseguridad que garanticen que los beneficios asociados a su diversidad biológica se distribuyan en ella. Los ecosistemas naturales constituyen una rica fuente de recursos y productos para la población local, tanto para el consumo propio como para su comercialización en los mercados locales. Sin embargo, el hecho de que los precios que obtienen sean por lo general muy bajos, favorece el desencadenamiento de un intenso proceso de sobreexplotación de los recursos. En este como en muchos otros casos, los precios de mercado no reflejan los servicios ambientales ni la importancia de las especies.

Sin embargo, lejos de aprovechar esa enorme riqueza biológica, en la región se ha permitido su explotación, cada vez más intensiva, por un número reducido de empresas multinacionales, las cuales, por medio de modificaciones genéticas, han desarrollado a partir de ella distintos productos aplicables a la agricultura y la salud.

Cuadro VIII.19
AMÉRICA LATINA: BIODIVERSIDAD EN LOS PAÍSES MEGADIVERSOS
(Número de especies)

Especies	Total mundial	Brasil		Venezuela		Colombia		Ecuador		Perú		México	
		Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas
Vertebrados:													
Mamíferos	4 629	524	131	288	11	456	28	271	21	344	46	450	140
Aves	9 040	1 622	191	360	45	1 815	142	1 559	37	1 703	298	1 050	125
Reptiles	6 458	468	172	293	57	520	97	374	114	298	98	717	368
Anfibios	4 222	517	294	204	76	583	367	402	138	241	89	284	169
Total (sin peces)	23 349	3 131	788	2 145	189	3 374	634	2 606	310	2 586	342	2 501	802
Plantas superiores:													
Total (miles)	248,429	50 a 56	16,5 a 18,5	15 a 21	5 a 8	45 a 51	15 a 17	17,6 a 21	4 a 5	18 a 20	5,3	18 a 30	10 a 15
Porcentaje del total mundial			6,7 a 7,4		2 a 3,2		6 a 6,8		1,6 a 2		2,1		4 a 6

Fuente: Russell Mittermeier y Cristina Goettsch, *Megadiversidad*, México, D.F., Cementos Mexicanos (CEMEX), 1997.

El eje principal de la conservación de la biodiversidad in situ son las áreas naturales protegidas. Prácticamente en todos los países de la región se cuenta con regímenes de esta índole. Según estimaciones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 6,6% del territorio de América Latina y el Caribe cae dentro de

la categoría de protección estricta. Si se considera únicamente la superficie forestal, hay en la región 97 millones de hectáreas boscosas sometidas a este régimen, lo que equivale a 10.3% de la superficie forestal arbolada del mundo amparada por algún mecanismo de protección.

v) Los consumidores: impactos en la demanda

Tal como se señaló anteriormente, la biotecnología agrícola ha destinado el grueso de sus esfuerzos a facilitar las labores del agricultor, esto es, ha procurado hasta ahora hacer más eficiente la oferta, desatendiendo en cierto modo la demanda, es decir, las necesidades del consumidor. Pese a ello, gran parte de la polémica en torno a los transgénicos ha girado alrededor de la demanda en los mercados compradores. En efecto, han sido las organizaciones de consumidores de los países desarrollados, donde tienen su sede las empresas biotecnológicas, las que con mayor vigor han expresado su inquietud por la seguridad alimentaria, los riesgos para la salud humana y los impactos sobre la biodiversidad asociados a los transgénicos, sin haber recibido suficiente atención por parte de las empresas.[14] Una proporción muy alta de los consumidores desean saber si los alimentos que consumen contienen o no productos transgénicos. En Europa, por ejemplo, el público se pregunta por sus eventuales beneficios, porque, aparte de ser potencialmente peligrosos, no difieren en nada de los convencionales en cuanto a poder nutritivo, sabor y precio. Parecida actitud ha comenzado a manifestarse últimamente entre los consumidores estadounidenses.

El problema de fondo es que los alimentos que contienen transgénicos no pueden distinguirse, exteriormente, de los convencionales. A diferencia del productor, el consumidor no está informado sobre el contenido de los alimentos. Esto da lugar a una situación de asimetría de información, que no puede solucionarse del todo con los mecanismos de mercado, aunque sí por medio de otras herramientas que permiten corregir la asimetría de la información, tales como el etiquetado, la fijación de estándares mínimos para los productos o el establecimiento de regulaciones específicas para algunos de ellos.

Es interesante destacar que la oferta ya está respondiendo, de manera más o menos activa, a las expectativas de la demanda. Por ejemplo, distintas cadenas de supermercados de Europa han creado líneas de productos no transgénicos, para que el consumidor pueda elegir entre una y otra variedad.[15] Hasta el presente, los costos que conlleva esta diferenciación han sido asumidos por los consumidores que prefieren bienes no transgénicos y los agricultores convencionales,

[14] Las organizaciones de consumidores expresan también su preocupación por la ubicación futura de estos cultivos.

pero últimamente se ha argumentado que esa carga debería recaer sobre los promotores de la biotecnología.

En definitiva, el impacto que tendrán estas prácticas sobre el mercado dependerá del modo en que respondan los consumidores a la oferta y, asimismo, de la magnitud, hoy relativamente pequeña, que adquiera el mercado de alimentos no transgénicos.

En la misma línea, las agroindustrias y las procesadoras de alimentos también han evidenciado una tendencia a responder a la demanda; de hecho, algunos agentes han comenzado ya a ofrecer primas por las variedades convencionales, e incluso ciertas empresas han indicado que no aceptarán productos transgénicos.[16]

Si bien en la mayoría de los países de América Latina la demanda interna no ha provocado cambios de este tipo en la oferta, la presencia de los transgénicos no ha dejado de suscitar polémica, centrada esta vez principalmente en los derechos de propiedad, el material genético, la protección de la biodiversidad, así como en los riesgos asociados al flujo de genes en los centros de origen.[17] Sin embargo, sería importante que en la región se tomase en cuenta también el parecer de los consumidores.

El recrudecimiento de la polémica en torno a la aceptación de los transgénicos ha tenido lugar principalmente en Europa, y no cabe duda de que las exigencias de los consumidores podrían tener fuerte impacto en los mercados. Ello no sólo podría acentuar la tendencia a la baja de precio de los productos básicos en el mercado mundial, sino también afectar el potencial exportador de países como Argentina, que vende en el exterior la mayor parte de su producción de transgénicos.

En suma, la reacción de los consumidores de los países desarrollados ha introducido alguna incertidumbre en lo que se refiere al futuro de los mercados de transgénicos. De hecho, se ejercen fuertes presiones en distintos países por imponer la rotulación obligatoria, que en opinión de diversos especialistas sería una herramienta óptima para

---

[15] Tal es el caso de las cadenas de supermercados Delhainze, de Bélgica; Carrefour, de Francia; Superquinn, de Irlanda; Co-op y Effelunga, de Italia; Icelandic, TESCO y Sainsbury, del Reino Unido, y Migros, de Suiza.

[16] Por ejemplo, en junio de 1999, la compañía de alimentos Northern Foods, del Reino Unido, decidió no utilizar productos transgénicos, tal como lo habían hecho ya Walkers Crisps, Kellogg's, Unilever, Nestlé y Cadbury-Schweppes. En 2000, las empresas McDonald's, Frito-Lay y Burger King dejaron de utilizar papas transgénicas.

[17] Mientras las empresas privadas ostenten los derechos de propiedad sobre las semillas transgénicas, siempre podrán extraer rentas monopólicas a través de las cuotas tecnológicas, lo cual no dejará de perjudicar a los países más pobres. La polémica sobre el material genético engloba también todo lo concerniente a la protección de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el conocimiento tradicional de las comunidades indígenas y locales.

dar transparencia al mercado, pues el etiquetado, al permitir la elección entre uno y otro tipo de producto, contribuiría a eliminar las asimetrías de información y normalizaría el funcionamiento de los mercados.

Sin embargo, para que el etiquetado infundiera confianza entre los consumidores, sería de todos modos necesario segregar los mercados, es decir, crear mercados diferentes para los bienes agrícolas transgénicos y los convencionales . Esto implicaría nuevos costos para los agricultores, que deberían acomodar sus instalaciones para separar sus líneas de productos.[18]

Por otra parte, es muy probable que ello no sea suficiente y se requiera introducir otras medidas, como los mecanismos de preservación de la identidad, que permiten certificar, por ejemplo, que ningún componente transgénico ha intervenido en la elaboración de un determinado bien final. Al aplicarse al conjunto de la cadena productiva, la preservación de la identidad va más allá de la segregación de los mercados, pues supone conocer el origen y el método de producción del bien, así como los materiales que contiene, desde el comienzo mismo del proceso. Ambos sistemas forman parte de las estrategias de oferta que permiten responder a las exigencias del consumidor.

Aun cuando el etiquetado se aplica, por lo general, en la etapa de venta al por menor o en la etapa final del producto, sus efectos se hacen sentir desde el inicio mismo de la cadena productiva. La segregación de los productos básicos comienza en la etapa de producción y distribución de las semillas, y continúa en la fase del trabajo agrícola, donde las tareas propias del cultivo y del acopio deben mantenerse separadas entre sí. Por último, la separación debe conservarse a lo largo de todo el proceso de transporte que lleva el producto hacia su destino final.

Si bien no se posee suficiente información acerca de los costos adicionales que acarrea a los comercializadores de granos el proceso de segregación, puede estimarse que en Europa, durante la temporada 1999/2000, equivalió, en el caso del maíz con alto contenido de aceites, a 8,7 dólares por tonelada o 12% del precio, y a 7,1 dólares por tonelada o 4% del precio en el caso de la soja con alto contenido de aceites.

Por otra parte, se ha estimado que la instalación de un sistema de preservación de la identidad —que engloba, entre otros, el costo de las pruebas, del transporte y el almacenamiento— obligaría a la industria procesadora a erogaciones de entre 5 y 25 euros por tonelada, dependiendo del tipo de grano, el umbral de tolerancia y las

[18] En Canadá y los Estados Unidos, algunas empresas comercializadoras y procesadoras de granos han comenzado a poner en práctica esta segregación, con el fin de abastecer la demanda diferenciada externa e interna.

características de la preservación de la identidad, monto que representa entre 6% y 7% del precio al productor.

El umbral de tolerancia se refiere a los requisitos de pureza con que debe cumplir el producto, es decir, la cantidad máxima de transgénicos que puede contener para que sea autorizada su comercialización. Mientras más bajo el umbral, más altos serán los costos de preservación de la identidad. Por ejemplo, a la harina de soja proteica le corresponde un umbral de tolerancia de 0%, lo cual puede incrementar su precio hasta 50% por sobre el precio de la variedad transgénica. En cambio, un grado de tolerancia de 1% aumenta los costos en alrededor de 15% por sobre el precio de mercado. Por otra parte, cuando el componente transgénico constituye sólo una pequeña porción del producto final, el impacto sobre el precio es relativamente reducido: en el caso del chocolate, por ejemplo, el costo adicional por uso de soja no transgénica representa 0,5% del precio final.

Es muy probable que conforme se desarrolle la producción de alimentos transgénicos, aumentará la importancia de los sistemas de segregación y de preservación de la identidad. Esto podría traer consigo cambios considerables en la producción, la comercialización y la estructura de precios de los principales productos básicos agrícolas. Por ello, es probable también que los agricultores latinoamericanos y caribeños que producen para la exportación encuentren menores incentivos para adoptar la tecnología transgénica, pues la puesta en práctica de los procedimientos de segregación en los mercados externos habrá de elevar, sin duda, los gastos en que incurren. Sin embargo, su respuesta dependerá del grado de reducción de los costos ocasionado por la misma adopción de estas técnicas y, asimismo, del precio final de mercado.

7. La situación en algunos países de América Latina y Caribe

a) Argentina

Argentina es el segundo productor mundial de soja transgénica, cultivo que ha experimentado un crecimiento exponencial gracias, entre otras cosas, a las técnicas de labranza mínima o de siembra directa. En Argentina se reemplazó, en un lapso de apenas siete años, la soja convencional por la variedad transgénica, que en la actualidad ocupa casi la totalidad de la superficie sembrada de soja del país. Ya se han dado las razones de ello: primero, el hecho de que esta variedad implique menores costos para el productor, debido a la posibilidad de recurrir a la siembra

directa en suelos que no requieren preparación, y debido, asimismo, a que el control de malezas puede efectuarse con glifosato, que aparte de ser más barato que los herbicidas convencionales, exige menor número de aplicaciones. Todo ello tiene como consecuencia un menor uso de maquinarias y equipos y la eliminación de las labores de preparación del suelo. Por otra parte, la semilla transgénica tiene en Argentina un precio similar al de las variedades convencionales, porque la compañía Monsanto no ha obtenido aún la patente correspondiente y ha cobrado en el ínterin precios relativamente bajos por la semilla y el glifosato, a fin de asegurar su rápida expansión en el país. A lo anterior debe agregarse la circunstancia de que los productores de maíz argentinos están entre los más dinámicos del país, se muestran proclives a modernizar la producción y están situados principalmente en la región más rica de la pampa.

Otras variedades transgénicas que han registrado también un crecimiento notable son el maíz Bt, el maíz tolerante al glufosinato de amonio, y el algodón resistente a insectos.

La incorporación de soja, primero convencional y luego transgénica, cambió la estructura productiva del agro argentino, especialmente en la región pampeana, al pasar de un patrón de consumo moderado de insumos y de rendimientos medios a uno caracterizado por el uso intensivo de capital, maquinaria, agroquímicos y ciclos agrícolas. El principal centro de producción de soja transgénica se localiza en el corazón de la pampa ondulada, que posee óptimas condiciones ambientales y estructurales para ese propósito.

i) Superficie cultivada y consumo de agroquímicos

En Argentina, la superficie plantada de soja, mayoritariamente transgénica, aumentó de 5 millones a 11,6 millones de hectáreas entre la temporada 1991/1992 y la 2001/2002. Como resultado de ello, se modificó también el patrón de consumo de agroquímicos: hacia el comienzo del período, se utilizaban casi 100 productos y fórmulas comerciales diferentes, que contenían más de 30 moléculas sintéticas como principios activos; en la actualidad, ese caudal se ha reducido a un solo herbicida, el glifosato. Las ventas de agroquímicos alcanzaron su punto más alto en 1997, cuando totalizaron 924,7 millones de dólares, para bajar después paulatinamente, hasta llegar a 603 millones de dólares en 2001, es decir, 63% de la cifra anterior. Cabe anotar que el valor registrado en 2001 no difiere mayormente de los 626,1 millones de dólares que se vendían en 1995, cuando recién empezaba a introducirse la soja transgénica.

Los herbicidas tienen una participación destacada en las ventas totales de agroquímicos (59,4% en 2001). Sobresale entre ellos el glifosato, cuyas ventas han subido en forma constante en los últimos años: en

1997 sumaban 60 millones de dólares, y en 2001 habían llegado a 241,7 millones, con lo que pasaron a representar 84,6% del valor de todos los agroquímicos aplicados ese año a la soja. En términos de volumen, el consumo de glifosato aumentó de 1 millón de litros en 1997 a 92,3 millones en 2001. El número de aplicaciones pasó de dos a ocho litros por hectárea en el período, lo que significa que la descarga al medio ambiente de esta sustancia sintética se multiplicó por cuatro, lo cual no deja de plantear serias dudas acerca de las virtudes conservacionistas de tal práctica.[19]

ii) Rendimientos

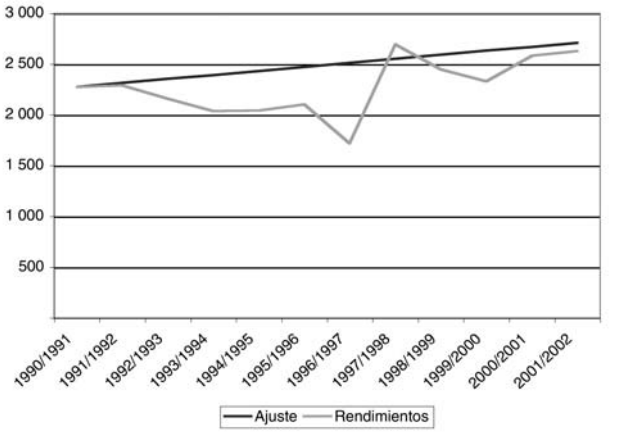
Aunque el rendimiento de la soja estuvo marcado por fuertes fluctuaciones, mostró en definitiva una leve tendencia al alza en el período. El mejor resultado correspondió a la temporada 1997/1998; después cayó durante tres temporadas consecutivas, para recuperarse en la campaña 2001/2002, en que prevalecieron excelentes condiciones climáticas, aunque sin alcanzar los valores del ciclo 1997/1998.

Según estimaciones del INTA, en tales resultados incidieron sobre todo las condiciones climáticas _en especial el grado de humedad del suelo_, las características de los rubros que precedieron a la soja, y la mayor o menor rotación de los cultivos. Debe recordarse, por otra parte, que la variedad transgénica se obtiene a partir de la selección de las variedades convencionales de mejor rendimiento.

En los gráficos VIII.4 y VIII.5, así como en el cuadro VIII.20, se da cuenta de diversos aspectos de la producción, la superficie y los rendimientos de la soja en Argentina entre 1990 y 2002. Como puede verse en el gráfico VIII.4, la línea de ajuste de los rendimientos tendió a ascender lentamente a lo largo del período.

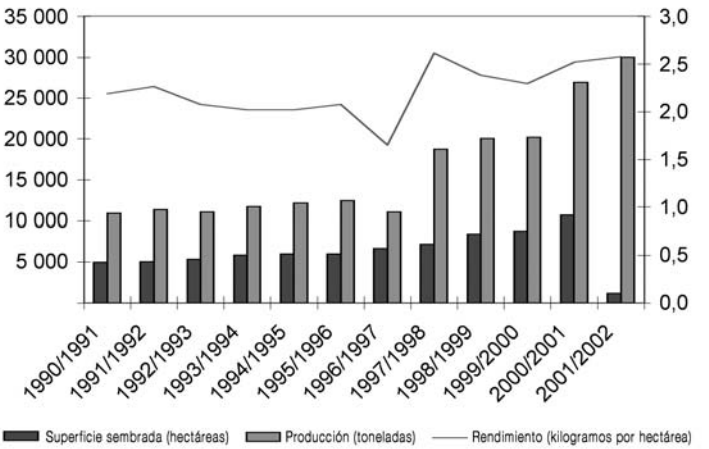
Gráfico VIII.4
ARGENTINA: RENDIMIENTO DE LA SOJA, 1990-2002
(Kilogramos por hectárea)

[19] Conviene indicar que la reducción de costos debida a la utilización de glifosato obedece no sólo a que permite reemplazar herbicidas más caros, sino también a que puede importarse de China a un precio muy inferior al de la empresa Monsanto. En noviembre de 2001, la sucursal argentina de esta compañía interpuso ante la Secretaría de Industria, Comercio y Minería una denuncia relativa al presunto dumping en que incurría el glifosato proveniente de China. De probarse la denuncia, derivaría en la aplicación de los derechos antidumping estipulados en 1994 por el GATT.



Fuente: Elab Agricultura, Ganadería, I

Gráfico VIII.5
ARGENTINA: SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE LA SOJA, 1990-2002
(Hectáreas, toneladas y kilogramos por hectárea)



Fuente:

Cuadro VIII.20
ARGENTINA: SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE LA SOJA, 1990-2002
(Hectáreas, toneladas y kilogramos por hectárea)

Campaña	Superficie sembrada (hectáreas)	Superficie cosechada (hectáreas)	Producción (toneladas)	Rendimiento (kilogramos por hectárea)
1990 / 1991	4 966 600	4 774 500	10 862 000	2 275
1991 / 1992	5 004 000	4 935 710	11 310 000	2 291
1992 / 1993	5 319 660	5 116 235	11 045 400	2 158
1993 / 1994	5 817 490	5 748 910	11 719 900	2 038,6
1994 / 1995	6 011 240	5 934 160	12 133 000	2 044,6
1995 / 1996	6 002 155	5 913 415	12 448 200	2 105
1996 / 1997	6 669 500	6 393 780	11 004 890	1 721,2
1997 / 1998	7 176 250	6 954 120	18 732 172	2 693,7
1998 / 1999	8 400 000	8 180 000	20 000 000	2 445
1999 / 2000	8 790 500	8 637 503	20 135 800	2 331,2
2000 / 2001	10 665 160	10 400 778	26 882 912	2 584,7
2001 / 2002	11 639 240	11 405 247	30 000 000	2 630,4

Fuente: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), Buenos Aires.

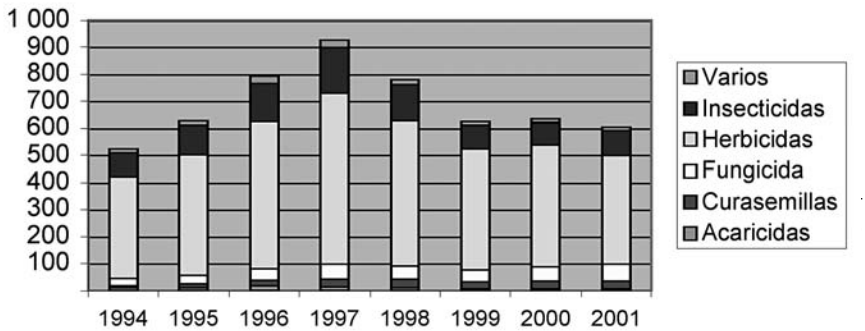
iii) Evolución de los costos de producción

En los últimos 20 años, los costos directos del cultivo de soja experimentaron ciertas fluctuaciones, en algunos casos bastante marcadas, aunque en definitiva exhibieron una tendencia descendente (véanse los gráficos VIII.6 y VIII.7 y los cuadros VIII.21 y VIII.22). Los gastos por hectárea de los tres componentes del costo aquí analizados, vale decir, mano de obra, semillas y agroquímicos, aumentaron hasta la temporada 1997/1998, y luego acusaron importantes reducciones. La baja más notoria se verificó en mano de obra, ya que el gasto correspondiente al ciclo 2001/2002 fue 20% inferior al de la temporada 1997/1998. En esta última, como se ha dicho, se dejaron sentir ya los efectos de la irrupción de la soja transgénica, lo cual estuvo acompañado de una elevación de los gastos en herbicidas y semillas.

La baja de los gastos en mano de obra estuvo determinada por los factores ya mencionados, a saber, la introducción de la soja transgénica, la explotación en gran escala y la aplicación del control químico y las prácticas de labranza cero, los cuales tienden en conjunto al ahorro de trabajo.

Gráfico VIII.6

ARGENTINA: CONSUMO DE AGROQUÍMICOS, 1994-2000
(Millones de dólares)



Cuadro VIII.21
ARGENTINA: CONSUMO DE AGROQUÍMICOS, 1994-2002
(Millones de dólares)[a]

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Acaricidas	8,7	9,6	15	12,5	9,9	7,2	6,6	5,2
Curasemillas	7,4	13,2	21,4	30,3	31,3	25	27	28,2
Fungicidas	30	31,4	43,3	53	49,6	42,7	52,5	63,7
Herbicidas	375	448,1	545,5	634,7	535,5	448,1	451,4	400,1
Insecticidas	87,6	105,9	139,1	166,5	133,5	86,2	84,7	94,4
Varios	12,8	17,9	27,4	27,7	16,8	14,1	12,1	11,4
TOTAL	521,5	626,1	791,7	924,7	776,6	623,4	634,2	603

Fuente: Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes (CASAFE).

[a]Precio neto al contado al distribuidor, sin impuesto sobre el valor agregado (IVA).

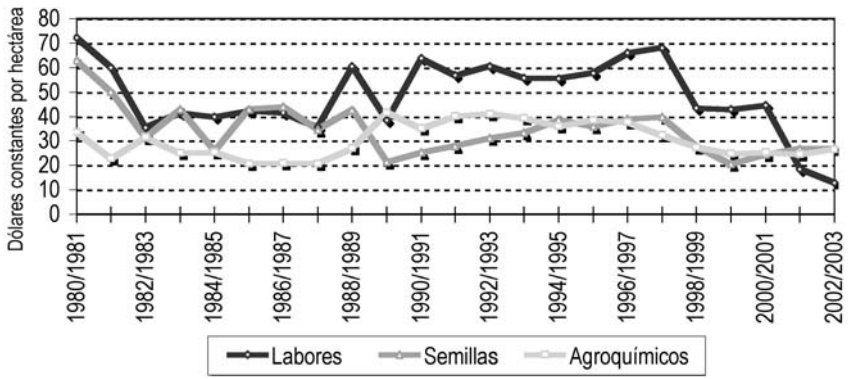
Cuadro VIII.22
ARGENTINA: GASTOS DIRECTOS DEL CULTIVO DE SOJA, 1989-2003
(Dólares por kilogramo por hectárea)

Temporada	Labores	Semillas	Agroquímicos	Total
1989/1990	38,47	21,37	41,62	101,46

1990/1991	63,74	25,28	35,07	123,82
1991/1992	56,73	27,90	40,00	124,63
1992/1993	60,56	31,21	41,02	132,79
1993/1994	55,72	33,45	39,22	128,39
1994/1995	55,49	38,69	35,96	130,14
1995/1996	57,69	35,85	38,57	132,11
1996/1997	65,95	38,95	37,54	142,44
1997/1998	68,03	39,73	32,27	140,03
1998/1999	43,35	27,83	27,44	98,62
1999/2000	42,86	20,57	24,81	88,24
2000/2001	44,53	24,47	25,26	94,26
2001/2002	18,46	26,86	24,46	69,78
2002/2003	12,89	26,95	26,51	66,35

Fuente: Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA), Buenos Aires.

Gráfico VIII.7
ARGENTINA: COSTOS DIRECTOS EN LABORES, SEMILLAS Y AGROQUÍMICOS EN EL CULTIVO DE SOJA, 1980-2003
(Dólares constantes por hectárea)



mejora por tanto su fertilidad. Cuando se cultivan rubros anuales carentes de esta propiedad, el empobrecimiento resultante de los suelos puede contrarrestarse mediante la rotación con leguminosas como alfalfa o trébol, que sirven de alimento para el ganado. De esa manera, merced a la

actividad fijadora de los microorganismos y las excretas de los animales, se reintegra el nitrógeno perdido y se agregan materias orgánicas al suelo. Con todo, el efecto de la soja es más breve y más pobre que el de estos dos rubros, pues en su caso no hay pastoreo y, por ende, no se incorpora materia orgánica. Por ello, el cultivo sostenido de soja puede agravar los problemas de compactación y erosión de la tierra.

b) Brasil

i) Situación actual

Desde 1998, la producción y la comercialización de productos transgénicos son objeto de intenso debate en Brasil. Ese año, los sectores favorables a su introducción obtuvieron un triunfo parcial, cuando el *Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento* aprobó la liberación comercial de la soja transgénica RR. Sin embargo, la medida no se puso en efecto, pues los tribunales de justicia acogieron una demanda de moratoria en tal sentido y dictaminaron que, mientras no se hiciesen los respectivos EIA, no podían cultivarse variedades transgénicas con propósitos comerciales, dictamen que en la práctica equivalió a una prohibición.[20]

No obstante, es sabido que grandes cantidades de semillas transgénicas de soja han entrado de contrabando desde Argentina y Paraguay en los estados del sur de Brasil, especialmente en Rio Grande do Sul. Vendidas a bajo precio, las semillas fueron incorporadas por un número considerable de agricultores de ese estado, de modo que en la actualidad, según estimaciones extraoficiales, hay en él unas 3 millones de hectáreas plantadas con esta variedad.

Ante esa situación, y bajo un intenso cabildeo de la industria de transgénicos, el 26 de septiembre de 2003 el Gobierno de Brasil autorizó, a través de una medida provisoria, la siembra de soja transgénica durante la temporada 2003/2004, y determinó al mismo tiempo que las semillas transgénicas que no hubiesen sido sembradas o comercializadas hasta el 31 de diciembre de 2004 debían ser incineradas. La medida establece también que los agricultores pueden guardar y resembrar las semillas provenientes de cultivos ilegales anteriores. Éste es un cambio importante en el escenario brasileño, pues con ello se ha reconocido la situación de facto que impera en los estados del sur.

Por otra parte, en virtud de la misma medida provisoria, se imponen sanciones a los agricultores cuyos cultivos transgénicos causen daños al medio ambiente, en especial contaminación por desarrollo de

[20] Actualmente se discute en el Senado Federal un proyecto de ley tendiente a establecer una moratoria a este respecto.

híbridos. Asimismo, se les prohíbe vender semillas transgénicas en estados distintos a aquellos en que fueron producidas, con lo cual las siembras quedan circunscritas, en la práctica, al estado de Rio Grande do Sul. Para poder comercializar la semilla propia obtenida por medios ilegales, los agricultores deben suscribir un documento, llamado términos de ajuste de conducta.[21] Aquellos que no lo firmaren y causaren además algún daño al medio ambiente o a terceros por contaminación genética, estarán obligados a repararlo. Además, se prohíbe el cultivo de soja transgénica en las áreas de conservación y protección ambiental y en las tierras indígenas.

A raíz de la intensa polémica suscitada por la medida provisoria, el gobierno emitió un decreto que establecía la obligación de etiquetar todos aquellos productos de consumo humano y animal que contuviesen más de 1% de ingredientes transgénicos, porcentaje que podía ser reducido en el futuro por la CTNBio. La obligación se extiende a los productos embalados o empaquetados, a aquellos vendidos a granel o al natural, y a los alimentos e ingredientes producidos a partir de animales alimentados con raciones que hubiesen contenido transgénicos. Asimismo, se establece que el recipiente contenedor ha de exhibir una leyenda que indique que el producto es transgénico, contiene elementos transgénicos o es elaborado a partir de éstos, a fin de alertar debidamente al consumidor, autorizándose el colocar el rótulo de "libre de transgénicos" a aquellos alimentos e ingredientes que no los contengan. No obstante, se exime de estas disposiciones a los alimentos que hayan sido producidos con soja transgénica cosechada en la temporada 2003/2004.

Las normas relativas al uso de técnicas de ingeniería genética y a la liberación al medio ambiente de OGM están fijadas por la Ley 8.974, del 5 de enero de 1995, en virtud de la cual se creó la ya mencionada CTNBio, organismo adscrito a la Presidencia de la República, al cual corresponde analizar, desde un punto de vista científico y técnico, los peligros que encierran los OGM para la salud humana y el medio ambiente.

Por otra parte, la EMBRAPA ha realizado inversiones de cierta envergadura en investigación biotecnológica, cuidando que sus productos transgénicos no resulten nocivos para el medio ambiente. Paralelamente, el personal que trabaja en los diversos centros de la EMBRAPA está capacitado para analizar estos productos desde el punto de vista de la seguridad alimentaria y ambiental, gracias a lo cual la institución se ha constituido en una eficaz herramienta de apoyo de la CTNBio.

---

[21] La suscripción del documento es, por otra parte, condición para el acceso al financiamiento otorgado por las instituciones oficiales de crédito.

En el cuadro VIII.23 se describe parte del intenso trabajo de investigación biotecnológica desarrollado por la EMBRAPA entre 1995 y 2000, período en que se autorizaron 812 liberaciones a campo, 90% de las cuales correspondieron a maíz. Las características más importantes de los productos liberados fueron la resistencia a insectos y la tolerancia al glifosato (véase el cuadro VIII.24). En cuanto a las empresas que solicitaron y obtuvieron autorización para las liberaciones, las compañías Monsanto, Cargill y Braskalb, filial brasileña de DeKalb, reunieron 70% del total (véase el cuadro VIII.25).

Cuadro VIII.23
BRASIL: LIBERACIONES AUTORIZADAS DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS, 1995-2000

Rubro	Número de liberaciones
Maíz	715
Soja	46
Algodón	32
Caña de azúcar	11
Papa	2
Arroz	2
Eucalipto	2
Tabaco	2
Total	812

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de antecedentes de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), Brasilia.

Cuadro VIII.24
BRASIL: LIBERACIONES SEGÚN CARACTERÍSTICA INTRODUCIDA, 1995-2000
(Porcentajes)

Característica	Porcentajes

Resistencia a insectos	40,8
Resistencia a glifosato	32,2
Resistencia a glufosinato de amonio	23,9
Resistencia a otros herbicidas	2,2
Resistencia a diversas enfermedades	0,6
Otras	0,2

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de antecedentes de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), Brasilia.

Cuadro VIII.25
BRASIL: DISTRIBUCIÓN POR EMPRESAS DE SOLICITUDES DE LIBERACIÓN, 1995-2000
(Porcentajes)

Empresa	Liberaciones solicitadas (%)
Monsanto	35,1
Cargill	24,7
BrasKalb	10,7
Sementes Agroceres	8,4
Novartis	6,5
Pioneer Hi-Bred	5,4
Hoescht/Aventis	3,1
Otras	2,3
EMBRAPA[a]	2,1
Cyanamid	1,1
Ciba-Geigy	0,6
Total	100

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de antecedentes de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio), Brasilia.

[a] EMBRABA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

Conviene recordar que Brasil, donde existen alrededor de 55.000 especies nativas de plantas, es considerado el país de mayor diversidad biológica del planeta. Por otra parte, es importante destacar que las comunidades indígenas y los pequeños agricultores brasileños han contribuido de manera muy significativa a la conservación de esa diversidad, así como a la domesticación y desarrollo de razas y variedades

locales de plantas y animales útiles para el ser humano. Hay un gran número de especies nativas de uso potencial en la agricultura, entre ellas muchas especies frutales, forrajeras, medicinales y ornamentales. En la Amazonía, por ejemplo, se han encontrado unas 800 especies nativas susceptibles de explotación económica.

ii) La producción de soja

Brasil es el principal productor de soja de América Latina y el segundo productor mundial después de los Estados Unidos. En los últimos años, la producción y las exportaciones de esta oleaginosa han mostrado gran dinamismo: en efecto, entre 1987 y 2003, la producción creció de 18 millones a 51 millones de toneladas, y las exportaciones, de 2,7 millones a 20,5 millones de toneladas.

A la vez, el rendimiento obtenido en Brasil en los últimos 16 años no sólo ha sido superior al de los Estados Unidos, sino que se ha incrementado a tasas más altas: entre 1987 y 2003, el rendimiento de la soja en Brasil aumentó, en conjunto, 153%, contra 124% en los Estados Unidos. Ello fue particularmente notorio en el estado de Mato Grosso.

La mayor parte de la soja cultivada corresponde a variedades convencionales desarrolladas por la EMBRAPA, aunque entre 10% y 20% de la superficie total de soja está plantada con variedades transgénicas, cuyas semillas, como se dijo más arriba, entraron de contrabando desde Argentina y Paraguay, principalmente al estado de Rio Grande do Sul.

Según se estima, hay cerca de 15,6 millones de hectáreas sembradas de soja, distribuidas principalmente en los estados de Mato Grosso, Paraná, Río Grande do Sul y Bahía. La producción total subió de 39,1 millones de toneladas en 2001 a 41,8 millones en 2002, a impulso sobre todo de la demanda interna de granos para la alimentación de aves y cerdos, cuya carne se destina en su mayor parte al mercado externo. También han aumentado, e incluso a tasas superiores, las exportaciones de soja, con un salto de 24% en términos de valor entre 2000 y 2001, hasta totalizar 2.700 millones de dólares este último año.

En el cuadro VIII.26 se resumen algunos indicadores de la producción y las exportaciones de soja. Como puede apreciarse en él, el producto se incrementó casi 100% entre 1994 y 2002 —8,3 millones y 16 millones de toneladas respectivamente—, pese a la declinación que ha experimentado el precio internacional de la oleaginosa de 1997 en adelante.

Cuadro VIII.26
BRASIL: INDICADORES DE LA PRODUCCIÓN DE SOJA, 1994-2002

Años	Volumen (miles de toneladas)	Precio (dólares por tonelada)	Valor (millones de dólares)
1994			
Granos	5 367	245	1 316
Torta	10 618	186	1 980
Aceites	1 517	546	828
Total			4 124
1995			770
Granos	3 493	220	1 997
Torta	11 563	173	1 031
Aceites	1 730	596	3 798
Total			
1996			
Granos	3 647	279	1 018
Torta	11 226	243	2 727
Aceites	1332	535	713
Total			4 458
1997			
Granos	8 340	294	2 452
Torta	10 013	268	2 681
Aceites	1 124	530	596
Total			5 729
1998			
Granos	9 288	234	2 175
Torta	10 447	167	1 749
Aceites	1 359	609	828
Total			4 752
1999			
Granos	8 917	179	1 593
Torta	10 431	144	1 504
Aceites	1 522	441	671
Total			3 768
2000			
Granos	11 517	190	2 188
Torta	9 364	176	1 648
Aceites	1 073	335	359
Total			4 195
2001			
Granos	15 676	174	2 726
Torta	11 271	183	2 065

Años	Volumen (miles de toneladas)	Precio (dólares por tonelada)	Valor (millones de dólares)
Aceites	1 625	306	506
Total			5 297
2002			
Granos	16 000	185	2 960
Torta	11 900	170	2 023
Aceites	1 800	380	684
Total			5 667

Fuente: U.S. Meat Export Federation (USMEF), *Soybean Production* in Brazil, 2003.

iii) Rendimientos

Tal como se dijo, los rendimientos han aumentando consistentemente en Brasil en los últimos 16 años, con un incremento de 153% entre 1987 y 2003. Ello es atribuible en buena medida a la incorporación de nuevas variedades convencionales desarrolladas por la EMBRAPA, lo que ha permitido extender las siembras al estado de Mato Grosso y a la Región del Cerrado, donde se han aprovechado nuevas tierras.

Cabe destacar que el rendimiento de la soja en Brasil es superior no sólo al de los Estados Unidos, sino también al de Argentina. Ello, unido a los bajos costos de producción, le otorga al país una posición competitiva sumamente favorable en los mercados externos.

c) Otros países de la región

En la región se presenta un panorama bastante heterogéneo en materia de transgénicos, en el sentido de que tienen una gravitación considerable sólo en dos países, Argentina y Paraguay, mientras que apenas si se cultivan en los países restantes. En varios de estos últimos ni siquiera se ha aprobado su introducción o venta, y se está aún en la etapa de determinar si conviene o no hacerlo. También se observa una gran diversidad en cuanto a las regulaciones pertinentes. En el cuadro VIII.27 se resume la posición oficial adoptada por los gobiernos o las instituciones estatales competentes a este respecto, y se enumeran los transgénicos liberados así como los recursos genéticos más importantes con que cuenta cada país.

8. Competitividad internacional de la soja transgénica y la soja convencional: los casos de Argentina y Brasil

Como se ha dicho, la superficie cultivada con soja transgénica y la producción correspondiente aumentaron con extrema rapidez en Argentina, gracias al hecho de que las semillas no estaban protegidas por patentes y, asimismo, a la aplicación del modelo de siembra directa y control químico basado en el glifosato. Por ser ahorrador de mano de obra y de costos en general, y por la escala en que ha sido introducido, el nuevo paquete tecnológico ha redundado en una disminución del número de unidades productivas, una notoria caída de la demanda de trabajo, y la consecuente migración de amplios contingentes de trabajadores agrícolas. En Brasil, primer productor de soja de América Latina y segundo en el ámbito mundial, se ha cultivado principalmente soja convencional. En los últimos años, como se indicó también, el rendimiento ha crecido a tasas sumamente elevadas y se han incorporado nuevas áreas a la producción. Conviene examinar, entonces, cuáles han sido las consecuencias del proceso vivido en Argentina y Brasil desde el punto de vista de la competitividad internacional, tomando en consideración además el papel de otro gran competidor mundial, los Estados Unidos.

Cuadro VIII.27
AMÉRICA LATINA (PAÍSES SELECCIONADOS):
SITUACIÓN DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS

País	Posición oficial y normativa vigente	Cultivos liberados	Recursos genéticos	Superficie con transgénicos
Bolivia	Convenio sobre la Diversidad Biológica. Estrategia nacional de seguridad en biotecnología y reglamento respectivo	Soja, algodón, papa	Gran cantidad en selvas y bosques bajo manejo de pequeños productores	…
Chile	Servicio Agrícola y Ganadero (SAG): Comité Asesor y Secretaría Técnica en materia de Introducción Deliberada en el Medio Ambiente de Organismos Vivos Modificados. El SAG autorizó el consumo de maíz transgénico para alimentación pecuaria	Especies de 23 formas raciales de maíz, 4 especies silvestres de colza, 1 especie endémica de tomate, 165 variedades de papa, 11 especies silvestres de tabaco	Especies nativas de papas, tomate, tabaco y colza	120 hectáreas bajo cuarentena para producción de semillas transgénicas de maíz, colza, soja, tomate, tabaco, eucalipto, remolacha, zapallo, girasol, melón y papa
Colombia	El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) está encargado de introducir, producir, liberar y comercializar los organismos genéticamente modificados	Algodón, arroz, yuca, café y caña de azúcar	Entre 40.000 y 50.000 especies de flores silvestres	Clavel azul en invernadero

País	Posición oficial y normativa vigente	Cultivos liberados	Recursos genéticos	Superficie con transgénicos
Ecuador	El Grupo Nacional de Trabajo sobre Biodiversidad elabora un proyecto de ley sobre biodiversidad, el borrador de un reglamento de acceso a los recursos genéticos y los lineamientos para una estrategia nacional de biodiversidad		De 20.000 a 25.000 especies de plantas vasculares, con endemismo estimado de 20%. Hay 5.500 especies endémicas. En Galápagos existen 604 especies y subespecies de plantas vasculares nativas, de las cuales 226 son endémicas. Materiales silvestres de papa, fríjol, tomate, frutas tropicales y subtropicales. Los bosques naturales del país contienen también parientes silvestres de especies como el aguacate y la papaya. Los tomates silvestres de Ecuador se han utilizado para mejorar el contenido de vitamina C, elaborar sólidos solubles y ampliar el rango de cultivo de algunas variedades domesticadas. El Lycopersicon cheesmani, endémico de las Galápagos, tolera alta salinidad del suelo y sequía y sus genes facilitan la cosecha mecánica de variedades comerciales. Hay una amplia diversidad de especies medicinales, que se emplean para tratar dolencias y enfermedades.	…
Paraguay	Una resolución del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) prohibió utilizar con fines comerciales material u organismos genéticamente modificados en la campaña 2000/2001 Convenio sobre la Diversidad Biológica. Comisión Nacional Paraguaya de Bioseguridad. Autorizada la experimentación con soja RR	Soja RR, 1 hectárea	13.000 especies de plantas nativas	…

País	Posición oficial y normativa vigente	Cultivos liberados	Recursos genéticos	Superficie con transgénicos
Perú	Ley 27.104 de Prevención de Riesgos	Papa	El número total de especies vegetales nativas se estima en 25.000; de las cuales se utilizan no menos de 3.140. Entre éstas, 1.005 se emplean para diversos fines: 682 en alimentación; 1.044 con fines medicinales; 444 como recursos madereros; 86 como forrajeras, y otras para usos tales como abono, aceites, productos agroforestales, flores ornamentales. Algunas de las especies originarias son de importancia económica mundial: papa, maíz, tomate y fríjol	…
Venezuela	Ley de Diversidad Biológica del 24 de mayo de 2000. El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICYT) vela por el cumplimento de las normas de seguridad del Código de Bioética en proyectos de investigación que utilicen técnicas de ingeniería genética	Papaya	Centro de origen de especies como papaya, tomate, cacao, piña, yuca, aguacate, algodón y guayaba	…

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de la investigación.

Como puede advertirse en el cuadro VIII.28, relativo a la participación de estos tres países en el complejo mundial de la soja en su conjunto, la posición competitiva de Argentina mejoró entre 1995 y 2000, al pasar de una participación de 14,5% a una de 21,7%. Pese a ello, no pudo alcanzar a Brasil, cuya participación en el mercado mundial osciló, de 1995 en adelante, en torno a 23,5%. A su vez, la participación de los Estados Unidos bajó de 41,3% a 37,3 % en el mismo período. Estos resultados son atribuibles a cambios en los principales mercados de destino y en el comportamiento de los diversos productos del complejo sojero. Entre 1995 y 2000, la participación de Argentina en el mercado mundial de soja en grano experimentó una pequeña mejora, al subir de 7,3% a 8,5%, lo que de todos modos representa un retroceso con respecto a 1990, año en que retenía 15,4% del mercado, mientras la de Brasil se incrementaba más de dos veces, pues de 10,5% en 1995 ascendió a 24% en 2000. Sin embargo, en lo que respecta al aceite de soja, la evolución fue claramente favorable

a Argentina, cuya participación mundial subió de 23,8% a 37,9%, en tanto que la de Brasil caía de 26,6% a 14,4% (véase el cuadro VIII.29).

En estos cambios incidieron, entre otros factores, las restricciones aplicadas a la comercialización de soja transgénica en grano en China, Japón, la República de Corea y la UE, así como la moratoria impuesta en China, a fines de 2002, a las importaciones de transgénicos.[22]

También es importante considerar en qué medida gravitan los mercados internos y externos en los resultados de cada país. En efecto, el mercado externo es determinante en el caso de Argentina, y el complejo sojero está articulado enteramente en función de ese destino. En Brasil, en cambio, lo decisivo es el mercado interno, debido a la demanda de la industria de alimentos concentrados para aves y cerdos y a la demanda de aceite para consumo humano. En la temporada 2002/2003, por ejemplo, se produjeron en Brasil 4,5 millones de toneladas de aceite, 72% de las cuales se destinaron al mercado interno y el 28% restante (1,26 millones de toneladas) al externo.

Cuadro VIII.28
ARGENTINA, BRASIL Y LOS ESTADOS UNIDOS: PARTICIPACIÓN DEL COMPLEJO DE LA SOJA EN EL MERCADO MUNDIAL, 1995-2000
(Miles de dólares y porcentajes)

Años	Argentina (miles de dólares)	Brasil (miles de dólares)	Estados Unidos (miles de dólares)	Mundo (miles de dólares)	Participación de Argentina (%)	Participación de Brasil (%)	Participación de los Estados Unidos (%)
1995	2 501 202	3 823 558	7 098 634	17 208 779	14,5	22,2	41,3
1996	3 473 004	4 462 137	9 200 181	21 192 846	16,4	21,1	43,4
1997	3 232 735	5 729 993	9 928 374	24 077 005	13,4	23,8	41,2
1998	3 868 778	4 754 627	7 385 331	20 688 805	18,7	23,0	35,7
1999	3 564 409	3 784 358	6 065 467	17 051 613	20,9	22,2	35,6
2000	3 889 388	4 199 529	6 682 104	17 892 479	21,7	23,5	37,3

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

[22] Sin embargo, no se dispone aún de datos que permitan calcular con precisión el efecto de esta última medida.

Cuadro VIII.29
ARGENTINA, BRASIL Y LOS ESTADOS UNIDOS: PARTICIPACIÓN DEL COMPLEJO DE LA SOJA EN LOS MERCADOS INTERNACIONALES, 1995-2000
(Porcentajes)

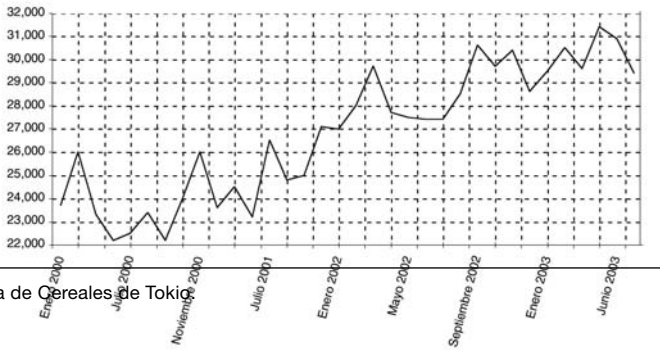
	Argentina (%)	Brasil (%)	Estados Unidos (%)
Mercados internacionales	14,5-21,7 ▲	22,2-23,5 ▲	41,3-37,3 ▼
Unión Europea			
Granos	12,4-2,8 ▼	41-18,2 ▲	59,6-43,6 ▼
Aceites	0-0,1 ▲	0-0,4 ▲	0,1-0,1 ▶
Tortas	25,5-41,4 ▲	—	—
China			
Granos	31,4-26,8 ▼	2,9-20,5 ▲	51,7-51,7 ▶
Aceites	6,3-43,9 ▲	53,7-23,3 ▼	34,6-20,7 ▼
Tortas	30,1-62,9 ▲	40,6-17,7 ▼	6,2-14,4 ▲
República de Corea			
Granos	—	3,6-6,5 ▲	96,4-88,8 ▼
Aceites	21,4-27,2 ▲	38,1-4,1 ▼	39,7-67,6 ▲
Tortas	11,8-17,2 ▲	38,4-32,4 ▼	0,1-3,4 ▲
Japón			
Granos	0,1-0,3 ▲	6,9-14 ▲	83,8-73 ▼
Aceites	—	—	30,5-39,9 ▲
Tortas	9,5-0,8 ▼	11,3-21,6 ▲	34,6-35,5 ▲
Mundo			
Granos	7,3-8,5 ▲	10,5-24,0 ▲	73,9-57,9 ▼
Aceites	23,8-37,9 ▲	26,6-14,4 ▼	17,4-10 ▼
Tortas	17,3-34,4 ▲	33,8-26,2 ▼	16,7-18,4 ▼

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
Nota: ▲= sube en el período; ▼= baja; ▶ = permanece igual.

También influyen de manera importante los precios vigentes en los mercados de destino. Desde el 18 de mayo de 2000, en respuesta a las exigencias de los consumidores japoneses, la Bolsa de Cereales de Tokio registra información sobre los mercados de futuros de los productos no transgénicos. Tal como se puede ver en los gráficos VIII.8 y VIII.9, la soja convencional obtiene mejores precios que la soja transgénica proveniente de los Estados Unidos. Cabe destacar que esa diferencia de precio se da a pesar del carácter levemente deficitario del mercado mundial correspondiente. Por otra parte, es muy probable que esa diferencia se

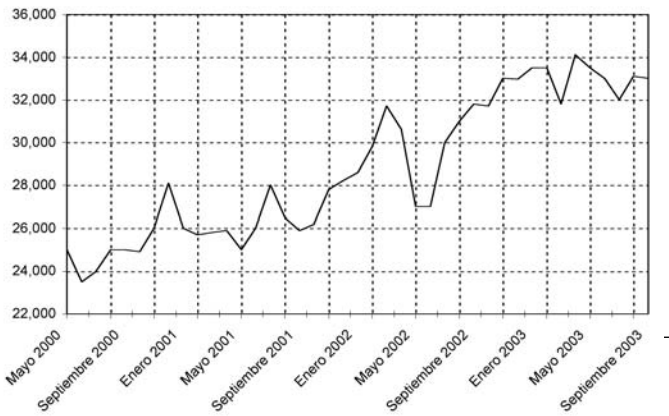
haga aún mayor en lo venidero, conforme aumenta la oferta mundial de transgénicos y subsiste el recelo de los consumidores frente a estos bienes.

Gráfico VIII.8
BOLSA DE CEREALES DE TOKIO: PRECIOS DE LA SOJA ESTADOUNIDENSE REGISTRADOS EN LOS MERCADOS DE FUTUROS, 2000-2003
(Yenes por tonelada)



Fuente: Bolsa de Cereales de Tokio.

Gráfico VIII.9
BOLSA DE CEREALES DE TOKIO: PRECIOS DE LA SOJA CONVENCIONAL REGISTRADOS EN LOS MERCADOS DE FUTUROS, 2000-2003
(Yenes por tonelada)



Fuente: Bol

9. Consideraciones finales

En rigor, pese a ser una expresión de uso corriente, no es del todo correcto llamar organismos genéticamente modificados a los productos de las modernas biotecnologías, pues los seres humanos comenzaron a inducir modificaciones genéticas en las plantas desde que pasaron de nómadas a sedentarios y seleccionaron las primeras semillas. El descubrimiento, a fines de los años cincuenta, de una técnica que permitía inhibir la enzima responsable del crecimiento del tallo de algunas gramíneas, dio origen a la explosión tecnológica conocida como revolución verde. Con ella el ser humano pudo intervenir directamente, por primera vez, en los procesos bioquímicos de las plantas, para obtener variedades de mejores características y mayor resistencia. No obstante, los recientes avances en materia de recombinación genética han abierto una etapa aún más rica en potencialidades. Los seres humanos han comenzado a saltar algunas de las barreras naturales impuestas por la evolución a lo largo de millones de años, y ahora pueden producir nuevos seres vivos mediante los procedimientos de la ingeniería genética. Gracias a ello, hoy es posible producir, casi a voluntad, plantas dotadas de determinadas características deseables.

La aparición de los transgénicos despertó grandes expectativas: elevación de la productividad, reducción de pérdidas por plagas, insectos y enfermedades, ahorro en insecticidas, todo lo cual habría de traducirse en un aumento de los ingresos del agricultor. Los nuevos métodos prometían crear variedades que reducirían el uso de agroquímicos o lo harían incluso innecesario, con el consiguiente efecto benéfico sobre la conservación del medio ambiente. Con una población mundial en rápido crecimiento y una crisis de suministro alimentario en las regiones más pobres del planeta, ahora sería posible producir mayor cantidad de alimentos, con un uso menos intensivo de tierras y aguas y menores daños sobre el medio ambiente.

Desafortunadamente, a poco tiempo de introducidos, muchas de las esperanzas depositadas en los transgénicos se han desvanecido. Por una parte, no está claro que permitan obtener mayores rendimientos a menor costo. Los estudios no arrojan conclusiones categóricas en ningún sentido. Hasta donde se sabe, los resultados dependen de un cúmulo de factores, como las condiciones ambientales y agroecológicas de las zonas de cultivo y el grado de infestación de plagas imperante. En algunos casos se ha logrado reducir los costos y aumentar los ingresos, pero también ha ocurrido lo contrario.

Un efecto no previsto es la diferencia de precio que se ha establecido entre los productos transgénicos, los convencionales y los orgánicos como consecuencia de la reacción de los consumidores, primero en Europa y luego en otros países desarrollados. Los mercados han empezado

a diferenciarse, pues los consumidores se muestran cada vez más interesados en conocer con precisión el origen de sus alimentos y están dispuestos a pagar una prima por productos que estimen inocuos. Una de las consecuencias de esta actitud ha sido el retiro del mercado del maíz transgénico LL, utilizado hasta entonces por cadenas de comida rápida y otros negocios del ramo.

La fijación de reglas sobre etiquetado también ha redundado en una diferenciación de precio entre los productos transgénicos y los convencionales u orgánicos. Sin embargo, todavía es necesario ampliar y perfeccionar estos mecanismos, hasta instaurar sistemas de preservación de la identidad que den cuenta del origen de los bienes a lo largo de toda la cadena productiva. Ello obligará a incurrir en mayores gastos.

En apenas siete años, la superficie dedicada a cultivos transgénicos se expandió a una tasa sin precedentes, hasta constituir hoy más de 52 millones de hectáreas. Argentina, Canadá y los Estados Unidos concentran la mayor parte de ese total. Los rubros más importantes son la soja tolerante a herbicidas y el maíz resistente a insectos, seguidos del algodón, que en los últimos años ha perdido terreno, y la colza. En Argentina, segundo productor mundial de rubros transgénicos, se cultiva casi exclusivamente soja transgénica tolerante al glifosato. En México, con una superficie no desdeñable destinada a algodón y maíz transgénicos, se da una problemática particular, por ser el lugar de origen del maíz y el depósito más rico de diversidad genética de especies silvestres de maíz, uno de los alimentos más importantes del mundo, todo lo cual podría perderse por una posible fuga de genes desde las plantas transgénicas hacia las especies nativas.

En Brasil, a pesar de haberse adoptado inicialmente una actitud más cautelosa, acaban de emitirse disposiciones que autorizan a los productores a reutilizar, en determinadas condiciones, las semillas transgénicas producidas por ellos mismos. También se ha establecido la responsabilidad por daños ecológicos a terceros y la obligación de repararlos. La EMBRAPA ha desarrollado un intenso programa de investigaciones al respecto, y negocia con la compañía Monsanto la producción de algunas semillas transgénicas aptas para las condiciones del país.

En Chile y Costa Rica se prohíbe la producción de transgénicos y su comercialización interna, pero se ha autorizado la producción de semillas transgénicas para la exportación. En la mayoría de los países restantes de la región se han tomado medidas para controlar o prohibir el desarrollo de cultivos transgénicos.

Lo paradójico del caso es que la producción de transgénicos descansa en la posibilidad de identificar nuevos genes portadores de determinadas características deseadas, y éstos se encuentran en especies aún poco conocidas. Por ello, es crucial que en la región que posee la mayor diversidad biológica del planeta se reúna el mayor acervo de conocimiento posible en torno a su flora y fauna y al modo de resguardarlas, objetivo del que se está aún muy distante.

Por otra parte, el vertiginoso desarrollo que ha experimentado en los últimos años el conocimiento en biotecnología molecular, ha abierto la posibilidad de controlar segmentos decisivos del mercado de semillas y agroquímicos. A diferencia de lo ocurrido en la revolución verde, en que la tecnología era un bien público generado por dependencias estatales, la dinámica innovadora está hoy cada vez más centrada en el sector privado y, más concretamente aún, en un reducido grupo de grandes corporaciones transnacionales.

Los avances hoy en curso permiten por primera vez levantar barreras que impiden a los agricultores el acceso a las semillas, ya no sólo por la vía de los precios, sino también por medio de procedimientos artificiales que imposibilitan la resiembra y obligan a los agricultores a comprar semillas todos los años, circunstancia que podría ocasionar graves perjuicios a la actividad productiva.

Hasta el momento, las compañías transnacionales se han concentrado en la producción de semillas de maíz y soja, dejando de lado el trigo, simplemente porque con las primeras pueden obtener híbridos estériles o variedades que pierden rápidamente sus características, haciendo imposible la resiembra y excluyendo de ese modo a terceros de los beneficios de la innovación, cosa que no han podido hacer, por lo menos hasta ahora, con el trigo.

La producción de transgénicos conlleva otras amenazas. En primer lugar, en los países que son centros de origen y de biodiversidad, no se ha aquilatado aún en toda su magnitud el peligro que se cierne sobre ellos, en parte porque no se dispone de los recursos financieros necesarios para evaluar las consecuencias de la incorporación de los cultivos transgénicos en su territorio y controlar su expansión. Se sabe, por ejemplo, que hay un intenso tráfico ilegal de semillas transgénicas de soja de Argentina a Paraguay y de allí a Brasil. Es perfectamente posible que en México ocurra algo parecido con el maíz, y otro tanto con la papa en los países andinos. Además de la falta de recursos y capacidades, no existen todavía, ni siquiera en los países desarrollados, modelos fiables de predicción de efectos. A este respecto, queda aún mucho por hacer.

También debe figurar en esta recapitulación el posible impacto de los transgénicos sobre la competitividad internacional de los países. La competitividad ganada inicialmente por Argentina con la soja y luego con el maíz, está hoy en entredicho por el bajo precio de los productos básicos en los mercados internacionales. Es imposible saber cuán pasajero o persistente podrá ser este efecto, pero parece claro que las organizaciones de consumidores, en especial de los países desarrollados, tendrán cada vez mayor incidencia, aunque sea indirecta, en la competitividad de los países exportadores, a causa del deseo creciente de estar informados acerca del origen de sus alimentos.

Otras dos grandes fuentes de inquietud son la cuestión de la propiedad intelectual y la de la regulación. La defensa a ultranza del principio de propiedad intelectual podría acarrear varios problemas de difícil solución. Por ejemplo, podría llegarse a una situación en que las semillas de todos los rubros comerciales fuesen producidas por unas pocas compañías transnacionales, y que todas esas semillas estuviesen protegidas por patentes u otros derechos. ¿Que sucedería, en tal caso, con la producción campesina de subsistencia? El hecho de que la proporción de pobres y la intensidad de la pobreza sean mayores en el medio rural, torna aún más dramática la situación. ¿Cómo podrían comprar de año en año las semillas que necesitan para sobrevivir?

Un segundo aspecto, no menos importante, es que los genes portadores de características deseadas para la producción de plantas transgénicas provienen de otras plantas, muchas de las cuales constituyen un patrimonio de los países de la región y un acervo de sus comunidades indígenas y campesinas, las cuales las han cuidado o desarrollado a lo largo de sucesivas generaciones. Si se obtienen derechos de propiedad intelectual sobre las variedades transgénicas, ¿qué sucederá con las variedades que permitieron obtenerlas y con los pueblos que las cuidaron?

En cuanto a la regulación, cabe hacer al menos dos comentarios. En un contexto en que las instituciones públicas están cada vez más debilitadas, las posibilidades de realizar, controlar y supervisar los ensayos en terreno para estudiar el efecto de los transgénicos sobre el medio ambiente, los recursos naturales y la biodiversidad, son mínimas. Si se considera el hecho ya varias veces mencionado de que la región posee la mayor biodiversidad del planeta, queda claro que se está en presencia de un asunto de crucial importancia. Asimismo, las escalas de capital y de producción requeridas para generar nuevas variedades ponen a los países de la región frente a una disyuntiva: o bien dejan que unas pocas empresas transnacionales controlen por sí solas este proceso en el ámbito mundial, o bien procuran fortalecer su institucionalidad y explorar soluciones asociativas para realizar investigaciones en conjunto.

Un ejemplo interesante en tal sentido es el de la EMBRAPA, que está negociando con la empresa Monsanto la producción de nuevas variedades de sojas transgénicas a partir del banco de germoplasma que la propia EMBRAPA ha acumulado merced a años de investigación y trabajo.

Sería una paradoja que la región que posee los cimientos para la creación de productos que seguramente habrán de dominar el escenario mundial en pocos años más, se vea obligada a comprarlos ya elaborados, sin recibir nada a cambio del trabajo de haberlos cuidado, y sin tener idea de las consecuencias que puede deparar la incorporación de elementos extraños en su territorio.

También revisten importancia otros dos problemas: primero, el relativo a los acuerdos vinculados a la regulación internacional de la producción y comercialización de transgénicos y a la protección del medio ambiente. Hasta ahora, por ejemplo, las autoridades estadounidenses se han negado a firmar e Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, que forma parte del Convenio sobre Diversidad Biológica, encaminado a salvaguardar la salud del ambiente y proteger los derechos de quienes han permitido preservar la biodiversidad. El segundo problema dice relación con la seguridad alimentaria del planeta. La homogeneización extrema de la producción de alimentos a escala mundial, con cultivos transgénicos que podrían desembocar en la aparición de nuevas razas de insectos y malezas resistentes a todo tipo de biocidas, abre un inquietante signo de interrogación sobre el futuro de la humanidad.

En suma, las nuevas tecnologías suscitan grandes incertidumbres por sus posibles efectos sobre la salud humana, el medio ambiente y los pequeños agricultores.

Los problemas con respecto a la salud humana residen, por ejemplo, en la introducción de genes codificadores de proteínas tóxicas o alergénicas, la creación de resistencia a los antibióticos y de cepas de virus de efectos potencialmente peligrosos, y en el impacto de los agroquímicos asociados a los transgénicos.

En cuanto al medio ambiente, el problema es de particular pertinencia para la región. Aparte de su dependencia con respecto a los cinco conglomerados multinacionales que se están apropiando de la riqueza biológica de todo el mundo, está el peligro de la pérdida de biodiversidad y de especies endémicas a causa de la fuga de genes, pérdida que se torna irreversible una vez que el OGM liberado al medio ha provocado ya su efecto destructor. Se sabe ya que ciertos híbridos producidos artificialmente han resultado fértiles con especies emparentadas, pero no se sabe aún qué cambios, quizá catastróficos, podría ello ocasionar en la dinámica de los ecosistemas. Esto es particularmente grave para los centros de origen

de los principales cultivos alimentarios del mundo, como son México y Centroamérica en lo referente al maíz y Chile y los países andinos en lo referente a la papa.

Por último, como las semillas transgénicas y los agroquímicos asociados son de mayor costo que los productos convencionales e implican una alta dependencia con respecto a las empresas productoras, no es de extrañar que su difusión vaya acompañada de la expulsión de la actividad de gran número de agricultores, en especial los más pequeños. Por otra parte, dado que su rentabilidad está en función de la apropiación exclusiva de los beneficios de las innovaciones, las empresas biotecnológicas diseñan todo tipo de mecanismos para asegurar ese fin, como la codificación de barreras biológicas o la imposición en todo el mundo, por medio del Acuerdo sobre los ADPIC, del régimen de patentes vigente en los Estados Unidos.

El modelo argentino de la soja transgénica no puede aplicarse en los restantes países de la región, porque en Argentina no rige patente alguna sobre la semilla de soja transgénica y el cultivo, por tanto, es de menor costo que el que tendría en otras naciones. Las empresas biotecnológicas no están dispuestas a que esta situación se repita, y así lo han hecho saber en el caso de Brasil. Este país, por lo demás, es el segundo productor mundial de soja, y ha logrado una posición altamente competitiva en el mercado mundial sobre la base de soja convencional. En el mercado mundial se registran diferencias de precio a favor de esta última variedad, tendencia que debería acentuarse a medida que se incremente la oferta.

Finalmente, los datos disponibles no permiten sustentar la tesis de que los cultivos transgénicos pueden combatir el hambre en el mundo de manera más eficaz y menos dañina que los convencionales, pues no tienen mejor rendimiento, suponen mayores costos y, lejos de solucionar, muchas veces agravan los problemas de contaminación.

Capítulo IX

Los derechos de propiedad intelectual de los OGM: situación y perspectivas para la región

César Morales

En el capítulo VIII, específicamente en la sección 5, se hizo referencia a una serie de aspectos que pueden servir de introducción a lo que se va a tratar en este capítulo. En efecto, se hablaba allí, entre otras cosas, del Acuerdo sobre los ADPIC y la vigencia de un nuevo marco regulador para la protección de los derechos de propiedad intelectual sobre las innovaciones biotecnológicas. Se hacía hincapié en las diferencias existentes entre la situación actual y la de los años sesenta y setenta, durante la llamada revolución verde, no sólo en lo que concierne al marco regulador imperante, sino también, en particular, al papel desempeñado por las instituciones estatales de investigación en el desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías agrícolas, consideradas en ese entonces como bienes públicos que era necesario diseminar con la mayor amplitud posible para aplacar el hambre mundial. Hoy, por el contrario, los hallazgos en el campo de la biotecnología provienen casi exclusivamente de cinco o seis grandes empresas transnacionales, y todos sus intentos apuntan a acentuar el carácter privado de sus productos, por medio de patentes y otras modalidades de protección que limitan el acceso a éstos sólo a quienes puedan pagar por el servicio. Fácil es imaginar las consecuencias que ello puede acarrear, y de hecho ya ha acarreado, sobre los agricultores más pobres.

También se aludió a las principales medidas adoptadas, especialmente en los Estados Unidos, en orden a poner en pie el nuevo marco regulador y ampliar su influencia a todo el ámbito mundial. Por último, se enumeraron los principales acuerdos internacionales relativos a los derechos de propiedad, entre los que destacan el Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial y el Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales.

Todo lo anterior define, grosso modo, el contexto dentro del cual se despliegan las secciones siguientes.

1. Solicitud y obtención de patentes

Puede decirse, en general, que la solicitud y la obtención de patentes operan en tres ámbitos: el nacional, el regional y el internacional. A cada uno de ellos corresponden instituciones y marcos reguladores específicos. En el primer nivel operan oficinas nacionales; en el segundo, oficinas regionales, ejemplo de lo cual es, en el caso de la UE, la Oficina Europea de Patentes (EPO), y, en el tercero, las oficinas dependientes del Tratado de Cooperación en materia de Patentes, cuya administración está en manos de la OMPI, tratado en virtud del cual pueden registrarse patentes que deben ser consideradas válidas en todos los países signatarios del convenio.

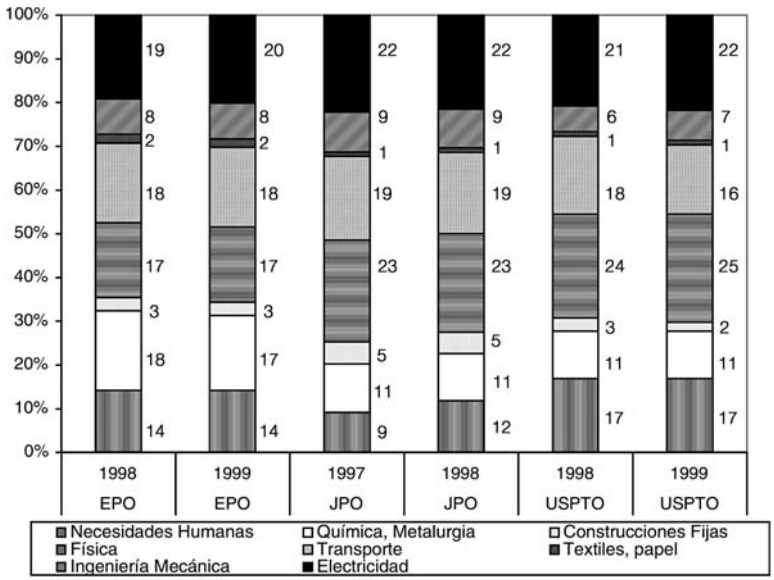
Ahora bien, el grado de cobertura de las patentes regionales o internacionales comunes puede estar sujeto también a la legislación propia de los distintos países, lo que significa, en definitiva, que el alcance de los derechos puede diferir en unos y otros. Ello dificulta hasta cierto punto la comparación de los datos. Los antecedentes utilizados en el presente capítulo proceden en su mayoría de la Oficina de Patentes de Japón (JPO), la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y la ya mencionada EPO, por ser las que mayor movimiento registran en cuanto a concesión de estos derechos.

Los agentes que solicitan y obtienen patentes suelen ser divididos en tres grupos: empresas, individuos y gobiernos, subdivididos a su vez en nacionales y extranjeros. En el caso de las empresas, la patente puede ser solicitada por la casa matriz o sus sucursales.

En los últimos años, la petición de patentes ha experimentado un verdadero salto en el plano mundial, pues de un total de 2,3 millones en 1994 se ascendió a uno de más de 8 millones en 2001. Algo parecido ocurre en planos más restringidos: por ejemplo, las solicitudes correspondientes al Tratado de Cooperación en materia de Patentes aumentaron de 1,1 millones a 5 millones en igual período. En cuanto a los campos de

investigación que más peticiones concentran, cabe indicar que 17% de las solicitudes presentadas en la USPTO entran en la categoría de "necesidades humanas", que engloba, entre otras partidas, alimentación, producción de alimentos y transgénicos.[1] En la EPO, en cambio, el mayor número de solicitudes está concentrado en los sectores de química y metalurgia (véase el gráfico IX.1).

Gráfico IX.1
JAPÓN, ESTADOS UNIDOS Y UNIÓN EUROPEA:
PRINCIPALES CAMPOS DE SOLICITUD DE PATENTES
(Porcentajes)

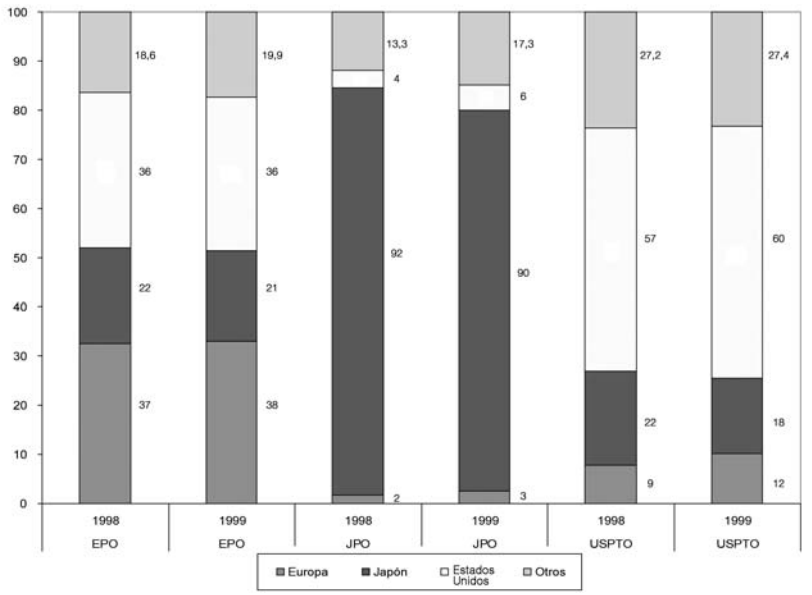


Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes de Japón (JPO), la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Una proporción cada vez más alta de las peticiones corresponde a productos vinculados a tecnologías avanzadas, es decir, computadoras, microorganismos e ingeniería genética, aviación, tecnologías de la comunicación, semiconductores y láser (véase el gráfico IX.2)

[1] Esta y otras categorías afines constan en la Clasificación Internacional de Productos y Servicios para el Registro de Marcas de la OMPI.

Gráfico IX.2
JAPÓN, ESTADOS UNIDOS Y UNIÓN EUROPEA: SOLICITUD DE PATENTES EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS SEGÚN AGENTES SOLICITANTES, 1998-1999
(Porcentajes)



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes de Japón (EPO), la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO) y la Oficina Europea de Patentes (EPO).

Como se advierte en el gráfico IX.2, el 90% de las solicitudes presentadas a la JPO proviene de agentes japoneses _instituciones de gobierno, universidades, empresas e individuos_ y el resto se reparte principalmente entre agentes europeos y estadounidenses, con una leve diferencia en favor de estos últimos. En la EPO, en cambio, las peticiones referidas a alta tecnología se distribuyen en forma más equilibrada entre agentes europeos, estadounidenses y japoneses. También se comprueba que la posición del grupo de "otros países", ya importante en 1998, mejoró en 1999.

2. Las patentes en los Estados Unidos

El número de patentes concedidas en este país se multiplicó más de dos veces entre 1980 y 2000. En el cuadro IX.1 y el gráfico IX.3 se presenta la cifra total desagregada por agentes, esto es, empresas, gobierno e

individuos, desagregados a su vez en estadounidenses y extranjeros. Cabe destacar el considerable aumento verificado en todas las categorías de 1996 en adelante. Ello obedeció, probablemente, a los cambios normativos puestos en vigor en 1980 y, asimismo, a los progresos exhibidos a partir de la década de 1990 por la actividad científica y tecnológica, especialmente en el campo de la informática y de las investigaciones sobre el genoma del ser humano y de otros seres vivos (animales y vegetales).

Es interesante observar que en el bienio 1999-2000, el número de patentes obtenidas en este país por agentes extranjeros aumentó de forma más rápida que el correspondiente a agentes nacionales. Entre estos últimos, los más activos fueron los individuos, seguidos por las empresas, mientras que el gobierno como tal registraba una participación mínima. Debe tenerse presente que algunas empresas que figuran como estadounidenses en la clasificación de la USPTO son, en realidad, filiales de casas matrices localizadas fuera de los Estados Unidos, y que un número importante de patentes obtenidas por individuos corresponde a científicos que trabajan en centros de investigación públicos e institutos universitarios especializados. Finalmente, el escaso número de patentes obtenidas por el gobierno como tal no da cuenta del verdadero aporte estatal en esta materia, pues la cifra alude sólo al gobierno central, esto es, no incluye a las instituciones estatales especializadas ni a las secretarías gubernamentales, algunas de las cuales financian total o parcialmente el trabajo de los establecimientos de investigación recién mencionados.

En cuanto a las empresas más activas en la obtención de patentes durante el período 1993-2000, el primer lugar recayó en la compañía International Business Machines (IBM), que desplazó a Canon y Toshiba. Si bien hubo desplazamientos durante el período entre las empresas que ocuparon los diez primeros lugares, éstas fueron casi siempre las mismas, independientemente de que se situaran a la cabeza o en los últimos puestos de esa decena privilegiada. Una excepción al respecto es la compañía Samsung, de la República de Corea, que logró ubicarse en el cuarto lugar a partir de 1999. Las otras nueve primeras empresas fueron, en su mayoría, japonesas o filiales de compañías japonesas, casi todas del área de la electrónica y la informática.

Los países que más patentes han obtenido en los Estados Unidos son, en este orden, Japón, Alemania, el Reino Unido, Francia y Canadá (véase el cuadro IX.1). Entre los países latinoamericanos, México ocupa el primer lugar, con 1.907 patentes (puesto 24), seguido de Brasil, con 1.263 (puesto 28); Argentina, con 904 (32), y Venezuela, con 557 patentes (36). Como se observa en el cuadro, hay un alto grado de concentración de las patentes en un reducido grupo de países o territorios: Japón, con 452.737, más que cuadruplica al Reino Unido, que registró 101.330 patentes, y

sobrepasa en casi 20 veces a la provincia china de Taiwán, la cual, a pesar de sus progresos, ocupa el décimo lugar de la lista, con un total acumulado hasta 2000 de 24.646 patentes.

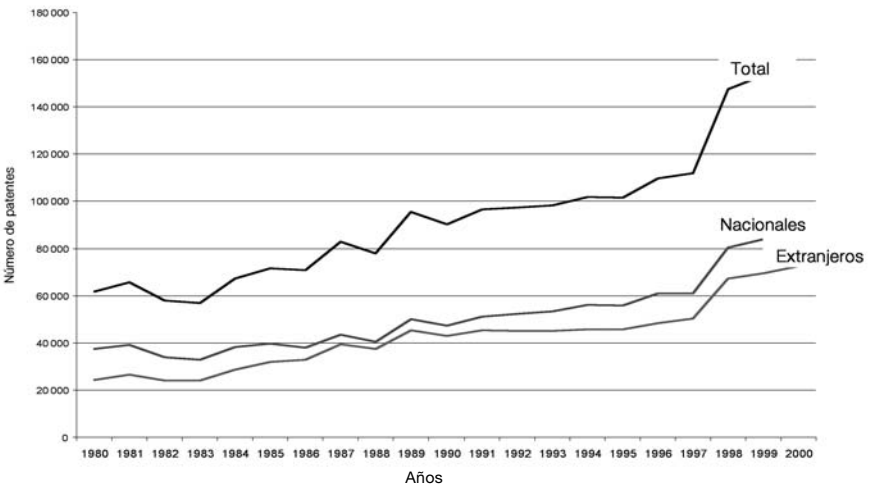
CUADRO IX.1
ESTADOS UNIDOS: PATENTES OBTENIDAS POR AGENTES ESTADOUNIDENSES Y AGENTES DE OTROS PAÍSES O TERRITORIOS HASTA 2001
PAÍSES O TERRITORIOS

Países o territorios	Lugar en la lista (2000)	1963 / 1986	1987	1990	1995	2000	2001	Total acumulado[a]
Total		1 559 118	82 952	90 364	101 419	154 497	166 045	3 247 464
Origen: Estados Unidos		1 047 922	43 520	47 390	55 739	85 072	87 610	1 957 610
Origen: Otros países		511 196	39 432	42 974	45 680	72 425	78 435	1 289 854
Japón	1	131 465	16 557	19 525	21 764	31 296	32 224	485 961
Alemania	2	122 423	7 884	7 614	6 600	10 324	11 261	242 590
Reino Unido	3	62 376	2 775	2 789	2 478	3 667	3 965	105 645
Francia	4	46 050	2 874	2 886	2 821	3 819	4 041	93 259
Canadá	5	26 102	1 594	1 859	2 104	3 419	3 606	60 896
Suiza	6	27 404	1 374	1 284	1 056	1 322	1 420	46 056
Italia	7	16 044	1 183	1 259	1 078	1 714	1 709	35 855
Provincia china de Taiwán	10	950	343	732	1 620	4 667	5 371	30 017
República de Corea	11	259	84	225	1 161	3 314	3 538	21 707
Israel	15	2 069	245	299	384	783	970	9 131
México	24	1 253	49	32	40	76	81	1 989
Brasil	28	453	34	41	63	98	110	1 373
Argentina	32	504	18	17	31	54	51	955
Venezuela	36	197	24	20	29	27	26	583

Fuente: Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

[a] Corresponde al total acumulado desde la creación de la USPTO, en 1790, por lo que no representa la suma del período 1963-2001.

Gráfico IX.3
ESTADOS UNIDOS:
PATENTES OBTENIDAS POR NACIONALES Y EXTRANJEROS, 1980-2000



Fuente: Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

3. Patentes en biotecnologías

Los avances en ingeniería genética y en investigaciones sobre el genoma de los seres humanos y otras especies, han traído consigo un notable incremento en la cantidad de patentes solicitadas. En los últimos años se han constituido, muchas veces a partir de centros de investigación universitarios, numerosas empresas biotecnológicas, farmacéuticas y productoras de semillas y nuevos microorganismos. En los Estados Unidos, gracias al marco regulador sobre propiedad intelectual puesto en vigor en 1980, los investigadores de centros científicos pueden proteger sus hallazgos e innovaciones mediante patentes, incluso si su trabajo ha sido financiado con fondos estatales. Es el caso del proyecto sobre el genoma humano, que ha sido conducido por empresas privadas con aportes financieros públicos.

En Europa, si bien no está permitido patentar como propiedad privada los resultados de investigaciones financiadas con fondos estatales, ha surgido también un gran número de empresas de alta tecnología de tamaño medio y pequeño, y los institutos públicos de investigación y las universidades tienen un rol importante en este campo.

Muchas de estas pequeñas y medianas empresas se iniciaron sobre la base de unos pocos productos, comercialmente muy exitosos, y su crecimiento se debió en parte a una estrategia de alianzas y acuerdos con empresas de gran tamaño, que aportaron capital de riesgo para financiar el desarrollo de los productos inventados por aquellas. El elevado costo que supone llevar una innovación al mercado, el riesgo implícito en la rápida obsolescencia de los productos, y el atractivo de las utilidades esperadas, mueven a las empresas, grandes o pequeñas, a solicitar rápidamente la patente respectiva, a fin de sacar provecho de sus hallazgos antes que puedan hacerlo sus eventuales competidores. Ello ha sido particularmente notorio en el caso de las investigaciones sobre genes y secuencias y los procedimientos para obtenerlos o manipularlos, lo cual ha acelerado en un grado sin precedentes la demanda de derechos de propiedad.

A continuación se presenta la situación imperante en cuanto a solicitud de patentes sobre biotecnología en general y sobre plantas transgénicas en los Estados Unidos, Japón, la OMPI, la UE y el mundo. Dado que los sistemas de clasificación no son iguales en todos los países o bloques, la información pertinente no es plenamente comparable. En consecuencia, el propósito de los párrafos siguientes es sólo ilustrativo. En la medida de lo posible, se procurará analizar en forma separada la información de la USPTO y la de otras oficinas nacionales o regionales.

Los productos relacionados con biotecnologías y transgénicos entran en las categorías C12N15 y A01H de la Clasificación Internacional de Productos y Servicios para el Registro de Marcas de la OMPI. Dentro de la categoría A01H, que corresponde a nuevas plantas per se, figura la subcategoría A01H4/00, referida a reproducción de plantas mediante técnicas de cultivo de tejidos. La categoría C12N15, que corresponde a mutaciones e ingeniería genética, DNA o RNA relacionados con vectores modificados por ingeniería genética, se desagrega en las subcategorías siguientes:

- C12N1/00: Microorganismos mutantes o productos de ingeniería genética.
- C12N5/00: Conservación y cultivo de microorganismos modificados.
- C12N5/14: Células de plantas.
- C12N5/26: Células resultantes de la fusión entre especies.
- C12N7/00: Microorganismos modificados para aplicaciones médicas.

Como se advierte en el cuadro IX.2, la JPO es la oficina que concentra el mayor número de solicitudes en la partida C12N15 (mutaciones

inducidas e ingeniería genética), seguida por la OMPI y la EPO. Las partidas más importantes son la C12N1/00, la C12N5/00 y la A01H. Cabe notar que, dentro de estas tres partidas, aproximadamente la mitad de las solicitudes de Japón corresponde a la subcategoría A01H4/00, esto es, reproducción de plantas mediante técnicas de cultivo de tejidos.

Cuadro IX.2
SOLICITUDES DE PATENTES EN BIOTECNOLOGÍA, 2002

Categorías[a]	Mundo[b]	Unión Europea[c]	Japón[d]	OMPI[e]
C12N15	> 100 000	630	11 845	6 667
C12N1/00	6 325	94	1 034	102
C12N5/00	16 884	294	1 135	442
C12N5/14	864	45	29	40
C12N5/26	99	1	18	3
C12N7/00	4 694	89	247	108
A01H	30 542	655	1 515	758
A01H4/00	3 271	51	772	45

Fuente: Elaborado por el autor a partir de la base de datos "Espace" de la Oficina Europea de Patentes (EPO).

[a] Corresponde a las categorías de la Clasificación Internacional de Productos y Servicios para el Registro de Marcas de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). [b] Comprende las solicitudes hechas en más de 50 países y regiones del mundo. [c] Solicitudes presentadas en los últimos 24 meses. [d] Solicitudes presentadas por agentes japoneses desde octubre de 1976 a octubre de 2002. [e] OMPI: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.

En el cuadro IX.3 se muestra el número de patentes solicitadas y concedidas en los Estados Unidos en el período 1980-2000. En la columna de patentes otorgadas, la información se desagrega en patentes de utilidad, patentes sobre diseños industriales, y patentes sobre plantas, lo que permite formarse una idea de la importancia relativa de las innovaciones en estas diversas áreas.

Cuadro IX.3
ESTADOS UNIDOS: SOLICITUD Y CONCESIÓN DE PATENTES, 1980-2000

	Patentes solicitadas		Patentes concedidas			
	Total	Patentes sobre plantas	Total	Patentes de utilidad, serie 435 [a]	Patentes sobre diseños industriales, serie 800 [a]	Patentes sobre plantas
1980	104 329	220	61 819	405	1	117
1990	164 558	418	90 364	933	13	318
1995	212 377	452	101 419	1 505	91	387
1996	195 187	665	109 646	2 108	253	362
1997	215 257	621	111 983	2 864	281	394
1998	243 062	720	147 521	4 061	496	561
1999	270 187	863	153 493	4 025	669	421
2000	295 926	797	157 497	3 505	628	548

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

[a] Las series corresponden a la clasificación utilizada por la USPTO.

Por otra parte, en el cuadro IX.4 se resumen diversos indicadores de las principales empresas farmacéuticas y biotecnológicas del mundo, referidos en lo fundamental a la proporción que representan los gastos en ID dentro de los ingresos totales. Como se advierte en el cuadro, las empresas farmacéuticas registran, en general, los mayores ingresos totales y los gastos más elevados en ID, y son también las que ostentan una planilla más numerosa de empleados. No obstante, casi todas las empresas biotecnológicas superan a las primeras en lo que se refiere a la proporción representada por los gastos en ID dentro de los ingresos totales.

Siempre en relación con el área biotecnológica, cabe indicar que hasta la fecha se han elevado en Europa 9.364 solicitudes, referidas a un total de 126.672 genes o secuencias de genes. A lo anterior se suman 21 solicitudes sobre el virus del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), 501 sobre genes y secuencias de genes de pollos, 10 sobre peces, 13 sobre eucalipto —árbol y hojas—, 1.331 sobre genes y secuencias genéticas de ratas, y 11 sobre arácnidos.

En el ámbito mundial, la solicitud de patentes sobre genes, secuencias de genes y procedimientos para obtenerlos está dominada por empresas estadounidenses (véase el cuadro IX.5). Sólo unas pocas compañías europeas tienen alguna figuración en ello, como consecuencia

de las dificultades jurídicas que entraña, en la UE, la solicitud y obtención de patentes sobre estos productos. El Gobierno de los Estados Unidos, las universidades de California y Texas, la Corporación General de Hospitales y, dentro de éstos, el Hospital General de Massachusetts, son los principales demandantes. Aunque pude llamar la atención la presencia en esta lista de la compañía IBM, especializada en informática y electrónica, no debe olvidarse que ha participado también activamente, desde hace algunos años, en investigaciones sobre genética vinculada a las técnicas informáticas.[2]

Cuadro IX.4
PRINCIPALES EMPRESAS DE LAS ÁREAS BIOTECNOLÓGICA, AGROBIOTECNOLÓGICA Y FARMACÉUTICA
(Millones de dólares)

Áreas y empresas	Ingresos totales	Ingresos por empleado	Gastos en ID	Gastos en ID por empleado	Gastos en ID como porcentaje de los ingresos	Ingreso neto	Número de empleados
Biotecnología							
Amgen	3 433	536	823	129	24	(1 096)	6 400
Genentech	1 414	364	331	85	23	(1 145)	3 880
Biogen	825	611	221	164	27	220	1 350
Genzyme Corp.	777	201	156	40	20	71	3 860
Alza	763	376	60	29	8	91	2 030
Chiron	684	220	254	82	37	161	3 110
Immunex	559	478	127	108	23	44	1 170
Agrobiotecnología							
Monsanto	5 493	374	149	588	11	588	14 700
Syngenta	6 846	297	745	745	11	1 195	23 000
Farmacéutica							
Merck	32 762	526	2 119	34	6	5 891	62 300
Jonson & Johnson	27 439	281	2 600	27	9	4 167	97 800
Bristol Myers Squibb	20 199	371	1 843	34	9	4 167	54 500
Pfizer	16 269	319	2 776	54	17	3 179	51 000
Glaxo Wellcome	13 566	245	2 049	37	15	2 925	55 273
Eli Lilly	9 819	314	1 784	57	18	2 721	31 300

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de Ernst & Young, *Convergence*: *Ernst & Young's Biotechnology Industry Report, Millennium Edition*, Cleveland, Ohio, 2000; Syngenta, *Annual Review 2000. Building the world's premier agribusiness*, Basilea, 2000; y Monsanto, *A Single Focus. 2000 Annual Report*, St. Louis, Missouri, 2000.

[2] Cabe consignar, incidentalmente, que la IBM es la empresa que más patentes ha obtenido últimamente en los Estados Unidos en su área específica.

PRINCIPALES AGENTES POSEEDORES DE PATENTES SOBRE GENES Y SECUENCIAS EN LOS ESTADOS UNIDOS Y EL RESTO DEL MUNDO

Agente que obtuvo la patente	Número de patentes obtenidas	
	En el resto del mundo	En los Estados Unidos
Smith Kline Beecham	807	197
Gobierno de los Estados Unidos	686	388
Incyte Pharmaceuticals Inc.	584	356
Universidad de California	532	265
Novo Nordisk	368	142
Eli Lilli & Co.	344	145
Genentech	316	175
IBM	-	130
Human Genoma Sciences Inc.	295	104
Chiron Corp.	276	129
Genetics Institute Inc.	261	-
Merck & Co. Inc.	255	-
General Hospital Corp.	251	-
Amgen Inc.	212	-
Universidad de Texas	187	103
Instituto Ludwig de Investigación sobre el Cáncer	184	
American Home Products	-	117
Isis Pharmaceuticals	-	108
Hospital General de Massachusetts	-	108
Instituto Pasteur	-	101

Fuente: PriceWaterhouseCoopers, "DNA and Gene Sequence Patents", *Nextwave*, Nº 1, 2001.

a) Las patentes en la industria farmacéutica y de biotecnología de los Estados Unidos

En los Estados Unidos, las empresas del complejo químico-farmacéutico y de biotecnología agropecuaria tienen una participación destacada en lo concerniente a solicitud y obtención de patentes En una lista nacional a este respecto, DuPont ocupa el puesto 13; Bayer el 15; Dow Chemical el 23, y Monsanto el 47, cada una de las cuales ha obtenido más de 1.000 patentes. A ello debe agregarse que los procesos de fusión y adquisición por parte de los mayores conglomerados de cada sector han redundado en una concentración cada vez mayor de la propiedad. En el cuadro IX.6 se enumeran algunas de las empresas del área que han registrado un total de 1.000 o más patentes cada una. Debe tenerse presente

que dos empresas de Merck y dos de Hoechst pertenecen en la actualidad a una misma casa matriz. También aparecen en el cuadro las compañías Hoffman-La Roche y Schering, que hoy forman parte del grupo Novartis; la empresa Ciba-Geygi, que actualmente forma parte de Aventis, y las empresas Monsanto y Upjohn, que recientemente se fusionaron para dar origen al gran conglomerado Pharma.

En los Estados Unidos, los sectores más dinámicos según el número de productos patentados son los de microbiología molecular, medicamentos y compuestos farmoquímicos, que superan largamente a los sectores restantes (véase el gráfico IX.4).

Cuadro IX.6
ESTADOS UNIDOS: EMPRESAS FARMACÉUTICAS Y BIOTECNOLÓGICAS MÁS ACTIVAS EN LA OBTENCIÓN DE PATENTES, 2000

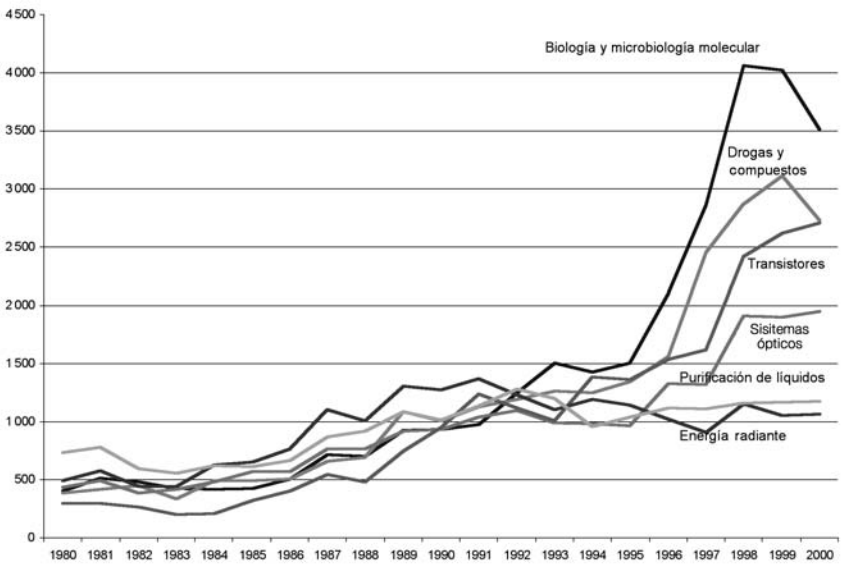
Nombre	Lugar en la lista general	Patentes acumuladas hasta 2000
Dow Chemical	23	10 179
Basf	26	8 847
Ciba-Geigy Corporation	27	8 550
Hoechst Aktiengesellchaft	28	7 908
Monsanto Company Inc.	47	5 526
Imperial Chemical Ind.	50	5 212
Merck + Co., Inc.	55	4 644
Bristol Myers Squibb Co.	69	3 781
Hoffman-La Roche Inc.	75	3 556
Eli Lilly Company	77	3 375
Upjohn Company	86	3 052
Hoechst Celenase Corporation	95	2 674
Pfizer Inc.	96	2 618
Laboratorios Abbot	102	2 458
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos	121	2 151
Sandoz Ltd.	159	1 650
International Flavor and Fragancies	186	1 395
Ciba-Geygi AG	202	1 263

Continúa

Nombre	Lugar en la lista general	Patentes acumuladas hasta 2000
Merck Patent Gesellschaft mit Beschrankter Haftung	218	1 175
Schering Corp.	233	1 109

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de información de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO), *All Technologies Report, January 1/1963 -- December 31, 2001*, Washington, D.C., febrero de 2002.

Gráfico IX.4
ESTADOS UNIDOS: NÚMERO DE PATENTES OBTENIDAS
POR LOS PRINCIPALES SECTORES DE ACTIVIDAD, 1980-2000



b) Las patentes en biotecnologías agropecuarias

Los antecedentes analizados en esta sección provienen de las bases de datos de la USPTO. Dentro de las categorías relativas a biotecnologías agropecuarias, se examinaron dos grandes clases: la 435, sobre química, biología molecular y microbiología molecular, y la clase 800, sobre organismos multicelulares vivos y partes de éstos y procedimientos conexos.

En la clase 435 se examinaron las siguientes subclases:

- Subclase 410: Células de plantas o líneas celulares per se (por ejemplo, transgénicos mutantes). Procedimientos, propagación, mantenimiento o preservación de células de plantas o líneas celulares; procedimientos de aislamiento o separación de células o líneas celulares; proceso de regeneración de células de plantas en tejidos.
- Subclases 411 a 417: Células o líneas celulares de tomates, maíz, maíz resistente a herbicidas, tabaco, soja, girasol, y papas per se.
- Subclase 418: Células o líneas celulares resistentes a herbicidas o pestes letales.
- Subclase 423 a 429: Cultivo, mantenimiento o técnicas de preservación de células o líneas celulares de tomates, maíz, tabaco, soja, algodón, girasol y papas.

En la clase 800 se examinaron las siguientes subclases:

- Subclase 3: Utilización de un animal transgénico no humano en una prueba en vivo (por ejemplo, pruebas de eficacia de medicamentos).
- Subclase 4: Utilización de un animal transgénico no humano para fabricar una proteína y luego aislarla o extraerla.
- Subclase 8: Animal no humano.
- Subclase 21: Método para obtener un animal transgénico no humano.
- Subclase 260: Método para la utilización de una planta o parte de ella en un proceso de cruce que incluye una etapa de hibridación sexual.
- Subclase 272: Mediante un gametocida.
- Subclase 273: Por medio de autoincompatibilidad.
- Subclase 274: Por medio de una característica de esterilidad masculina genética.

- Subclase 276: Método para hacer mutar química, radiológica o espontáneamente a una planta o parte de ella sin introducirle material genético externo.
- Subclase 277: Método para producir una planta o parte de ella por medio de la fusión somática celular.
- Subclase 278: Método para introducir una molécula polinucleótida en una planta o parte de ella o para reordenar el material genético correspondiente.
- Subclase 295: Planta, plántula, semilla o parte de la planta per se.
- Subclase 298: Planta superior, plántula, semilla o parte de la planta (por ejemplo, angiospermas o gimnospermas).
- Subclase 306: Colza
- Subclase 307: Pepino
- Subclase 310: Zapallo
- Subclase 312: Soja
- Subclase 313: Fríjol
- Subclase 314: Algodón
- Subclase 317.2: Papa
- Subclase 317.3: Tabaco
- Subclase 320.1: Maíz
- Subclase 320.2: Arroz
- Subclase 320.3: Trigo
- Subclase 322: Girasol
- Subclase 300: Planta transgénica o mutante resistente a los herbicidas.
- Subclase 300.1: Planta de maíz.
- Subclase 301: Planta transgénica o mutante resistente a patógenos.
- Subclase 302: Planta transgénica o mutante resistente a insectos.
- Subclase 303: Esterilidad masculina.

Del análisis de estas categorías se desprenden tres hechos centrales: primero, que en las dos clases examinadas, la 435 y la 800, los principales

obtentores de patentes fueron las universidades, las fundaciones y los institutos, en su mayoría universitarios y públicos, y las empresas articuladas en torno a los conglomerados Monsanto, DuPont, Novartis y Aventis. Si se toman en consideración ambas clases, se observa que los centros académicos y las empresas recibieron, en conjunto, sólo 25% de las patentes. No obstante, la proporción varía según la clase: en la clase 800, estos agentes concentraron 65,2% de las patentes, pero sólo 22,5% en lo que atañe a la clase 435. El hecho de que se llegue a una cifra conjunta de 25% para ambas clases obedece a su distinta gravitación en el total. Por último, cabe anotar que los principales obtentores son empresas o universidades que operan simultáneamente en los campos de farmoquímica y biotecnología, pues parte importante de sus investigaciones nacen de una plataforma común.

Si se analiza con mayor detalle la información, puede concluirse, además, que:

- En la clase 435, esto es, biología molecular y microbiología, y en las subclases dependientes, el grupo de las universidades, fundaciones e institutos ocupa el primer lugar en la obtención de patentes, seguido por los conglomerados Monsanto y DuPont.
- Dentro de su grupo, las universidades se sitúan muy por encima de los demás agentes, esto es, fundaciones e institutos. En el grupo de las empresas, Monsanto, Pharmacia y Dekalb Genetics son las que registran mayor número de patentes. Por otra parte, la empresa Pioneer Hi-Bred, recientemente adquirida por el conglomerado DuPont, es la más importante en cuanto a obtención de patentes.
- Los grupos Novartis y Aventis ocupan una posición más rezagada. Dentro del grupo Novartis, destacan Zeneca y la propia empresa Novartis. En el grupo Aventis, las principales empresas son Hoeschst y Rhône-Poulenc.
- En la clase 800 y en las subclases dependientes, las universidades, fundaciones e institutos son los agentes más activos en materia de obtención de patentes, correspondiendo el primer lugar a las universidades.
- Dentro de los grupos empresariales, se da una situación de mayor simetría entre las empresas del grupo Monsanto, DuPont y Novartis, mientras que el grupo Aventis queda en una posición bastante rezagada.
- Desde un punto de vista individual, Pioneer Hi-Bred ocupa el primer lugar, seguida esta vez de Monsanto, Dekalb y

Novartis.

- En cuanto a cultivos, el mayor número de patentes se concentra en maíz y soja, seguidos de colza.
- En plantas transgénicas sometidas a tratamientos específicos, las plantas resistentes a patógenos concentran más patentes que los rubros restantes.
- La esterilidad de las semillas conseguida mediante esterilidad masculina es la segunda característica más importante introducida en las plantas transgénicas patentadas. Ello da cuenta de los esfuerzos desplegados por los grupos empresariales para encapsular las innovaciones e impedir la resiembra.
- Pioneer Hi-Bred, empresa líder en el mercado estadounidense de semillas de maíz y soja, que hoy forma parte del conglomerado DuPont, es la que posee mayor cantidad de patentes sobre esterilidad masculina de plantas transgénicas.
- Las plantas transgénicas con resistencia a insectos ocupan el tercer lugar en cuanto a patentes concedidas dentro de la clase. Nuevamente aparece Pioneer Hi-Bred como líder en este rubro.

En el cuadro IX.7 figuran las patentes obtenidas por los rubros de la clase 800 y sus subclases, que engloban los principales cultivos transgénicos y tratamientos conexos. En el cuadro IX.8, a su vez, se resume el número de patentes obtenidas en las clases 800 y 435 con relación al total de los grupos de empresas y agentes analizados. Como se aprecia en este último cuadro, el grupo universidades, fundaciones e institutos da cuenta de 75% de las patentes obtenidas en ambas clases, con predominio de las universidades.

Entre los grupos empresariales, Monsanto ocupa el primer lugar, con 8,3% de las patentes, seguido de cerca por DuPont y, a mayor distancia, por Syngenta-Novartis y Aventis. Si se consideran las patentes de ambas clases, la importancia relativa de Syngenta-Novartis aumenta casi tres veces, y casi cinco veces la de Aventis.

Conviene tener en cuenta que se está hablando del total de patentes acumuladas desde 1976 a la fecha, y que estos grupos empresariales han cobrado un protagonismo creciente en los últimos años. Si se considera a los agentes en forma individual y se toman en cuenta todas las clases, DuPont aparece en el segundo lugar, seguido de cerca por Ciba-Geigy y Hoechst. Por otra parte, aunque las universidades son acreedoras de sólo 1,2% de las patentes concedidas en los Estados Unidos, su importancia aumenta notoriamente si se consideran sólo las clases aquí examinadas.

Entre las universidades, el primer lugar lo ocupa la Universidad de California, seguida por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Entre las fundaciones ligadas a universidades, los primeros lugares corresponden a la Wisconsin Alumni Research Foundation y a la Fundación de Investigación de Cornell.

Cuadro IX.7
ESTADOS UNIDOS: PATENTES OBTENIDAS EN LA CLASE 800 Y EN LAS SUBCLASES Y CATEGORÍAS DEPENDIENTES

Subclases [a]	Categoría	Número de patentes
295 y 298	Plantas superiores, plantas, semillas o partes de plantas (angiospermas y gimnospermas)	902
300	Transgénico resistente a herbicidas	176
300.1	Maíz resistente a herbicidas	82
301	Transgénico resistente a patógenos	423
302	Transgénico resistente a insectos	316
303	Transgénico con esterilidad masculina	336
306	Colza	187
307	Pepinos	21
310	Zapallos	22
312	Soja	501
313	Fríjol	27
314	Algodón	89
317.2	Papas	103
317.3	Tabaco	173
320.1	Maíz	783
320.2	Arroz	117
300.3	Trigo	95
322	Girasol	76
Subclases 272 y 273		21
Subclase 274		159

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

[a] Las clases y subclases corresponden a la clasificación de la USPTO.

Cuadro IX.8
ESTADOS UNIDOS: PATENTES OBTENIDAS EN LAS CLASES 800 Y 435 CON RESPECTO A TODAS LAS CLASES
(Cantidad y porcentajes)

Clases y subclases [a]	800	435	800 + 435		Todas las clases	
Empresas			Número	(%)	Número	(%)
Monsanto	166	315	481	3	3 504	4,1
Asgrow	104	102	206	1,3	104	0,1
Dekalb	137	127	264	1,7	151	0,2
Calgene	61	97	158	1,0	103	0,1
Delta & Pine Land	18	18	36	0,2	24	-
Cargill	17	18	35	0,2	207	0,2
Pharmacia	-	149	149	0,9	806	0,9
Total grupo Monsanto	**503**	**826**	**1 329**	**8,3**	**4 974**	**5,9**
DuPont	48	297	345	2,2	10 491	12,4
Pioneer Hi-Bred	476	462	938	5,9	3659	4,3
Total grupo DuPont-Pioneer	**524**	**759**	**1 283**	**8,0**	**14 150**	**0,2**
Novartis	108	195	303	1,9	633	0,7
Zeneca	61	135	196	1,2	877	1
AgrEvo	18	25	43	-	122	-
Ciba-Geigy	15	161	176	0,3	8 320	0,1
Sandoz	13	45	58	0,4	1 681	2
Syngenta	9	15	24	0,2	38	-
Total grupo Syngenta	**224**	**576**	**800**	**5,0**	**11 671**	**13,8**
Hoechst	38	290	328	2,1	9 469	11,2
Rhône-Poulenc	26	193	219	1,4	3 188	3,8
Aventis	6	43	49	0,3	188	0,2
Total grupo Aventis	**70**	**526**	**596**	**3,7**	**12 845**	**15,7**
Universidades	521	6 864	7 385	46,3	30 417	35,9
Fundaciones	235	1 904	2 139	13,4	8 428	9,9
Institutos	77	2 340	2 417	15,2	16 176	19,1
Total grupo universidades y otros	**833**	**11 108**	**11 941**	**74,9**	**55 021**	**65**
Todos los grupos (1)	**2 154**	**13 795**	**15 949**		**84 652**	**13**
Total por clases (2)	**3 304**	**61 407**	**64 711**		**631 653**	**100**
Proporción de todos los grupos por el total por clases (%)	**65,2**	**22,5**	**25**		**13**	

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

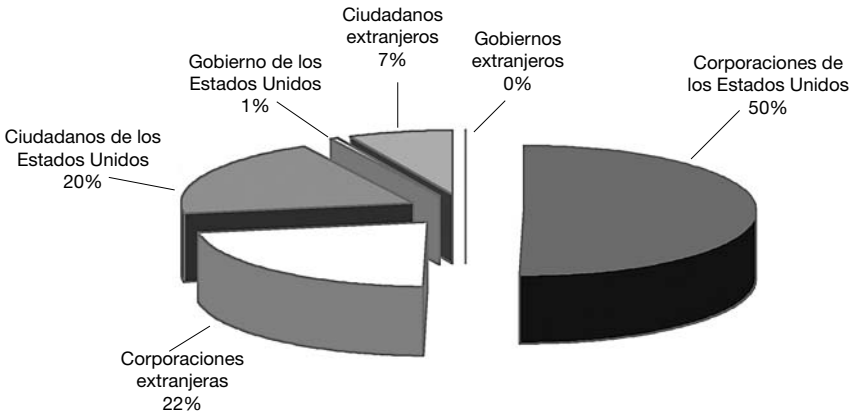
[a] Las clases y subclases corresponden a la clasificación de la USPTO.

c) Patentes sobre plantas en los Estados Unidos

A la información anterior se agregó la búsqueda y análisis de antecedentes sobre patentes sobre plantas, que es una categoría diferente de la de patentes sobre utilidades analizada hasta ahora. De la información recopilada se desprende lo siguiente:

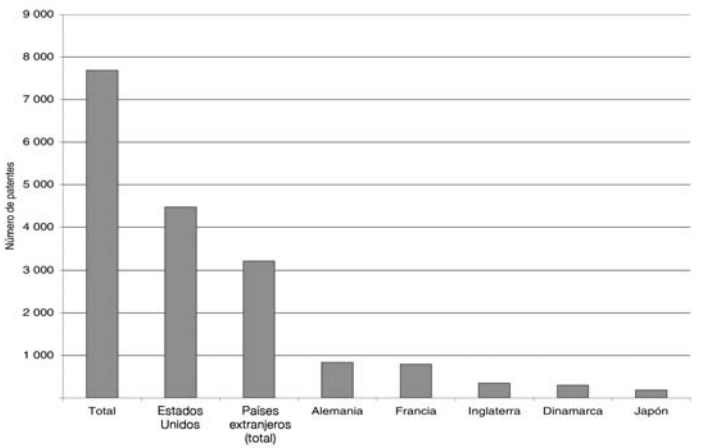
- Hasta la fecha se han concedido 7.685 patentes sobre plantas, de las cuales 58,2% corresponden a entidades o individuos de nacionalidad estadounidense y el resto a extranjeros (véase el gráfico IX.5).
- La mayoría de las patentes concedidas a agentes estadounidenses o extranjeros recae en las empresas.
- Por países, la lista es encabezada por Alemania, con 834 patentes, seguida de los Países Bajos, Francia y el Reino Unido (véase el gráfico IX.6).
- Pocos países de América Latina están presentes en esta lista. Dentro de éstos, Costa Rica es el que aparece en primer lugar, con 61 patentes, seguida muy de lejos por Colombia, con 7; Argentina, con 3; Honduras y México, con 2 cada uno, y Brasil, con una sola (véase el gráfico IX.6).
- Entre las empresas que más patentes han obtenido, no figura ninguna de las pertenecientes a los grandes conglomerados transnacionales antes mencionados (véase el gráfico IX.7).
- Entre las universidades y sus fundaciones, los primeros lugares corresponden a la Universidad de California, con 79 patentes; la Universidad de Rutgers, con 34, y la Fundación de Investigación de Cornell, con 21.

Gráfico IX.5
ESTADOS UNIDOS: PATENTES DE PLANTAS OBTENIDAS POR GOBIERNOS, CORPORACIONES E INDIVIDUOS
(Porcentajes)

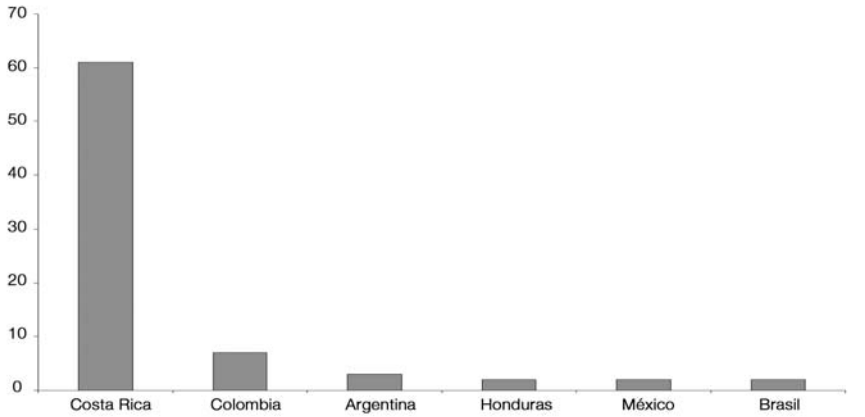


Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

Gráfico IX.6
ESTADOS UNIDOS: PAÍSES QUE HAN OBTENIDO MÁS PATENTES SOBRE PLANTAS
(Número de patentes acumuladas hasta el año 2000)

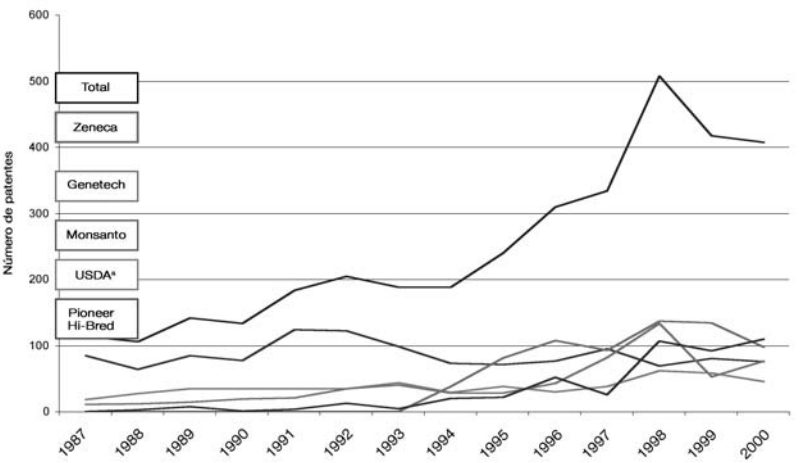


Continúa



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

Gráfico IX.7
ESTADOS UNIDOS: PATENTES SOBRE PLANTAS OBTENIDAS POR LAS PRINCIPALES CORPORACIONES, 1987-2000



Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de antecedentes de la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO).

[a] USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

4. La situación de los países de la región

a) El marco regulador

Los derechos de propiedad intelectual sobre organismos vivos y procedimientos biológicos y biotecnológicos conexos no reciben en los países de la región un trato uniforme, debido a los diferentes marcos legales vigentes en ellos. Por ejemplo, en todos los países sobre los cuales se dispone de información, con excepción de El Salvador, es posible denegar la patente sobre invenciones relativas a organismos vivos, esto es, variedades de plantas y animales. A pesar de ello, en Cuba se otorga un certificado de invención, pero no una patente propiamente tal, y en Ecuador es posible negarla para variedades y razas de animales, mas no de plantas.

Además, en varios de los regímenes nacionales sobre patentes se distingue entre plantas o animales completos y parte de ellos, y también entre organismos artificiales y organismos que pueden encontrarse en la naturaleza. Como se muestra en el cuadro IX.9, en Ecuador es posible otorgar patentes sobre plantas, pero no sobre animales; mientras que en Brasil, Colombia, Cuba y Guatemala no se consideran como invenciones propiamente tales las plantas y animales, posibilidad que sin embargo queda abierta en México, Panamá y Venezuela. En algunos de estos países se exceptúan aquellos organismos considerados dañinos, según diversos criterios, para los seres humanos y los animales.

En todos los países de la región, con excepción de Brasil y Panamá, se consideran no patentables los procesos biológicos esenciales para la producción de una planta o animal, a no ser que se trate de organismos idénticos a los que se encuentran en la naturaleza.

También hay diferencias en cuanto a los procedimientos biotecnológicos que inciden sobre la estructura y la secuencia de los aminoácidos de plantas y animales que éstos producen en forma natural: en Brasil, Colombia, Cuba, Guatemala y Uruguay no se otorgan patentes sobre estos procesos, posibilidad que queda abierta en Ecuador, El Salvador y Venezuela.

Como se advierte, no hay en América Latina y el Caribe un régimen homogéneo respecto de los derechos de propiedad intelectual sobre los organismos vivos, no obstante haber suscrito prácticamente todos los Estados el Acuerdo sobre los ADPIC. Ello obedece probablemente a varios factores, entre los que pueden mencionarse, primero, lo difícil que resulta considerar como naturales los OGM y los procesos biológicos y biotecnológicos conexos, y, segundo, la diferente dotación de recursos

genéticos y el distinto desarrollo de los países en materia de avances en biotecnologías, capital humano especializado y posibilidades reales de aprovechar su patrimonio genético.

Cuadro IX.9
PAÍSES DE AMÉRICA LATINA Y OTROS: TIPO DE PROTECCIÓN DE LAS INVENCIONES BIOTECNOLÓGICAS

	Brasil	Colombia	Cuba	Ecuador	El Salvador	Unión Europea	Guatemala	Japón	México	Panamá	Estados Unidos	Uruguay	Venezuela
1. Es posible negar una patente sobre una invención de una planta entera o un animal, nueva, susceptible de aplicación industrial, que implique un paso inventivo que ha sido desclasificado	Sí	Sí	Sí	Si con animales No con plantas	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí
2. Si es así, ¿considera el sistema de patentes que una planta entera o un animal son invenciones?	No	No	No	No con animales Sí con plantas	-	Sí	No	-	Sí	Sí	-	No	Sí
3. Si es así, ¿incluye el sistema invenciones tales como seres vivos o sólo ciertos tipos de animales?	-		-		-	No	-	-	No	Sí	-	Sí	No
4. Además de estas excepciones, **i)** ¿se pueden obtener patentes cuando éstas se refieren a una invención sobre una planta o animal per se y no están limitadas a una variedad particular de planta o animal?;	No	No	No [a]	X	-	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	X	No
ii) ¿cuándo la protección de la patente está limitada a variedades de plantas o a animales?;	No	No	X	Sí	-	No	No	Sí	No	No	Sí	X	No

Continúa

	Brasil	Colombia	Cuba	Ecuador	El Salvador	Unión Europea	Guatemala	Japón	México	Panamá	Estados Unidos	Uruguay	Venezuela
iii) ¿cuándo la patente se refiere a un grupo de variedades de plantas o animales que incorporan un tratamiento común o una característica común en el organismo?	No	No	No	X	-	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	X	No
5. ¿Se pueden patentar micro-organismos nuevos que impliquen un avance innovador y sean susceptibles de aplicación industrial?	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
6. ¿Se puede patentar un proceso biológico esencial para la producción de una planta o animal?	Sí	No	No	X	No	No	No	Sí	No	Sí	No	No	No
7. ¿Y un organismo idéntico a los que se encuentran en la naturaleza, como plantas o animales en su estado natural?	No	No	No	No	No	Sí	No	X	No	No	No	No	No
8. ¿Nuevos usos de material biológico conocido?	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
9. ¿La estructura química, incluidas las secuencias de nucleótidos correspondientes a un organismo completo o parte de él?	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí

Continúa

	Brasil	Colombia	Cuba	Ecuador	El Salvador	Unión Europea	Guatemala	Japón	México	Panamá	Estados Unidos	Uruguay	Venezuela
10. ¿Las estructuras químicas, incluidas las secuencias de aminoácidos correspondientes a péptidos o proteínas producidas naturalmente por plantas y animales?	No	No	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de Intergovernmental Committee on Intellectual Property and Genetic Resources, Traditional Knowledge and Folklore, *An Overview*, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), Ginebra, mayo de 2001.

[a] En general no se han obtenido patentes, salvo en unos pocos casos.
Nota: X indica que la medida se halla en estudio.

b) Patentes sobre plantas

Si bien el desempeño de las empresas y los institutos especializados de la región no puede compararse con el de sus homólogos estadounidenses, europeos y japoneses en lo concerniente a registro de patentes sobre plantas en la OMPI, debe concederse al menos que han mostrado cierto dinamismo en los últimos años.[3] De igual modo, se ha incrementado también el número de países de la región que solicitan patentes. En 1994 sólo habían obtenido derechos sobre plantas Argentina y Chile, pero en 1999 ya se habían sumado agentes de Brasil, Colombia, Bolivia, Ecuador, México, Paraguay y Perú.

Otro cambio digno de ser destacado guarda relación con el hecho de que, en 1994, más de 66% de las solicitudes y los registros obtenidos en los países latinoamericanos y caribeños correspondía a agentes que no residían en la región —por lo general empresas transnacionales—, mientras que en 1999 la distribución prácticamente se había invertido, y la gran mayoría de los registros pertenecía a individuos o empresas residentes en la región.

[3] La UE es la agrupación que registra mayor número de solicitudes y de patentes obtenidas. Dentro de ella destacan, en este orden, Alemania, el Reino Unido y Francia.

Conclusiones

La solicitud y la concesión de patentes sobre productos transgénicos y elementos asociados han experimentado un aumento sumamente marcado en los últimos 10 ó 15 años, incremento que se concentra en los países desarrollados, especialmente en los Estados Unidos, Japón y las naciones de la UE.

Ello es concomitante con la revolución científico-tecnológica que ha tenido lugar en diversas ramas del conocimiento, particularmente en la electrónica, la informática y la biología molecular. Las áreas de mayor dinamismo en materia de solicitud y concesión de patentes son la microbiología, la farmacéutica, la ingeniería genética y las ramas afines.

En los Estados Unidos, los agentes más activos en este plano son las universidades, en conjunto con las fundaciones y los institutos públicos. Los siguen cinco grandes conglomerados de empresas, encabezados por el grupo Monsanto, asociado a Pharma Upjohn; el grupo DuPont, asociado a Pioneer Hi-Bred; el grupo Syngenta-Novartis; el grupo Aventis, y el grupo Hoeschst y Rhône-Poulenc. En Europa, las universidades y los agentes públicos o semipúblicos tienen una participación aún más importante que en los Estados Unidos en cuanto a solicitud y obtención de patentes. En la UE operan los mismos cinco conglomerados de empresas, pero, debido a las regulaciones imperantes en Europa, son mucho menos activos en lo que concierne a obtención de patentes sobre transgénicos. Numerosas pequeñas y medianas empresas europeas, así como universidades y fundaciones, tienen un papel destacado en cuanto a innovaciones y solicitud y obtención de derechos en ingeniería genética, concretamente en el área de genes, secuencias y procesos esenciales. En Japón, por último, predominan claramente las entidades públicas. Por otra parte, la gran mayoría de las empresas solicitantes son de origen japonés.

En los Estados Unidos se conceden patentes sobre plantas sólo en el caso de aquellas que pueden ser reproducidas por métodos asexuales, por lo que los grandes conglomerados surgidos de la fusión de empresas de semillas, de agroquímicos y de biotecnología no han mostrado mayor interés, al menos hasta ahora, por incursionar en este campo.

En patentes industriales así como en patentes sobre plantas, la participación de los agentes de la región es bastante exigua. En lo único en que hay alguna presencia, aunque bastante reducida, es en patentes sobre plantas, rubro en que Costa Rica ha obtenido el mayor número.

El elevado costo que implica no sólo el desarrollo de productos de microbiología e ingeniería genética, sino el mero trámite de solicitud y

registro de patentes, permite pensar que el actual régimen de protección de los derechos de propiedad intelectual constituye, más que un incentivo a la innovación, una barrera para la entrada de innovadores de tamaño medio y pequeño, como lo deja ver indirectamente el hecho de que el explosivo incremento en la solicitud de patentes ha corrido fundamentalmente por cuenta de empresas o instituciones públicas o semipúblicas de gran solvencia económica. De ese modo, aunque el régimen está concebido, en teoría, para fomentar la iniciativa privada, en la práctica sólo ha favorecido a un puñado de compañías transnacionales y a institutos públicos y semipúblicos que tienen tras sí el apoyo de Estados igualmente poderosos.

El hecho de que sólo 10% de las patentes solicitadas en biotecnología se materialicen en productos que llegan al mercado, sugiere que en este proceso operan también otros factores, de igual o mayor peso que el propio régimen de protección de la propiedad intelectual. En consecuencia, si bien parece cierto que la vigencia de este régimen contribuye al proceso de innovación, ello vale, hasta donde puede verse, sólo para los países desarrollados. En el mundo en desarrollo la situación es distinta, ya que el proceso de innovación es incipiente y casi nula la participación del sector privado, lo que se refleja en el escaso número de patentes registradas.

El aumento verificado en la solicitud y obtención de patentes por parte de agentes de la región se debe, en gran parte, a la actividad de los grandes conglomerados transnacionales, ya sea directamente o a través de sus subsidiarias. Contrariamente a lo que argumentaban sus propiciadores, la ampliación, por conducto del Acuerdo sobre los ADPIC, del marco regulador sobre los derechos de propiedad intelectual desde los países desarrollados a los países en desarrollo, no ha traído consigo una mayor transferencia tecnológica en favor de estos últimos.

La riqueza en biodiversidad de la región plantea más bien otras urgencias, como su protección y aprovechamiento por medio de derechos específicos, distintos de los regímenes de protección de la propiedad intelectual, entre los cuales deben figurar los sistemas sui géneris de protección de los mejoramientos vegetales, los derechos del productor, los derechos de las comunidades y aquellos que amparan el conocimiento tradicional. A ellos deben agregarse las normativas encaminadas a llevar a la práctica los acuerdos surgidos del Convenio sobre la Diversidad Biológica y otros acuerdos similares.

Capítulo X

Transgénicos y propiedad intelectual

Jacqueline Abarza, Jorge Cabrera y Jorge Katz

Las nuevas disciplinas e instituciones reguladoras resultantes de la Ronda Uruguay están comenzando a influir, de manera significativa, sobre el desempeño económico y tecnológico de los países en desarrollo, en particular los de América Latina y el Caribe. Dentro de las nuevas instituciones, en pleno proceso de consolidación en el ámbito mundial, las relacionadas con la propiedad intelectual aparecen como un capítulo que reclama creciente atención, si han de identificarse con claridad los pros y los contras que encierran estas normas para los países de la región. El propósito del presente trabajo es explorar esa vasta y compleja dimensión.

Los cambios en la legislación nacional e internacional en materia de derechos de propiedad sobre conocimientos tecnológicos, marcas de fábrica, derechos de autor, denominaciones de origen y otros, reunidos bajo el gran alero del Acuerdo sobre los ADPIC, forman parte de las nuevas reglas y disciplinas que van tomando forma en el marco de la globalización de la economía mundial. Todos ellos guardan relación con lo que se ha dado en llamar nivelación del campo de juego, que no es otra cosa que el intento de reducir el alto grado de incertidumbre y de riesgo que rodea el movimiento internacional de bienes y servicios, de capitales y tecnología, a fin de asegurar a los titulares de los mencionados derechos

un tratamiento homogéneo en los distintos escenarios nacionales. Dado que se pretende nivelar el campo de juego entre países muy disímiles entre sí en lo referente al grado de maduración de su capacidad tecnológica interna, es inevitable preguntarse, primero, por el papel que estas nuevas disciplinas internacionales habrán de cumplir en el desarrollo de una capacidad tecnológica propia de los países periféricos, y, segundo, por el rol que la inversión extranjera directa (IED) desempeñará en ellos como motor del crecimiento económico.

1. Evolución histórica del concepto de propiedad intelectual

El ser humano ha otorgado derechos de propiedad intelectual desde fechas muy tempranas de su historia. Los signos estampados en la antigüedad sobre las ánforas para identificar el origen del vino o el aceite son precursores de las marcas y de la denominación de origen contemporáneas. En las cortes de Florencia y Venecia se otorgaban patentes de invención desde fines del siglo XV. La ley de derechos de autor dictada en el siglo XVIII por la Reina Ana de Inglaterra es el primer reconocimiento oficial en tal sentido. Sin embargo, sólo en las últimas cuatro décadas el asunto ha vuelto a cobrar fuerza en el debate internacional, esta vez ya no sólo con relación a los incentivos que una sociedad dada otorga a la actividad inventiva, sino también como parte de los instrumentos a que se recurre para atraer IED, la cual, según se presume, es portadora de financiamiento, tecnología y acceso a los mercados internacionales. La importancia concedida a estos problemas se intensificó a partir de los años ochenta, de la mano con el proceso de globalización de la economía mundial. Aquí se intentará averiguar por qué.

Después de los 20 años de relativo éxito tecnológico que conoció la economía estadounidense al salir de la segunda guerra mundial, el ritmo de crecimiento de la productividad factorial experimentó una brusca desaceleración en los años setenta, fenómeno que suele asociarse a la recuperación de terreno en el plano tecnológico de otros países o territorios, en particular Japón, la República de Corea y la provincia china de Taiwán.

Predominaba por ese entonces en los Estados Unidos la idea de que la pérdida de competitividad se debía, al menos en parte, a que los resultados de la investigación tecnológica llevada a cabo por las empresas nacionales fluían con relativa facilidad hacia empresas competidoras de otros países, y a que la legislación internacional en materia de patentes era virtualmente incapaz de poner atajo a ello. En el ámbito mundial, el marco institucional pertinente estaba encarnado en la OMPI y el Convenio de

París para la Protección de la Propiedad Industrial (Convenio de París), suscrito en 1883, ambos con escasa capacidad para imponer el respeto de sus disposiciones, debido a la ausencia de un tribunal internacional investido de poderes para actuar al respecto.

De ello derivó una fuerte presión del empresariado estadounidense, particularmente de las empresas farmacéuticas, electrónicas y de la entretención, para que las autoridades nacionales instaran a su vez a los gobiernos de diversos países, como Argentina, Brasil, Chile, España, Grecia, India, México y la República de Corea, a modificar su respectiva legislación sobre patentes, en orden a fortalecer la protección que éstas otorgaban a sus titulares.[1]

Como consecuencia de lo anterior, varias leyes fueron promulgadas en los Estados Unidos para aumentar el ritmo de solicitud de derechos de propiedad, entre las que destacan la ley de enmienda sobre patentes y marcas, de 1980; la ley de mejoramiento de las cortes federales, de 1982, y la ley de restauración de patentes, de 1984.[2]

En virtud de la ley de enmienda sobre patentes y marcas, se autorizó a instituciones de ID, especialmente universidades, a patentar los resultados de investigaciones financiadas con recursos públicos, así como a explotarlos comercialmente, por medio de asociaciones con compañías privadas, la creación de empresas por parte de investigadores universitarios, o la negociación de licencias exclusivas entre universidades y empresas privadas. Ello coincidió con el logro de importantes descubrimientos científico-tecnológicos en distintos establecimientos académicos, como la Universidad de Stanford, la Universidad de California (Los Ángeles) y la de Columbia, que en esos años estaban comprometidas de lleno, muchas veces merced a financiamiento público, en la exploración del DNA y el genoma humano, así como en el desarrollo de las biotecnologías y las ciencias de la computación. La autorización de patentar en forma privada tales hallazgos, y la constitución de empresas de base científica para su explotación comercial, explican en parte la rapidez con que aumentó en ese país, durante los años ochenta, el registro anual de patentes.

---

1 Hacia fines de los años setenta y comienzos de los años ochenta, había cada vez mayor preocupación en los círculos empresariales y gubernamentales estadounidenses por el visible deterioro de las ventajas comparativas de las industrias nacionales de alta tecnología. De hecho, esa inquietud fue un importante catalizador del cambio espectacular que experimentó poco después la protección de la propiedad intelectual en ese país.

2 Se trata, respectivamente, de la Patent and Trademark Amendment Act (1980); la Federal Court Improvement Act (1982), y la Patent Restoration Act (1984).

En segundo lugar, cabe mencionar los cambios introducidos, a partir de una enmienda de 1982 de la Corte de Apelaciones de los Estados Unidos, en los requisitos para el otorgamiento de patentes de invención. En efecto, con ello se redujeron las exigencias de novedad antes requeridas, y gradualmente comenzó a aceptarse el éxito comercial como prueba suficiente para otorgarlas. Según afirman algunos autores, antes de la enmienda de 1982 no siempre era posible ejercitar el derecho que teóricamente confieren las patentes, pero, al corregir el requisito de no obviedad, la enmienda aumentó la presunción de validez de estos instrumentos.

Finalmente, también contribuyó a revalorizar el papel de las patentes de invención la ley de restauración de 1984, que extendió la vida útil de las patentes farmacéuticas por un lapso de cinco años. En efecto, a instancias de las empresas farmacéuticas innovadoras, que se diferencian de aquellas que se dedican a la producción de genéricos o principios activos ya conocidos, se amplió la vida útil de las patentes, a fin de compensar el alargamiento de la investigación biomédica en las fases III y IV de la investigación farmacéutica.

Como consecuencia de estos tres cambios, se aceleró considerablemente en los años ochenta el ritmo de solicitud de patentes en la escena estadounidense, y se avanzó hacia la constitución de un nuevo cuadro institucional en materia de derechos de propiedad intelectual. Ello ocurrió primeramente, como es natural, en los Estados Unidos, pero luego se amplió al plano internacional. En efecto, el nuevo pensamiento estadounidense en esta materia fue lo que generó la matriz intelectual en que se inspiraron las negociaciones de la Ronda Uruguay que acabaron plasmándose en el debatido Acuerdo sobre los ADPIC.

En un primer momento, por tanto, el otorgamiento de derechos de propiedad intelectual fue concebido como un instrumento destinado a inducir la producción de conocimientos tecnológicos. No obstante, conforme al enfoque contemporáneo, el otorgamiento de tales derechos se considera, asimismo, como uno de los requisitos de credibilidad con que ha de cumplirse en los países de menor desarrollo para atraer capital extranjero. En otras palabras, las patentes no sólo son vistas hoy como un incentivo a los esfuerzos locales de ID, sino también como un indicador de calidad institucional, toda vez que ello prueba, al menos supuestamente, que el país en cuestión es digno de recibir IED. Ahora bien, la relación entre los derechos de propiedad intelectual y la atracción de IED no es ni tan obvia ni tan directa como suele suponerse en el debate contemporáneo. En diversos países latinoamericanos se levantó en los años setenta un fuerte aparato industrial sobre la base de IED, pese a regir en ellos una legislación sobre otorgamiento de patentes mucho más

débil que la actual. A la inversa, también es claro que la legislación sobre patentes es sólo una de las muchas variables que inciden en la decisión de invertir de una empresa transnacional, y no hay indicios claros de que su efecto marginal sobre la tasa de retorno de la inversión sea significativo. Un excelente tratamiento de la propiedad intelectual en el marco de una macroeconomía turbulenta puede no ocasionar efecto alguno en cuanto a atracción de capital extranjero, mientras que una macroeconomía estable y un mercado interno atractivo sí pueden hacerlo, aun cuando la legislación sobre patentes sea poco profunda en lo que concierne a los derechos que confiere a sus titulares.

En síntesis, el cuadro internacional relativo a derechos de propiedad intelectual ha ido cambiando a través del tiempo. Se otorgan derechos de esta índole no sólo como incentivo para la actividad creadora, sino también para atraer IED, pues tales derechos, al operar en cierto modo como indicadores de calidad institucional, sirven para adquirir reputación internacional, pese a que no hay pruebas concluyentes en cuanto a la supuesta correlación entre ambos fenómenos. Sin duda, la nivelación del campo de juego que acompaña la globalización reclama avanzar hacia una disciplina internacional común en materia de derechos de propiedad intelectual. No obstante, cuál es el cuadro institucional específico que conviene adoptar desde la perspectiva de los países en desarrollo constituye todavía un interrogante, que precisamente se intentará responder en lo que sigue.

2. ¿Qué es la propiedad intelectual?

El concepto de propiedad intelectual abarca el derecho de autor y la propiedad industrial. El primero confiere al titular de una obra el derecho exclusivo a reproducirla y divulgarla, en forma total o parcial. Tradicionalmente, por medio de esta primera modalidad se otorgaba protección a las obras literarias y artísticas. Sin embargo, se incluyeron también en ella los programas computacionales, debido a la importancia económica que habían adquirido y al hecho de que, por su propia naturaleza, no encuadraban bien en otras modalidades de propiedad intelectual. La protección rige, en general, durante la vida del autor y los 50 años que siguen a su muerte.

Las modalidades comprendidas en el concepto de propiedad industrial otorgan a su titular el derecho exclusivo sobre un bien inmaterial que puede ser utilizado en la industria y el comercio. Ello le permite excluir a terceros del uso del bien, a menos que cuenten con su autorización expresa en tal sentido. Este derecho cubre, entre otros, las creaciones y los diseños industriales, los modelos de utilidad y las

topografías de circuitos integrados, así como los signos distintivos, entre los que se encuentran las marcas comerciales, las indicaciones geográficas y los nombres comerciales. Las nuevas variedades vegetales también caen dentro de la esfera cubierta por este derecho.

Dada la naturaleza del presente estudio, aquí se pasará revista sólo a los conceptos de patentes, marcas e indicaciones geográficas, que corresponden a las modalidades de propiedad industrial tradicionalmente reconocidas en las diferentes legislaciones.

Las patentes son un título emitido por una autoridad en virtud del cual se otorga a su titular, en forma temporal, el derecho a explotar de manera exclusiva su creación industrial, protegiéndolo de ese modo de la copia. Al inventor que hace un aporte a la sociedad, en forma de un producto o un procedimiento nuevos, se le reconoce tal derecho de exclusividad a cambio de poner su invento a disposición pública. El solicitante debe demostrar que el producto o procedimiento es novedoso y susceptible de aplicación industrial.

Las marcas son signos aplicados a los productos o servicios que permiten a su titular dar a conocer al consumidor el origen de aquellos y, al mismo tiempo, identificarlos con cierto grado de calidad, lo cual guía al consumidor en su elección entre distintos bienes. Si bien son temporales, con una duración promedio de diez años, los títulos sobre las marcas pueden renovarse en forma sucesiva.

Las indicaciones geográficas, por su parte, sirven para identificar un producto como originario de una determinada región, lo cual es de particular importancia cuando la calidad u otras características del producto derivan de ese origen, que engloba factores naturales y humanos. Las indicaciones geográficas permiten, por ejemplo, que una asociación de productores haga uso, en forma exclusiva y bajo condiciones previamente determinadas y luego controladas, del nombre de la localidad en cuestión.

Este mecanismo surgió de la necesidad de identificar la procedencia de los bienes y asegurar una mejor renta para los productos agrícolas. Las indicaciones geográficas suelen constituir, por tanto, un reconocimiento al trabajo, la cultura o los conocimientos particulares de los agricultores de una zona dada. La modalidad encierra grandes perspectivas para el mundo agrícola, toda vez que con ello es posible conservar o recuperar características específicas nacidas de prácticas tradicionales.

a) Biotecnologías y propiedad intelectual

De acuerdo con la definición de la Oficina de Evaluación Tecnológica del Congreso de los Estados Unidos, la biotecnología es aquella técnica que emplea organismos vivos o parte de ellos para producir o modificar bienes, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos para usos específicos. El Convenio sobre la Diversidad Biológica la define como toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos destinados a usos específicos. Ahora bien, dado que si se la define de esa forma, podría llegar a decirse que esta tecnología ha existido desde siempre, en el presente, para salvar esa dificultad, suele hablarse de tres generaciones biotecnológicas: la primera corresponde a las técnicas tradicionales, como las empleadas en la fabricación de queso, cerveza y pan. La segunda comprende las aplicaciones microbiológicas desarrolladas por Pasteur y el cultivo de tejidos y plantas. La tercera generación o nueva biotecnología está referida al ADN recombinante (ingeniería genética) y a los anticuerpos monoclonales y genómicos. La ingeniería genética permite aislar y estudiar genes, con el fin de modificarlos y transferirlos después de su organismo de origen a otro. Desde que se dispone de esta técnica, el ser humano puede intervenir con precisión en el patrimonio genético de los seres vivos. El debate contemporáneo versa, desde luego, sobre esta última generación biotecnológica.

Hasta hace unos 20 años, no se otorgaban patentes sobre animales y plantas. La USPTO excluía de patentabilidad a los organismos vivos, por ser productos de la naturaleza y no creación humana. Sin embargo, en 1977, la Corte de Apelaciones de los Estados Unidos estableció que podía darse algún tipo de protección a los productos de la naturaleza cuando se tratara de formas o composiciones nuevas. De esa manera, era posible obtener patente sobre un organismo vivo, aislado de su entorno natural, al que se diera una aplicación práctica.

Unos años más tarde, en 1980, la Corte Suprema de los Estados Unidos, después de un largo proceso, otorgó una patente a la empresa General Electric por un microorganismo modificado capaz de absorber derrames de petróleo, la cual había sido solicitada ya en 1971 y rechazada subsecuentemente por la USPTO. De ese modo, el fallo de la Suprema fijó el criterio que debía seguir en el futuro la USPTO con respecto a la patentabilidad de la materia viva, lo cual sentó una nueva doctrina en el país, en el sentido de que la materia viva dejaba de considerarse como producto de la naturaleza una vez modificada por la intervención humana.

Poco después se otorgó patente a una técnica de ADN recombinante, y en 1985 se concedió otra patente por una variedad de maíz con mayor contenido de aminoácidos. Por último, un hito en materia de patentabilidad de la materia viva lo constituye el otorgamiento, en 1988, de una patente sobre un mamífero genéticamente modificado, el llamado ratón de Hárvard, al cual se le había insertado, mediante procedimientos de ingeniería genética, un gen asociado a un tipo de cáncer humano. Como este nuevo mamífero servía para investigaciones futuras sobre el cáncer, la USPTO declaró que cumplía con los requisitos de patentabilidad.

Por su parte, la EPO declara no patentables las variedades vegetales o las razas animales y los procedimientos esencialmente biológicos de obtención de vegetales o animales; pero esa exclusión no se aplica a los procedimientos microbiológicos ni a los productos obtenidos por estos procedimientos. En 1981 se otorgó, sobre la base de esta norma, la primera patente sobre un microorganismo, y en 1989 la primera patente sobre una planta.

La EPO había establecido en 1987 el criterio que debía aplicarse con respecto a la patentabilidad de las plantas. Conforme a ese criterio, en ausencia de estabilidad de una característica de la población, la semilla híbrida y las plantas de ella derivadas no podían considerarse como variedades vegetales, por lo cual eran susceptibles de ser protegidas por medio de patentes. En general, la EPO estima que una sustancia puede ser patentada si se encuentra en la naturaleza y puede ser caracterizada por su estructura y por el procedimiento de obtención, y si es nueva en el sentido de que su existencia no se conocía con anterioridad.[3]

En una fecha más reciente, la EPO emitió otra directiva en materia de biotecnología, en la que se establece que es posible patentar invenciones que contengan material biológico o los procesos por medio de los cuales se produzca ese material biológico. La directiva contempla la misma exclusión anterior con respecto a las razas animales, las variedades vegetales y los procesos esencialmente biológicos.

b) Un caso especial: las variedades vegetales

Aunque en el pasado los organismos vivos no eran considerados patentables en los Estados Unidos, fue éste el primer país donde se concedió protección a las plantas. En efecto, en 1930 se promulgó la ley de plantas, en virtud de la cual se fijaba un régimen especial de protección, diferente al de las patentes, para las plantas que podían reproducirse

[3] Ejemplo de ello es el descubrimiento de que una sustancia, antes desconocida, es producida por un microorganismo.

en forma asexuada. Un poco más tarde, a partir de la década de 1950, empezó a manifestarse un movimiento similar en Europa, por estimarse que las variedades vegetales necesitaban algún tipo de protección legal. En un primer momento, hubo cierta vacilación con respecto al régimen que debía adoptarse, pues se dudaba entre la modalidad de patentes y el establecimiento de una modalidad sui géneris. Para resolver al respecto, se convocó a una conferencia internacional, la cual dio origen, en 1961, al Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales y al organismo correspondiente, la UPOV. Suscrito en París, el Convenio entró en vigor en 1968, y fue revisado después en 1972, 1978 y 1991. El acta de 1978 comenzó a regir en 1981. Cabe hacer notar que éste fue el documento suscrito por algunos Estados latinoamericanos antes de la ratificación del tratado de la OMC. El acta de 1991 entró en vigencia en 1998. Actualmente sólo es posible adherir a esta última.

Según las disposiciones de la UPOV, para que una variedad sea susceptible de protección, debe cumplir con los siguientes requisitos: novedad, distinción, homogeneidad y estabilidad. Para ser considerada novedosa, la variedad no debe haber sido vendida por el obtentor —o por alguien autorizado por éste— para su explotación antes de haberse presentado la correspondiente solicitud de protección. Se estima que la variedad cumple con el requisito de distinción si es claramente diferente de cualquier otra variedad conocida en el momento de presentarse la solicitud. Se considera que el hecho de depositar una variedad para solicitar la protección correspondiente hace de ella una variedad conocida. Por otra parte, una variedad es homogénea si es suficientemente uniforme en sus características, a excepción de los cambios previsibles a causa de las particularidades de su reproducción sexuada o su multiplicación vegetativa. Por último, se la considera estable si sus características se mantienen inalteradas después de sucesivas reproducciones o multiplicaciones.

El titular recibe un derecho exclusivo sobre la variedad, que lo faculta para impedir que terceros produzcan, reproduzcan, vendan u ofrezcan vender el material de reproducción. La protección es temporal. El acta de 1978 decretaba un período de hasta 18 años, según el tipo de variedad; no obstante, en virtud del acta de 1991, el plazo fue ampliado a 25 años para los árboles y vides y a 20 para las variedades restantes.

Conforme al acta de 1978, el derecho que se otorgaba al titular estaba limitado por dos situaciones: la llamada excepción de los fitomejoradores, referida al derecho de utilizar una variedad protegida como fuente inicial para generar y comercializar otras variedades, y el llamado privilegio de los agricultores, relativo a la prerrogativa de éstos a guardar las semillas de su cosecha y resembrarlas. Estos dos

principios experimentaron ciertas modificaciones en el acta de 1991. En lo concerniente a la excepción de los fitomejoradores, la nueva versión establecía el concepto de variedad esencialmente derivada, definida como aquella que se deriva principalmente de una variedad inicial o de una variedad que a su vez se deriva principalmente de la variedad inicial, que conserva la expresión de los caracteres esenciales que resultan del genotipo o de la combinación de genotipos de la variedad derivada y que se distingue claramente de la variedad inicial. Sobre la base de este nuevo concepto, se prohíbe utilizar una variedad protegida como fuente de creación de otra cuando ésta resulte de la modificación de una sola característica (cambio cosmético). Además, del concepto se infiere que todas las variedades esencialmente derivadas derivan a su vez de la variedad de origen y no de la segunda generación. De esta forma, tales especificaciones limitaban la llamada excepción de los fitomejoradores.

Como se comentará más adelante, el Acuerdo sobre los ADPIC ofrece la ventaja de permitir a sus suscriptores crear su propio sistema de protección de plantas, y no obliga a adherir al Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales. Sin embargo, muchos gobiernos latinoamericanos han suscrito ya este convenio.

3. La propiedad intelectual en el marco de la OMC

a) Aspectos generales

El GATT, antecedente de la OMC, nació como un acuerdo simplificado y provisorio en 1947, y entró en vigor en 1948, en virtud de la ratificación de la Carta de La Habana, que establecería la Organización Internacional del Comercio (OIC). Por su parte, la OMC fue creada al finalizar la Ronda Uruguay del GATT, que se extendió entre 1986 y 1993. Dado que en el ínterin tuvieron lugar numerosos cambios comerciales y políticos en todo el mundo, la OMC difería en más de un aspecto de la organización inicialmente concebida, la OIC. Por ejemplo, en el tratado que constituyó la OMC, se reglamentaron materias no consideradas originalmente, como la agricultura, los servicios y la propiedad intelectual.[4]

[4] Al incluir la propiedad intelectual en las negociaciones, en la Declaración de Punta del Este se señala que con el fin de reducir las distorsiones e impedimentos del comercio internacional, y tomando en cuenta la necesidad de fomentar una protección eficaz y adecuada de los derechos de propiedad intelectual y asegurar que las medidas y procedimientos destinados a hacer respetar esos derechos no se convirtieran a su vez en obstáculo al comercio legítimo, las negociaciones tenderían a aclarar las disposiciones del GATT y elaborar nuevas reglas y disciplinas apropiadas. Las negociaciones debían tender a desarrollar un marco multilateral de principios, reglas

En lo que atañe a la propiedad intelectual, en el tratado relativo a la OMC se incluyó un conjunto de normas de índole comercial, el ya mencionado Acuerdo sobre los ADPIC. Desde el punto de vista de sus impulsores, esta inclusión ofrecía dos ventajas evidentes: por una parte, imponía un estándar alto de protección de la propiedad intelectual en el ámbito mundial y, por otra, establecía un sistema centralizado, antes inexistente, de solución de conflictos.

El Acuerdo sobre los ADPIC se constituyó así en el marco regulador internacional mínimo de protección en materia de propiedad intelectual, mínimo al cual los Estados miembros de la OMC debían adaptar su respectiva legislación nacional. En los países desarrollados, ello debía hacerse en el lapso de un año desde la entrada en vigencia de la OMC, en tanto que para los países en desarrollo y los países en proceso de transformación de una economía de planificación central a una economía de mercado se fijaba un plazo de cinco años, que expiraba en enero de 2000. A los países menos adelantados se les concedía un período de gracia, que aún no se cumple, de once años. Sin embargo, a todos los miembros se les aplicó, desde el año siguiente a la entrada en vigencia de la OMC, el doble principio de nación más favorecida (NMF) y de trato nacional. De igual modo, se estableció un régimen especial de protección sobre los productos farmacéuticos y químicos para la agricultura, el cual comenzó a regir para todos los Estados miembros desde el 1 de enero de 1995.

b) Principios y objetivos inspiradores de la inclusión de los derechos de propiedad intelectual en la OMC

La inclusión de los derechos de propiedad intelectual en las disposiciones de la OMC desató una polémica entre los representantes de los países industrializados y los países en desarrollo. Las discrepancias versaban sobre diversos puntos, entre ellos la conveniencia o inconveniencia de incorporar tales derechos en un foro no especializado, los efectos que derivarían de ello, y el alto grado de protección otorgado por estos derechos.

No obstante, la polémica pudo calmarse en parte por obra de distintas declaraciones, una de las cuales es la contenida en el preámbulo del Acuerdo sobre los ADPIC, en que se reconocen las necesidades especiales de los países menos adelantados en lo que atañe a la aplicación en el plano nacional de los reglamentos dictados, lo cual debía hacerse con máxima flexibilidad para que en tales países pudiese crearse una base tecnológica sólida y viable. Como se advierte, en esas declaraciones está

y disciplinas relacionadas con el comercio internacional de mercancías falsificadas, tomando en cuenta el trabajo ya realizado en el GATT.

implícito el reconocimiento de la desigualdad y la diversidad existentes entre los Estados miembros.

Como ilustración de lo que se acaba de decir, conviene consignar que el Gobierno de Canadá invocó precisamente las cláusulas relativas a la flexibilidad del Acuerdo sobre los ADPIC, esto es, los artículos 7 y 8, referidos a la protección de la propiedad intelectual, como uno de los argumentos para impugnar la reclamación que había presentado la Comunidad Europea (CE) en su contra, en la cual se acusaba a dicho Estado de haber mantenido sin modificaciones su legislación interna relativa a patentes. Para defender sus intereses y la aplicación de excepciones limitadas, las autoridades canadienses hicieron ver que uno de los objetivos fundamentales del Acuerdo era lograr un equilibrio entre los derechos de propiedad intelectual y las políticas socioeconómicas de los Estados miembros, dos de las cuales, las relativas a salud pública y nutrición, eran definidas por el propio Acuerdo como prioritarias, y que eso era precisamente lo que el Gobierno de Canadá había procurado proteger al conservar su legislación interna.

En el Acuerdo se incorporaron los ya mencionados principios de trato nacional y de nación más favorecida, así como el principio del agotamiento de los derechos de propiedad intelectual. En efecto, en él se regula el principio de trato nacional ya incorporado en el Convenio de París, por el cual se consagra la igualdad de trato entre los Estados miembros, principio que implica que cada parte debe dar a los nacionales de los demás países miembros el mismo trato que a sus propios nacionales. Conforme al trato de nación más favorecida, toda ventaja o privilegio que conceda un Estado miembro a los nacionales de cualquier otro país en materia de derechos de propiedad intelectual, se otorgará inmediatamente y sin condiciones a los nacionales de todos los demás países miembros, con ciertas excepciones descritas en el artículo que establece el principio. Con esta disposición se tendía a evitar las preferencias y la discriminación. Originado en el GATT, este principio fue elevado a la categoría de principio fundamental, toda vez que su modificación exige el concurso de todos los Estados miembros.

Por otra parte, el artículo 6 del Acuerdo sobre los ADPIC dispone que en lo tocante al agotamiento de los derechos de propiedad intelectual, y para los efectos de la solución de diferencias, no se haría uso de ninguna disposición del Acuerdo, pues no existía el consenso suficiente para legislar al respecto. En la práctica, este principio se ha aplicado en distintos niveles. En el ámbito internacional, el titular pierde su derecho exclusivo después de la primera puesta en el mercado de sus productos, permitiendo así las importaciones paralelas. El que no se haya legislado al respecto, y se deje en libertad a los Estados miembros para establecer

el sistema que les parezca más conveniente, deben verse como muestras de la flexibilidad del Acuerdo.

4. La protección de la biotecnología en la OMC

La inclusión de los derechos de propiedad intelectual en la OMC fue resultado de la posición mantenida durante toda la Ronda Uruguay por los representantes de los países desarrollados, que lograron no sólo incorporar los derechos de propiedad que tradicionalmente entraban en este concepto, como las marcas, las patentes y los derechos de autor, en los cuales se introdujeron además modificaciones fundamentales, sino incorporar también elementos nuevos, que los gobiernos de los países en desarrollo no necesariamente pensaban introducir. Un ejemplo particular en tal sentido es el de la biotecnología, materia que se examina a continuación.

a) Patentes

Resalta la divergencia existente en este plano entre los gobiernos de los países desarrollados y los países en desarrollo, pues mientras los primeros pretendían reforzar la protección, los segundos temían que ello limitase el futuro progreso tecnológico nacional. Al final se impuso la posición de los países desarrollados, en el sentido de ampliar el alcance de lo que se consideraba materia patentable, alargar a 20 años el período de protección conferido por las patentes, e invertir la carga de la prueba en el caso de las patentes sobre procedimientos. No obstante, el reforzamiento del derecho de patente se vio atenuado por algunas disposiciones, por lo cual éste quedó bastante limitado en la redacción final del Acuerdo.[5] En cuanto a materia patentable, en el artículo 27.1 del Acuerdo se estableció de modo expreso que eran patentables todas las invenciones, fuesen productos o procedimientos, de todos los campos de la tecnología. De esa forma, tuvo lugar un cambio radical en lo que tradicionalmente se consideraba patentable, al ampliarse su esfera a nuevas materias vivas.

En lo que sigue se examinará lo relativo a la concesión de patentes sobre materia viva, plantas y programas computacionales.

i) Materia viva

Los desarrollos en ingeniería genética fueron uno de los avances científicos más revolucionarios de fines del siglo XX, y han provocado a

[5] En virtud de esas disposiciones, se permitían, por ejemplo, ciertos usos sin autorización del titular de la patente, o se imponían excepciones limitadas a los derechos.

su vez cambios fundamentales en la industria farmacéutica. Surgidos en los países industrializados, tales desarrollos coincidieron con la Ronda Uruguay, por lo cual no podían dejar de estar presentes en el Acuerdo sobre los ADPIC, dada la voluntad de incluir la cuestión de la propiedad intelectual en aquel foro. De ese modo, siguiendo los criterios del Convenio Europeo sobre Patentes, se acordó el otorgamiento de patentes sobre los microorganismos y los procesos no biológicos y los microbiológicos.

Sin embargo, no es fácil trazar el límite entre lo patentable y lo no patentable, no sólo por razones técnico-jurídicas, sino también éticas. Al respecto, Reichman (1993) afirma que en la Ronda Uruguay había discrepancias sobre diversos puntos, entre ellos la patentabilidad de los productos de la naturaleza y de la materia viva en general; los criterios apropiados para determinar la novedad, el grado de invención y el depósito y cumplimiento de los requisitos, así como sobre el campo apropiado de protección. Cabe recordar, en este contexto, que la EPO había otorgado patente sobre un animal transgénico, con el argumento de que los animales podían ser objeto de protección legal si habían sido obtenidos por medio de procesos microbiológicos.

Es importante tener presente que la biotecnología utiliza como materia prima la biodiversidad genética existente. En consecuencia, los Estados latinoamericanos y caribeños, por ser poseedores de una gran riqueza biológica, están en la obligación de protegerla y de derivar de ese bien escaso las ventajas de diversa índole que encierra su uso por parte de terceros.

ii) Plantas

En lo que concierne a las plantas, se deja a criterio de los Estados miembros la posibilidad de excluirlas de la protección mediante patentes, y se los deja en libertad de decidir sobre la modalidad de protección que deba conferirse a las obtenciones vegetales, esto es, patentes, sistemas sui géneris o una combinación de ambos.

Aunque el Acuerdo sobre los ADPIC no obliga a ratificar el Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales de 1978, varios gobiernos latinoamericanos han adherido a éste. Conviene recordar que el convenio de 1978 no permitía acumular la protección por patentes y por derechos de obtentor, restricción que fue eliminada en la revisión de 1991. Además, desde 1998 quedó cerrada la posibilidad de adherir al convenio de 1978 (Correa, 2000a).

La flexibilidad del Acuerdo se refleja también en que deja a los Estados miembros en libertad de elegir. Los gobiernos latinoamericanos deberían cuidar que este sistema propendiese a la conservación,

propagación y obtención de los beneficios en el plano local de la biodiversidad que posee la región, y, asimismo, deberían considerar la posibilidad de introducir mejoras en las variedades de plantas existentes no comercializadas todavía.[6]

Como se sostiene en UNCTAD (1966), una legislación sui géneris puede fomentar también los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica, al facilitar la participación de los usuarios y de los proveedores de germoplasma en los beneficios pertinentes, lo cual puede lograrse, por ejemplo, si se obliga a los solicitantes de protección a divulgar el lugar de origen del material y a probar que han obtenido el consentimiento previo del Estado de origen para hacer uso de éste.

Otro modo en que los Estados latinoamericanos y caribeños podrían cuidar su diversidad biológica y obtener los beneficios correspondientes, consiste en combinar una legislación referida a la protección de las variedades vegetales y las disposiciones del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Ello es perfectamente factible, en particular si se toma en cuenta que el mencionado Convenio reconoce la soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales y la facultad de regular el acceso a los recursos génicos. Además, el Convenio establece que el Estado al que pertenecen los recursos genéticos en cuestión debe dar su consentimiento previo para que un tercer Estado los utilice, y obliga a este último a compartir en forma justa y equitativa con el primero los resultados de las actividades de ID y los beneficios provenientes de la utilización comercial de esos recursos. Por último, en el Convenio se prevé la imposición de medidas destinadas a asegurar, en particular a los países en desarrollo que aportan los recursos genéticos, el acceso a las tecnologías que hacen uso de tales recursos, entre ellas las tecnologías protegidas por patentes.

iii) Programas computacionales

Por otra parte, en una exclusión semejante a la que pesa sobre los métodos para el ejercicio de actividades intelectuales —por ejemplo, los métodos matemáticos—, los programas computacionales no eran

[6] A pesar de que muchos gobiernos latinoamericanos han ratificado ya el Convenio Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales, es interesante conocer la experiencia de India a este respecto. En cumplimiento de las exigencias del Acuerdo sobre los ADPIC, en India se optó por un sistema sui géneris, cuyos principales objetivos son: i) estimular la inversión pública y privada en ID para desarrollar nuevas plantas, velando al mismo tiempo por el retorno de esas inversiones; ii) facilitar el desarrollo de la industria de semillas mediante inversiones nacionales y extranjeras, lo cual asegurará la disponibilidad de semillas y plantas de alta calidad para los agricultores nacionales; y iii) reconocer el aporte que hacen los agricultores y las comunidades tradicionales, rurales y tribales como conservadores de la agrodiversidad del país.

considerados como patentables; pero, dada la importancia de esta industria en los países desarrollados, cada vez se otorga mayor número de patentes sobre aspectos técnicos relacionados con estos programas. De esa manera, en el Acuerdo sobre los ADPIC se optó por protegerlos mediante la modalidad del derecho de autor, pese a que en los países desarrollados se prefería la modalidad de patentes. Reichman (1993) afirma a este respecto que si bien en los países desarrollados y en los países en desarrollo se recurre fundamentalmente al derecho de autor y a las leyes de secreto comercial para reprimir la copia de estos programas, el otorgamiento de patentes para los programas computacionales relacionadas con invenciones ha aumentado en forma clara en los últimos años, especialmente en los Estados Unidos y Japón.

La resistencia mostrada por los representantes de los países en desarrollo a avanzar en la ampliación de la materia patentable se vio en parte atenuada mediante concesiones referidas a plazos de gracia y derogaciones. Sin embargo, estas últimas son más aparentes que reales en lo que concierne a las materias especialmente sensibles, como los productos farmacéuticos y otros.

b) Exclusiones posibles

Al definir la materia patentable, el artículo 27 del Acuerdo sobre los ADPIC establece la posibilidad de aplicar ciertas exclusiones específicas, lo que significa que todo es patentable, salvo lo enumerado en ese mismo artículo. En general, puede excluirse todo lo que tradicionalmente ha quedado exento de protección, como los métodos de diagnóstico y los métodos terapéuticos y quirúrgicos para el tratamiento de personas y animales, así como las invenciones cuya explotación comercial afecte el orden público y la moral, la salud o la vida de las personas o de los animales. También quedan excluidos ciertos productos y procedimientos que pueden ser nocivos para la flora o el medio ambiente.

Además, como ya se señaló, se deja la posibilidad de excluir las plantas, los animales y los procedimientos esencialmente biológicos. La protección de las nuevas variedades vegetales queda a cargo de un sistema específico, distinto al régimen de patentes. Sin embargo, el sistema específico no rige para las nuevas razas animales, por lo que las patentes han sido hasta ahora el único mecanismo para protegerlos, en virtud de una interpretación no restrictiva de la prohibición antes mencionada.

i) Requisitos de patentabilidad

Esta dicho ya que en el Acuerdo se fijan como requisitos de la concesión de patentes la novedad, la inventiva y la aplicación industrial,

pero no se determinan grados mínimos de novedad o inventiva. En tal sentido, los Estados miembros deberán elegir los estándares que desean aplicar. Por ejemplo, podrían estimar que el período de gracia de prioridad de un año establecido en el Convenio de París es suficiente, de modo que no necesitarían prolongarlo, puesto que el hacerlo podría suscitar inseguridad y retardar el desarrollo de las tecnologías locales.[7] En lo concerniente a inventiva, podrían imponerse exigencias altas, a fin de restringir la patentabilidad o, por el contrario, exigencias bajas, con el propósito de fomentar los desarrollos locales.

Es interesante examinar aquí la experiencia vivida en los Estados Unidos en la década de 1980, cuando se introdujeron numerosos cambios en la legislación relativa a los derechos de propiedad intelectual con el fin de inducir el desarrollo de conocimientos tecnológicos en el sector privado. Algunos de los cambios fueron la relajación de los criterios de patentabilidad y, en particular, del concepto de no obviedad, que fue reemplazado por el de éxito comercial. Por otra parte, se hizo menos riguroso el concepto de grado inventivo y se extendió la patentabilidad a la materia viva, cambios que en la práctica han modificado el concepto de invención. Además, en el presente parece estar recurriéndose a la modalidad de patentes para la protección de los descubrimientos (Coriat y Orsi, 2001b).

ii) Limitaciones del derecho de patentes

El Acuerdo sobre los ADPIC contiene algunas disposiciones que limitan el derecho exclusivo conferido por las patentes, específicamente en el artículo 31 —relativo a otros usos sin autorización del titular de los derechos, dentro de los cuales se enmarcan las licencias obligatorias y los mejoramientos realizados a invenciones protegidas— y en el artículo 30, referido a excepciones de los derechos otorgados. En lo concerniente a licencias obligatorias, se imponen varias condiciones mínimas restrictivas, que pueden resumirse de la manera siguiente: i) cuando el titular de una patente se haya negado a conceder autorización, dentro de un plazo prudencial, para que un agente solicitante haga uso, en condiciones razonables, del bien protegido, el Estado en cuestión puede hacer uso público del bien, sin fines comerciales, en caso de emergencia nacional o de extrema urgencia; ii) la autorización que se otorga a través de este mecanismo no es exclusiva; iii) el uso otorgado de esta manera no puede ser objeto de cesión, excepto que se ceda en conjunto con la empresa o intangible al cual se aplica; iv) este uso es oneroso, lo que significa que

[7] En los países en desarrollo, muchas veces se ha prolongado el año de prioridad mediante el recurso de revalidar las patentes, con la finalidad de atraer inversión extranjera.

el titular tendrá siempre tiene derecho a una remuneración; y v) los usos sin autorización del titular tienen el objetivo principal de abastecer el mercado interno del país miembro en que se establezca ese uso.

Por otra parte, el Acuerdo limita en forma importante la norma del Convenio de París que consagra la posibilidad de conceder licencias obligatorias en caso de abuso del ejercicio del derecho, ejemplo de lo cual es la no explotación de la materia protegida. Según el Acuerdo, en cambio, se podrá gozar de derechos de patente cualquiera que fuese el origen de los productos, esto es, sea que provengan del exterior o hayan sido producidos en el país. De esa forma, no se podrá imponer una licencia obligatoria por no explotación en el país en que se ha concedido el derecho, salvo que se cumplan las condiciones del artículo 31 y que en el país donde se proponga autorizar su uso obligatorio haya problemas de abastecimiento interno de ciertos productos esenciales, como medicamentos u otros.

iii) Mejoramientos y patentes dependientes

El mismo artículo 31 establece normas relativas al problema que suscita la entrega de una segunda patente cuya explotación infrinja una primera patente. Esta norma podría aplicarse a los mejoramientos que se introducen en una innovación ya protegida por patentes. Las condiciones mínimas para el otorgamiento de otra patente son: i) la mejora debe significar un avance técnico de importancia económica considerable; ii) el titular de la primera patente tendrá derecho a una licencia cruzada en condiciones razonables; y iii) no podrá cederse el uso autorizado de la primera patente sin cesión de la segunda.

Al interponer un serio obstáculo al desarrollo local de tecnología por medio del mejoramiento de tecnología importada, la observación de esta norma podría llegar a constituir un impedimento para la transferencia, promoción y desarrollo de tecnología en aquellos países en que no se posee aún la capacidad tecnológica ni los medios para llevar a cabo tales propósitos, dado que impone condiciones que difícilmente cumplen las tecnologías de nivel inferior de los países no desarrollados. Eventualmente, esta exigencia podría hacer imposible o ineficaz la explotación de una segunda patente referida a una mejora o un desarrollo tecnológico local de nivel inferior. Una forma de atenuar esta exigencia consiste en interpretarla de manera restrictiva, en conformidad con los objetivos estipulados en el artículo 7 del Acuerdo sobre los ADPIC.

iv) Excepciones limitadas de los derechos

En virtud del artículo 30 del Acuerdo, los Estados miembros pueden imponer excepciones limitadas a los derechos exclusivos conferidos por una patente, siempre que se den las condiciones siguientes: i) que las

excepciones no atenten de manera injustificada contra la explotación normal de la patente; ii) que no causen perjuicio injustificado a los intereses legítimos del titular; y iii) que se tengan en cuenta los intereses legítimos de terceros.

La jurisprudencia existente en la OMC con respecto a la propiedad intelectual, muy poco abundante por lo demás, versa precisamente sobre el sentido y alcance de esta última norma. Se hizo mención ya de la reclamación presentada por la CE contra el Gobierno de Canadá, para que en este país se revisara la legislación en materia de patentes. Como se indicó poco más arriba, para defender sus intereses y la aplicación de excepciones limitadas, las autoridades canadienses invocaron los artículos 7 y 8 del Acuerdo sobre los ADPIC, referidos a la protección de la propiedad intelectual. Sobre esa base, sostuvieron que los gobiernos debían tener la flexibilidad necesaria para ajustar los derechos de patentes, a fin de mantener un equilibrio entre tales exigencias y las políticas nacionales consideradas prioritarias. El grupo especial formado en la OMC para resolver sobre este conflicto declaró, finalmente, que la existencia misma del artículo 30 equivalía a reconocer que la definición de los derechos de patentes contenida en el artículo 28 necesitaba ciertos ajustes, y agregó que, pese a ello, no procedía una renegociación del equilibrio básico logrado en el Acuerdo. Al pronunciarse acerca de la compatibilidad de la legislación de Canadá con el artículo 30, el grupo especial declaró que las condiciones establecidas en ese artículo eran acumulativas, esto es, tenían que concurrir todas ellas para que se autorizase la excepción.

c) Retroactividad del Acuerdo en lo concerniente a protección de productos farmacéuticos y químicos para la agricultura

En el artículo 65.4 del Acuerdo sobre los ADPIC se determina que cuando en un país en desarrollo se está en la obligación de proteger por medio de patente de productos a sectores de tecnología que no gozaban de ese beneficio a la fecha de aplicación del Acuerdo, se concederá al Estado en cuestión, además de los cinco años de gracia que se le reconocían por otros conceptos, un período adicional de cinco años, lo que le da un total de diez años de gracia para adaptar la legislación nacional.

Sin embargo, según se desprende del artículo 70.8 y 70.9, cuando tal protección atañe a productos farmacéuticos y químicos para la agricultura, el período de gracia es sólo aparente y, más aún, las disposiciones adquieren carácter retroactivo. En efecto, los Estados miembros podrán presentar solicitudes de patentes desde la fecha de entrada en vigor del Acuerdo, esto es, desde el 1 de enero de 1995. Por otra parte, los Estados están en la obligación de otorgar derechos exclusivos de comercialización durante un período de cinco años, contados a partir de la fecha en que fue

autorizada la comercialización, bajo determinadas condiciones, para un producto con respecto al cual se ha presentado una solicitud de patente, sea que ésta se otorgue o se rechace.

Puede advertirse, entonces, que los titulares de patentes gozan de un grado máximo de protección, pues no sólo se les garantiza la posibilidad de preservar hasta 2005 la novedad, mediante la presentación de la solicitud respectiva, sino que los Estados miembros están obligados a otorgarles derechos exclusivos de comercialización bajo ciertas condiciones incluso durante el período anterior a ese año, esto es, aun si en 2005 la invención de marras ha dejado ya de ser considerada como susceptible de estar amparada por una patente. De ese modo, con el establecimiento de los derechos exclusivos de comercialización, se ha ganado un período de exclusividad sin necesidad de patente y, por lo tanto, sin necesidad de cumplir con los criterios de patentabilidad exigidos en el país en que se otorgan los derechos exclusivos.

i) Protección de la información no divulgada

El Acuerdo sobre los ADPIC hace referencia a la protección contra la competencia desleal determinada en el Convenio de París (artículo 10 bis) como base de la protección de la información divulgada. Si bien no define qué se entiende por información no divulgada, contempla los siguientes requisitos para su protección: i) que la información sea secreta, esto es, no sea de fácil acceso; ii) que tenga valor comercial por el hecho de ser secreta; y iii) que se hayan tomado medidas razonables para mantenerla en secreto. No se establece ninguna restricción acerca de la naturaleza de la materia susceptible de protección; por lo tanto, gozará de ella cualquier información que cumpla con estos requisitos. Conviene notar que mientras la información no se divulgue, la protección es de duración indefinida, vale decir, su titular conserva la exclusividad mientras mantenga en secreto la información.

La puesta en vigor de estas normas podría ser de gran valor para los países en desarrollo si se aplicaran a los conocimientos tradicionales o bienes contenidos en ellos, cuyos beneficios obtienen hoy, en forma casi exclusiva, las grandes empresas transnacionales que están en condiciones de explotarlos. Entre esos conocimientos y bienes, basados en general en los recursos genéticos existentes en estos países, figuran la medicina natural, las plantas medicinales y la medicina de los pueblos aborígenes. No obstante, es difícil enmarcarlos dentro de las actuales modalidades de propiedad intelectual, como patentes y derechos de autor, no sólo porque no cumplen con los requisitos para ello, sino también por la falta de recursos para acceder al sistema imperante. Por ello, las normas recién mencionadas podrían llegar a ser, por su misma flexibilidad, valiosos

instrumentos para la protección y la preservación de los conocimientos tradicionales.

ii) Indicaciones geográficas

Las indicaciones geográficas fueron incluidas en el GATT por iniciativa de varios Estados europeos, donde reviste gran importancia la determinación del origen geográfico de diversos productos agrícolas. El Convenio de París, nacido precisamente en Europa, ya reglamentaba acerca de las indicaciones de procedencia o denominaciones de origen, como un elemento más susceptible de protección, y establecía sanciones en caso de que se diesen indicaciones falsas sobre la procedencia del producto. Pese al potencial económico que encierra, el mecanismo ha sido aplicado en forma muy aislada en América Latina y el Caribe.

Según se define en el artículo 22.1 del Acuerdo sobre los ADPIC, las denominaciones de origen son aquellas que identifican un producto como originario de un territorio específico de un país o de una región o localidad de ese territorio, cuando la calidad, la reputación u otra característica del producto sean atribuibles, en lo fundamental, a su origen geográfico. Aunque suelen distinguirse las denominaciones de origen y las indicaciones de procedencia, el Acuerdo opta por un concepto amplio, sin referirse a las diversas modalidades presentes en la doctrina sobre la materia y en las distintas legislaciones nacionales.

De igual modo, el Acuerdo establece medidas de observancia que garantizan el respeto de la indicación geográfica, pero limita su utilización como marca sólo a aquellos casos en que ello permite evitar que el uso antojadizo de la indicación geográfica induzca a error en cuanto al verdadero lugar de origen del producto.

Las indicaciones geográficas pueden ser de particular importancia para los países en desarrollo, entre ellos los de América Latina y el Caribe, en muchos de los cuales hay productos naturales o artesanales que podrían valorizarse merced a este mecanismo. En efecto, estas indicaciones dicen relación con la producción en pequeña escala de artículos con características especiales, atribuibles fundamentalmente a su lugar de origen. Por otra parte, su aplicación contribuye a preservar la biodiversidad, a diferencia de lo que ocurre con las variedades agrícolas transgénicas, que tienden a fomentar el monocultivo.

iii) Marcas de fábrica o de comercio

La preocupación en torno a las marcas y el derecho de autor fue una de las razones principales que llevaron a la inclusión del concepto de propiedad intelectual en el GATT, lo cual estuvo movido en particular por

las reclamaciones de los representantes de las naciones industrializadas en lo concerniente, entre otras causales invocadas, a la comercialización de productos falsificados y la protección insuficiente de la marca.

Las marcas son el signo distintivo más visible de los productos y servicios. Los bienes de procedencia biotecnológica no escapan al imperio de las marcas, porque es el instrumento de propiedad intelectual que permite a las empresas del ramo dar a conocer el origen y las supuestas virtudes de sus productos y servicios.

El Acuerdo sobre los ADPIC amplía enormemente los signos que pueden constituir marca, pues éstos no deben cumplir otra condición para ser tales que la de servir para diferenciar el objeto. La flexibilidad de la norma no termina allí, pues se establece al mismo tiempo que aun si ciertos signos no tienen por sí solos capacidad distintiva, pueden de todos modos registrarse como marca si el uso les ha otorgado esa virtud. No es imposible que esta disposición ocasione algún problema con los nombres genéricos, pues un empresario podría aducir que tienen capacidad distintiva, para después registrarlos y, de esa forma, obtener un derecho exclusivo sobre algo que, por su propia naturaleza, debería estar al alcance de todos cuantos operen en el rubro en cuestión. Por lo tanto, es preciso imponer limitaciones a esta norma, para que los derechos exclusivos sobre los nombres genéricos no impidan su utilización por otros agentes.

Por otra parte, se prohíbe definitivamente a los Estados miembros el establecimiento de licencias obligatorias con respecto a las marcas. También se hace aplicable el artículo 6 bis del Convenio de París (versión 1967), que estipula la protección de la llamada marca notoria.

Aunque el Acuerdo sobre los ADPIC no obliga a utilizar una marca registrada, impone normas mínimas para su regulación si eventualmente llegase a exigirse ese requisito. Por ejemplo, determina un período de tres años para el no uso de una marca ya registrada, después del cual puede solicitarse la nulidad de ésta por falta de uso, aunque también contempla la posibilidad de que el titular presente razones para justificar esa falta, con lo cual se evita la revocación de aquella. Esta norma es similar a la contenida en el Convenio de París, sólo que esta última no establecía un plazo fijo sino uno equitativo para la revocación, la cual se hacía efectiva sólo si el titular no daba cuenta de las causas de su inacción.

La importancia de las marcas y sus ventajas para la competitividad han llegado a un extremo tal, que hoy no se concibe la comercialización de un producto sin marca. Ello se ve reflejado en el capítulo del Acuerdo relativo a la observancia de los derechos de propiedad intelectual, en el que se imponen sanciones penales en el caso de falsificación dolosa de

marcas o piratería del derecho de autor, así como la obligación de los Estados miembros de tomar medidas para hacer respetar estos derechos.

5. Observancia de los derechos y solución de conflictos

El establecimiento de derechos sustantivos carece de sentido si no va acompañado de instrumentos legales y judiciales para su respeto y resguardo. Dado que la principal reclamación de los representantes de las naciones desarrolladas se refería precisamente al no respeto de los derechos de propiedad intelectual en ciertos países, y a la carencia de un sistema centralizado de solución de conflictos, en el Acuerdo sobre los ADPIC se incluyó, en respuesta a esas quejas, un capítulo relativo a la observancia de estos derechos, al tiempo que se ponía en funcionamiento el mecanismo de solución de conflictos establecido en la OMC.

a) Observancia de los derechos

Según las disposiciones del Acuerdo, los Estados miembros deben disponer de procedimientos eficaces en materia civil y criminal para garantizar la protección de los derechos de propiedad intelectual y evitar la creación de obstáculos al comercio legítimo, con lo cual se refuerza el carácter comercial que se ha dado a estos derechos. Sin embargo, la aplicación de sanciones penales es obligatoria sólo cuando haya falsificación dolosa de marcas o piratería lesiva del derecho de autor a escala comercial, restricción que responde a la tendencia mundial de imponer únicamente sanciones civiles, y en particular pecuniarias, a las infracciones de este derecho.

En cuanto a los procedimientos legales, se establecen medidas que refuerzan la observancia y la protección del derecho y coartan hasta cierto punto la posibilidad de infracción. Por ejemplo, el juez que lleva la causa pertinente está facultado para ordenar que el presunto infractor aporte pruebas que estén en su poder, salvaguardando en todo momento el carácter confidencial de la información. Otra norma en igual sentido, cuya puesta en vigor habían exigido desde mucho tiempo antes los titulares de patentes, es la de inversión de la carga de la prueba en las patentes de proceso. Es tal la importancia que el Acuerdo concede a esta medida, que la ubica en la parte relativa a los derechos sustantivos y no en la relativa a los aspectos formales, como ocurre con los procedimientos de observancia.

Dentro de las medidas de observancia, cabe destacar las prescripciones especiales relacionadas con las medidas de frontera, que en

general no formaban parte de la legislación de los países en desarrollo, en particular por falta de medios para su puesta en práctica. Estas medidas tienen por objeto impedir que ingresen en los circuitos comerciales de un Estado mercaderías que infrinjan los derechos de propiedad intelectual en su país de origen. En consecuencia, al limitar el tráfico internacional de mercaderías infractoras, estas disposiciones operan en la práctica como un eslabón de la cadena de seguridad mundial.

En suma, los Estados suscriptores del Acuerdo están obligados a hacer respetar las medidas que versan sobre falsificación de marcas y mercaderías piratas, prácticas éstas que lesionan el derecho de autor. Con ello se cumple el mínimo del convenio. No obstante, según se establece en el artículo 51, tales disposiciones son facultativas en lo que atañe a los restantes derechos de propiedad intelectual, esto es, los referidos a patentes, diseños y otros.

En consecuencia, los titulares de derechos de propiedad intelectual sobre los resultados de la biotecnología sólo pueden beneficiarse de las disposiciones relativas a los derechos de propiedad intelectual protegidos por medio de marcas o derechos de autor. Estos últimos protegen el nombre con que se comercializan los productos y los resultados de la bioinformática.

b) Solución de diferencias

El artículo 64 del Acuerdo sobre los ADPIC consagra la aplicación de las disposiciones de los artículos XXII y XXIII del GATT de 1994 y del Entendimiento sobre Solución de Diferencias (ESD). En ellos se sostiene, en síntesis, que cualquier controversia entre las partes que no haya podido ser resuelta mediante el procedimiento de consulta, podrá someterse a un grupo especial de expertos, los cuales, después de oír a las partes y recabar información y asesoramiento técnico, deberán emitir un informe con sus conclusiones. En forma paralela, puede recurrirse a los procedimientos de buenos oficios o conciliación y de arbitraje, que son siempre voluntarios. Se trata de dos mecanismos sumamente flexibles, pues el proceso de conciliación puede concluir en cualquier etapa de su transcurso si las partes han arribado a un acuerdo, y el mecanismo de conciliación puede comenzar a operar también en cualquier etapa. De ese modo, la negociación y el mutuo acuerdo prevalecen por sobre la jurisdicción.

Las partes se comprometen a recurrir al mecanismo de solución de diferencias y a expresar toda determinación sólo por conducto de éste, en coherencia con las decisiones que haya adoptado el Órgano de Solución de Diferencias o el laudo arbitral.

6. Negociaciones sobre propiedad intelectual en América

La cuestión de la propiedad intelectual ha suscitado un intenso debate, como parte de inquietudes mucho más amplias relativas al papel que pueden cumplir estos derechos en la difusión de las innovaciones y el conocimiento. Las discusiones han girado, en lo esencial, en torno a las consecuencias que puede acarrear el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual sobre el desarrollo de la capacidad tecnológica nacional y el acceso a herramientas fundamentales para la salud —como los medicamentos— y la educación, como las bases de datos y los programas computacionales. Dentro de esta progresión, no es de extrañar que la cuestión de la propiedad intelectual, vinculada en los años sesenta a los problemas del desarrollo y, en forma más reciente, a las agendas de comercio, comience a vincularse ahora a otra dimensión fundamental de las inquietudes actuales, la del resguardo del medio ambiente.

En efecto, en las negociaciones que se han celebrado últimamente en el ámbito hemisférico para la formación del Área de Libre Comercio de las Américas (ALCA), no han dejado de estar presentes, y en relación bastante estrecha, la cuestión de la propiedad intelectual y los aspectos ambientales. Ello se ha manifestado de dos formas: primero, por la inclusión en tales negociaciones de los problemas de acceso a los recursos genéticos, distribución equitativa de los beneficios derivados de su utilización, y protección del conocimiento tradicional; en segundo lugar, por la inclusión de los problemas de promoción del desarrollo y de transferencia de tecnologías no lesivas para el medio ambiente. La mayoría de los autores y organizaciones que se han referido a ello prestan particular atención a los efectos que los derechos de propiedad intelectual sobre formas vivas podrían tener sobre la biodiversidad y las comunidades indígenas y campesinas. Los argumentos cubren un amplio espectro, desde la piratería sobre los recursos y conocimientos tradicionales, hasta la imposibilidad de los campesinos de guardar e intercambiar semillas de variedades protegidas por estos derechos, pasando por las consecuencias ambientales y económicas de los OGM. En definitiva, hay una compleja trama de relaciones entre propiedad intelectual, recursos genéticos, distribución de beneficios y conocimiento tradicional.

Sin embargo, para comprender mejor las tratativas concernientes al ALCA, parece prudente pasar revista a otros acuerdos o intentos de acuerdo multinacionales, tales como el TLC, algunas negociaciones bilaterales que abordan estos problemas, y dos importantes acuerdos

al respecto: el Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura de la FAO.

a) El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC)

En el capítulo XXVII del TLC constan las regulaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual que regirán el comercio entre Canadá, los Estados Unidos y México, en las cuales se tocan aspectos tales como las obligaciones de las partes y la aplicación de tales derechos.

Conforme a esas disposiciones, las partes deberán aplicar como mínimo, para la debida protección de estos derechos, las normas sustanciales de cuatro instrumentos, a saber, la Convención internacional para la protección de los artistas ejecutantes, los productores de fonogramas y los organismos de radiodifusión; la Convención de Berna para la protección de las obras literarias y artísticas; el Convenio de París, y el Convenio correspondiente a la UPOV.[8]

Los países miembros del TLC optaron directamente por el sistema de la UPOV, y no sería de extrañar que pretendieran que los países del hemisferio que aún no se han incorporado a la UPOV se afiliaran a ella, probablemente por medio de un tratado colectivo de libre comercio, que podría encontrar menos resistencia que la afiliación individual. Según se ha indicado, se escogió esa opción porque si bien en el artículo 1709.3 del TLC se establece que las plantas pueden ser objeto de patentabilidad, el sistema de la UPOV dispone que las nuevas variedades de plantas deben quedar protegidas mediante el régimen de patentes, mediante un régimen sui géneris o una combinación de ambos.[9] En conformidad con el artículo 1701.3 del TLC, el Gobierno de México deberá hacer todos los esfuerzos posibles por cumplir con las disposiciones sustantivas del Acta de 1978 o de 1991 de la UPOV en un plazo no superior a dos años, contados a partir de la suscripción del Tratado, obligación que se impone a México porque Canadá y los Estados Unidos ya formaban parte de la UPOV antes de la firma del TLC.

En lo que respecta a derechos de autor, marcas, indicaciones geográficas, trazados de circuitos electrónicos y secretos comerciales, el TLC contempla, en lo esencial, los mismos puntos del Acuerdo sobre los ADPIC, por lo que sería ocioso exponerlos aquí nuevamente.

---

[8] Las partes pueden adherir indistintamente al acta de 1978 o al acta de 1991 de la UPOV, para no obligar a las que hubieran suscrito la de 1978 a acogerse a la de 1991, que contiene notables diferencias con la primera.

[9] Como se advierte, las disposiciones son análogas a las contenidas en el Acuerdo sobre los ADPIC.

En el ámbito de las patentes, se otorga protección a procedimientos y productos, lo cual es de especial trascendencia para el área farmacéutica y de agroquímicos, situación que también se da en el Acuerdo sobre los ADPIC. Como se verá en el apartado sobre el ALCA, diversos agentes estadounidenses pretenden reforzar aún más estas disposiciones.

Ya se vislumbra que la concesión de licencias obligatorias y las causales de revocación de patentes encontrarán algunas limitaciones en el TLC, pues se establece un mandato sobre las licencias conforme al cual las partes deben asegurar que aquellas no afecten de modo irrazonable la normal explotación de las patentes, ni tampoco perjudiquen de modo irrazonable los intereses legítimos de los titulares de las patentes, para lo cual se tomará en cuenta el interés de la colectividad. Por otra parte, las causales de revocación se reducen a dos: cuando existan motivos suficientes para el no otorgamiento de la patente, y cuando la aplicación de una medida compulsoria no ponga fin a la falta de explotación de una patente.

Conviene destacar que la legislación mexicana fue aquella que debió someterse a mayores ajustes para alcanzar los estándares establecidos por los gobiernos de Canadá y los Estados Unidos; por otra parte, es muy probable que los tres Estados impulsen medidas tendientes a una mayor protección de los derechos de propiedad intelectual en el ALCA. Sin embargo, en los restantes países de América es necesario analizar cuidadosamente si es posible avanzar aún más de lo que ya se ha hecho con el Acuerdo sobre los ADPIC en lo relativo al reconocimiento de los derechos de propiedad.

b) El Acuerdo de Libre Comercio de las Américas (ALCA)

En el ALCA, la cuestión de los derechos de propiedad intelectual se ciñe a los principios de la Declaración Ministerial de San José, de marzo de 1998, donde se enunciaba la necesidad de reducir las distorsiones del comercio hemisférico y asegurar una adecuada protección de estos derechos. Asimismo, se sostenía que era preciso analizar detalladamente la propuesta planteada por el Gobierno de los Estados Unidos antes de que se hiciera público el borrador del texto del ALCA. En dicha propuesta, el gobierno estadounidense instaba a sus pares del hemisferio a adaptar su respectiva legislación, toda vez que con ello no se haría más que complementar los compromisos ya suscritos por los Estados miembros de la OMC en virtud del Acuerdo sobre los ADPIC, en las áreas de derechos de autor, patentes, secretos comerciales, marcas, indicaciones geográficas y carácter coercitivo de las leyes de propiedad intelectual.

En materia de derechos de autor, el gobierno estadounidense proponía que los Estados de América Latina y el Caribe adhirieran al Tratado de Derechos de Autor y al Tratado de Interpretación Artística y Fonogramas de la OMPI, que establecen importantes regulaciones respecto a redes digitales, las cuales aseguran a los autores que sus obras no serán reproducidas en línea sin su autorización. En lo relativo a marcas, dicho gobierno sugería la adopción de varios instrumentos, a saber, la propuesta consensuada de la OMPI, de 1999, relativa al reconocimiento de las marcas notorias; la propuesta consensuada bajo el Convenio de París de 1967; el Acuerdo sobre los ADPIC, y el Protocolo de Madrid de 1989, concerniente al registro internacional de marcas.

En materia de denominaciones de origen, el gobierno estadounidense sugería que se aclarase la relación existente entre éstas y las marcas, en el sentido de dictaminar que las primeras debían ser consideradas como marcas cuando estuviesen compuestas de palabras, letras, números, elementos figurativos y colores, a fin de que su registro no significara una violación de los derechos de los titulares de las marcas preexistentes.

La posición del Gobierno de los Estados Unidos era aún más fuerte en lo relativo a patentes, pues proponía limitar las circunstancias en que podían obtenerse licencias obligatorias, ya que éstas se prevén para fines públicos no comerciales o para situaciones de emergencia nacional o de extrema urgencia, y sólo habilitan a terceros para actuar en nombre del gobierno respectivo para vender en el territorio nacional o en el mercado externo. En el mismo tenor, debía indemnizarse al titular de la patente de modo razonable y completo, y no podía exigírsele que transfiriera información no divulgada o conocimientos técnicos relacionados con el invento, pese a que ello había sido requerido más de una vez en los Estados Unidos para la concesión de licencias obligatorias. Además, en consonancia con la práctica vigente en este país, se sugería que las licencias obligatorias se concediesen exclusivamente para enmendar comportamientos definidos como anticompetitivos por una autoridad competente, sin que pudiese esgrimirse ninguna otra razón para ello. En suma, todos los Estados miembros del ALCA debían amoldarse a lo prescrito por el derecho estadounidense y renunciar al margen de maniobra que brinda en esta materia el Acuerdo sobre los ADPIC, margen que ha sido aprovechado tanto en los países desarrollados como en los países en desarrollo (Correa, 2000a).

Además, la propuesta estadounidense sobre patentes limitaba las circunstancias en las cuales los Estados miembros del ALCA podían realizar los trámites necesarios para que las autoridades de salud aprobaran, antes de que se venciera el plazo pertinente, las patentes sobre productos farmacéuticos genéricos y productos químicos para la

agricultura. Esta limitación se imponía con el fin de retrasar el momento en el cual los productos genéricos debían entrar, a precios muy bajos, en el mercado, y de proteger de ese modo a los titulares de las patentes, que en la zona de ALCA son por lo general estadounidenses.

La moción definía también, de una manera más restrictiva que el Acuerdo sobre los ADPIC, los procesos y productos que debían quedar excluidos de patentabilidad. En efecto, no podrían gozar de tal beneficio, primero, aquellos procesos y productos cuyo uso comercial en los países del ALCA pudiese contravenir el orden público y la moral o poner seriamente en peligro la salud humana, animal y vegetal y el medio ambiente, y, segundo, los diagnósticos médicos o veterinarios, así como los procedimientos terapéuticos y quirúrgicos. La proposición estadounidense se refería, asimismo, a la posibilidad de otorgar patentes sobre plantas y animales.

Por otra parte, las causales de revocación de las patentes debían limitarse a aquellos casos en que existiese una justificación plena en tal sentido. Si se une este punto con el anterior, resulta que las patentes podían revocarse sólo en muy pocos casos, con lo cual quedarían fuera de las causales pertinentes hechos tales como la no explotación, el abuso del derecho y la violación de normativas de acceso a los recursos genéticos (Correa, 2000a).

Por último, la propuesta estadounidense era más rigurosa que la latinoamericana en lo concerniente a la imposición del respeto de los derechos de propiedad intelectual, pues planteaba, por ejemplo, que las indemnizaciones por violación de estos derechos debían pagarse por cualquier daño o perjuicio, y planteaba asimismo que los gobiernos podían entablar demandas judiciales de oficio en contra de los piratas.

En definitiva, de este análisis parece desprenderse que los negociadores estadounidenses querían que los demás Estados de América se ajustasen a su legislación interna, que es mucho más proteccionista que el Acuerdo sobre los ADPIC con respecto a las corporaciones estadounidenses, especialmente las farmacéuticas y de agroquímicos.

En el borrador del texto del ALCA se resumen las propuestas presentadas por los diferentes Estados. El examen de dicho material permite determinar la existencia de al menos dos corrientes: una que pretendía eliminar exclusiones a la patentabilidad de plantas y animales, y otra que abogaba por mantener el sistema establecido en el artículo 27-3.b del Acuerdo sobre los ADPIC, es decir, que defendía la libertad de escoger un sistema sui géneris y la protección de los conocimientos tradicionales y el folclore. Hubo también otras propuestas, relacionadas con las anteriores, referidas a mayor tutela de las bases de datos y mayor

protección de los secretos comerciales, especialmente cuando guardan relación con datos obtenidos en los procedimientos de aprobación de químicos y medicamentos.

En función de lo hasta aquí argumentado, parece posible concluir que, en lo que atañe al reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual, no sería de gran provecho para los países de la región avanzar más allá del Acuerdo sobre los ADPIC, cuya vigencia ha inducido ya una significativa redistribución del ingreso desde los países en desarrollo hacia los países desarrollados, sin que pueda decirse que con ello haya mejorado el bienestar mundial.

c) El Convenio sobre la Diversidad Biológica

La posibilidad de explotar la enorme riqueza biológica de los países tropicales, entre ellos los de la región, sus recursos genéticos y bioquímicos y el conocimiento tradicional asociado, constituye hoy una realidad incontestable. Los avances de las técnicas de exploración de organismos y de las nuevas biotecnologías han permitido mirar con nuevos ojos el valor encerrado en los recursos y conocimientos tradicionales de América Latina y el Caribe. Las empresas agroquímicas, de semillas y farmacéuticas parecen cada vez más interesadas en sondear las riquezas naturales de la región y utilizar el conocimiento tradicional como guía para sus investigaciones.

En el presente, sin embargo, rigen diversos marcos reguladores, cuya configuración se comentará más adelante, que someten a varias condiciones el acceso a tales recursos y conocimientos. En efecto, éste debe cumplir a lo menos con tres requisitos: primero, el consentimiento fundamentado previo del Estado y demás titulares del conocimiento o del recurso biológico, genético y bioquímico; segundo, la celebración de negociaciones acerca del modo en que se distribuirán los beneficios derivados del acceso a la biodiversidad y el conocimiento tradicional asociado, las cuales han de concluir en un convenio que contemple los términos mutuamente acordados con respecto al modo en que tendrá lugar el acceso, y, tercero, la conservación de la biodiversidad y la creación de capacidades nacionales para otorgar mayor valor agregado a los recursos naturales propios de cada país.

Como se advierte, los marcos reguladores aludidos no versan sólo sobre el control del acceso a los recursos biológicos, genéticos y bioquímicos; también deben proteger el conocimiento, las innovaciones y las prácticas de las comunidades locales, los pueblos indígenas y los campesinos. Éstos han desarrollado durante centurias sus propios sistemas, prácticas y conocimientos en materia agrícola, combate de plagas, manejo de recursos

naturales y medicina tradicional. Todos estos elementos han sido, desde luego, de utilidad para sectores sociales diferentes, y han sido reconocidos como bienes públicos no excluyentes, de acceso libre y gratuito. No obstante, a partir de esos recursos genéticos obtenidos sin costo alguno, en los países industrializados se han desarrollado productos de diversa índole, como nuevas variedades vegetales y productos farmacéuticos y plaguicidas, que eran definidos como propiedad privada y estaban sujetos a derechos de propiedad intelectual, bienes que después se vendían en los países en desarrollo. Se configuró así una relación de abierta asimetría: los países del sur suministraban gratuitamente recursos genéticos a las empresas del norte, y luego debían comprar a éstas los productos finales derivados de esa entrega sin costo. Tal asimetría necesitaba una justificación, y por ello se echó mano, un poco al azar, a la idea de que la diversidad biológica era patrimonio común de la humanidad, es decir, un bien público por cuyo aprovechamiento no debía hacerse desembolso alguno. Por supuesto que los plaguicidas, los medicamentos y las semillas mejoradas se ubican bajo el alero de otro concepto: el de propiedad privada. La asimetría continuaba siendo tan visible como antes.

De todo ello surgió una corriente internacional de rechazo al concepto de patrimonio común de la humanidad, al tiempo que, en contraste, se hacía aún más vivo el interés de las empresas farmacéuticas, químicas, biotecnológicas y de semillas en los recursos genéticos en estado silvestre y en el conocimiento tradicional de los pueblos indígenas y las comunidades locales. Toda esta problemática quedó recogida en las discusiones que tuvieron lugar en la Cumbre de la Tierra (Rio de Janeiro, 1992), las cuales culminaron con la firma de un instrumento en que se procuraba en cierto modo encontrar un punto de equilibrio entre estas posiciones divergentes, a saber, el Convenio sobre la Diversidad Biológica.[10] No obstante, el que se logre efectivamente un mayor equilibrio dependerá, en última instancia, de la voluntad de las distintas partes de cooperar entre sí para establecer políticas y leyes sobre acceso a los recursos y distribución de los beneficios conexos.

En lo que sigue se examinarán algunos artículos del Convenio de particular pertinencia para el contenido de este capítulo.

El Convenio reafirma la soberanía de los Estados sobre sus recursos naturales (artículo 3). Dicha soberanía conlleva la posibilidad de regular el acceso a los recursos y al conocimiento asociado, acceso que debe estar sujeto a lo que disponga la legislación nacional y a una distribución justa y equitativa de los beneficios entre los diversos actores (artículos

[10] Cabe señalar que el Gobierno de los Estados Unidos no ha ratificado aún el Convenio, pese a haberlo firmado en 1993.

15, 16 y 19).[11] El artículo 3 establece que, de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental. Esta declaración, reiterada en el preámbulo, debe ser complementada por las disposiciones del artículo 15 del Convenio, que regula lo concerniente a la facultad de cada gobierno, de acuerdo con su legislación nacional, de controlar el acceso a los recursos genéticos (inciso 1). No obstante, cada parte contratante deberá facilitar el acceso a dichos recursos para utilizaciones ambientalmente adecuadas, y no podrá imponer restricciones contrarias a los objetivos del Convenio (inciso 2). El acceso está sujeto al consentimiento fundamentado previo de la parte contratante, salvo que ésta disponga otra cosa, y se efectuará en condiciones mutuamente acordadas (incisos 4 y 5). Por último, cada parte podrá tomar las medidas legislativas, administrativas o de políticas, según proceda, conforme a los artículos 16 y 19, para compartir en forma justa y equitativa los resultados de las actividades de ID y los beneficios derivados de la utilización comercial y de otra índole con la parte contratante que aporta esos recursos. Esta participación se efectuará también en condiciones mutuamente acordadas.

El propósito de estas disposiciones es claro: si se realizan investigaciones que tengan como fundamento recursos genéticos, tanto los resultados —un nuevo conocimiento— como los beneficios —un porcentaje de las eventuales regalías— deben ser compartidos entre la parte que aportó los recursos y la parte que obtuvo los resultados o los beneficios correspondientes.

Al amparo de estas disposiciones, los representantes de los países en desarrollo aprovecharon su calidad de poseedores de recursos genéticos para negociar normas internacionales tendientes a la adquisición y transferencia de tecnología, preocupación común desde los años setenta, intensificada ahora por dos motivos: el primero de ellos es la utilización creciente de recursos genéticos como materia prima para los desarrollos biotecnológicos, pese a lo cual no se ha compensado hasta ahora en forma suficiente a tales Estados por el valor de la materia prima, ni tampoco por la contribución de los agricultores y pueblos indígenas al mejoramiento de los cultivos y animales o sus aportes en materia de medicina natural y combate de plagas. El segundo motivo tiene que ver con el hecho de que la nueva tecnología está casi exclusivamente en manos del sector privado. En consecuencia, los representantes de los países en desarrollo

[11] Otros objetivos del Convenio son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes, la transferencia de las tecnologías pertinentes y una financiación apropiada, teniendo en cuenta todos los derechos vigentes sobre tales recursos y tecnologías.

plantearon la necesidad de incluir en el Convenio normas relativas, en especial, a la distribución de los beneficios derivados del uso de la diversidad biológica. Esta propuesta fue rechazada inicialmente por los representantes de varias naciones desarrolladas, que deseaban un convenio más clásico, referido sólo a conservación y utilización de la biodiversidad, como había sido la tónica de otros tratados internacionales. Desde luego, estos últimos propusieron también el fortalecimiento de la normativa sobre derechos de propiedad intelectual, uno de los puntos que se discutían en ese momento en las negociaciones internacionales sobre comercio, especialmente en la Ronda Uruguay y el TLC.

El artículo 19 del Convenio, relativo a gestión de la biotecnología y distribución de sus beneficios, marcha en la misma línea que el artículo 15, aunque restringido a la investigación biotecnológica (inciso 1). Asimismo, menciona la potestad de cada parte para adoptar las medidas practicables para promover e impulsar, en condiciones justas y equitativas, el acceso prioritario de las partes contratantes, en particular los países en desarrollo, a los resultados y beneficios derivados de las biotecnologías basadas en recursos genéticos aportados por esas partes.

Quizá el artículo más controversial del Convenio sea el 16, sobre acceso a la tecnología y transferencia de tecnología. El origen de esta norma demuestra cuál fue la discusión de fondo de este encuentro: como se acaba de decir, los gobiernos de los países en desarrollo aprovecharon su calidad de poseedores de recursos biológicos para negociar un convenio que tomase en consideración un aspecto que les ha interesado desde hace muchas décadas: la transferencia de tecnología, en particular la de biotecnología, no sólo por su importancia para el desarrollo, sino también por estar esencialmente en manos privadas.

Según este texto, cada parte contratante reconoce que la tecnología incluye la biotecnología, y que el acceso a la tecnología y su transferencia son esenciales para el logro de los objetivos del Convenio. Además, cada parte se compromete a asegurar o facilitar a las otras el acceso a las tecnologías pertinentes para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, esto es, las tecnologías que utilicen recursos genéticos y no causen daños significativos al medio ambiente.

El acceso de los países en desarrollo a la tecnología y la transferencia de tecnología se asegurarán o facilitarán en condiciones justas y en los términos más favorables, incluidas las condiciones preferenciales y concesionarias que se establezcan de común acuerdo y cuando sea necesario, por medio del mecanismo financiero consignado en los artículos 20 y 21.

La discusión al respecto, particularmente acalorada, tuvo un claro matiz de norte contra sur, y en su transcurso surgió la referencia a las obligaciones derivadas de los derechos de propiedad intelectual. Finalmente se determinó que, en el caso de las tecnologías sujetas a patentes y otros derechos de propiedad intelectual, el acceso a éstas y su transferencia deberían hacerse en condiciones que tuviesen en cuenta la protección adecuada y eficaz del medio ambiente. Como se advierte, se trata de la misma terminología del Acuerdo sobre los ADPIC.

En virtud del artículo 16 del Convenio, se faculta a cada parte contratante para adoptar las medidas legislativas, administrativas o de políticas, según proceda, necesarias para asegurar a las otras partes que aportan los recursos genéticos, en particular cuando se trate de países en desarrollo, el acceso en condiciones mutuamente acordadas a las tecnologías que utilicen ese material y la transferencia de tales tecnologías, entre ellas las que están protegidas por patentes y otros derechos de propiedad intelectual. Asimismo, cada parte podrá tomar las medidas procedentes para que el sector privado facilite el acceso a la tecnología, su desarrollo conjunto y su transferencia en beneficio de las instituciones gubernamentales y el sector privado de los países en desarrollo.

En el párrafo 5 se dice que las patentes y otros derechos de propiedad intelectual pueden influir en la aplicación del Convenio, por lo que los países deberán cooperar a este respecto de conformidad con la legislación nacional y el derecho internacional, a fin de velar por que esos derechos apoyen los objetivos del Convenio y no se contrapongan a éstos.

A su vez, el artículo 8 dispone que cada parte contratante, en la medida de lo posible, y según proceda, respetará, preservará y mantendrá los conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades locales e indígenas que entrañen estilos tradicionales de vida necesarios para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, y promoverá su aplicación del modo más amplio posible, con la aprobación y la participación de quienes poseen esos conocimientos e innovaciones, al tiempo que fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente.

Otras normas pertinentes para el desarrollo de la presente argumentación están contenidas en diversos artículos, como el número 10, inciso C, relativo a la necesidad de proteger y alentar la utilización consuetudinaria de los recursos biológicos, de conformidad con prácticas culturales tradicionales compatibles con la conservación o la utilización sostenible; el artículo 17, inciso 2, relativo a intercambio de información sobre conocimientos tradicionales y autóctonos, y el 18, inciso 4, referido

al fomento de métodos de cooperación para el desarrollo de tecnologías, entre ellas las tradicionales y autóctonas.

Pese a los reparos que pueden oponerse a su redacción y lenguaje, los artículos recién mencionados constituyen sin duda un paso importante en la tarea de brindar un marco jurídico a los conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales. La disposición tendiente a tutelar estos bienes debe ser analizada en forma conjunta con la necesidad de hacer efectivos los llamados derechos de los agricultores.

Sin embargo, prácticamente todos los autores que se han pronunciado acerca de los términos del Convenio estiman, por razones de diverso orden, que no es posible proteger apropiadamente estos bienes por la vía de los derechos de propiedad intelectual. Entre esas razones figuran, entre otras, el elevado costo financiero que supone solicitar la protección, gasto que no se condice, dado el carácter territorial de las patentes, con sus beneficios potenciales; las dificultades para hacer valer los derechos cuando han sido violados, a causa del costo de los litigios; la incompatibilidad existente entre ciertos sistemas éticos y las normas de propiedad intelectual; el carácter comunal y no individual del sujeto beneficiario; las dificultades para determinar quién es el titular de los derechos; el carácter permanente de los conocimientos, que contrasta con la relativa fugacidad de ciertas formas de propiedad intelectual; el carácter dinámico y evolutivo de aquellos; los problemas que presenta el cumplimiento de requisitos tales como la homogeneidad, en el caso de las variedades tradicionales, o el uso industrial, en el de las patentes; y, por último, la existencia de información de dominio público, hecho que elimina la novedad de la invención.

Por ello, de todos los mecanismos adoptados para tutelar los derechos del agricultor y los conocimientos tradicionales —como registros, derechos comunitarios intelectuales, sistemas sui géneris, códigos de conducta, fondos nacionales o internacionales, leyes del folclore y otros—, el más eficaz parece ser, por lo menos hasta la fecha, el constituido por una combinación de regulaciones de acceso y de regulaciones contractuales.

Desde la firma del Convenio en 1992, las partes se han reunido en diversas conferencias, en que también se ha abordado la relación entre derechos de propiedad intelectual y biodiversidad. Por ejemplo, en la III Conferencia de las Partes, celebrada en 1997 en Argentina, se emitió la Decisión III-15, relativa al acceso a los recursos genéticos, en la cual se solicitaba al Secretario Ejecutivo cooperar con la OMC para explorar en qué medida podían existir vínculos entre el artículo 15 del Convenio y el Acuerdo sobre los ADPIC. Igualmente, en la Decisión III-17 se instaba a investigar más a fondo acerca de los posibles vínculos entre ambos instrumentos, particularmente en lo relativo a la transferencia

de tecnología y la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, la distribución justa y equitativa de los beneficios, y la protección del conocimiento tradicional. En la IV Conferencia de las Partes, reunida en 1999 en Bratislava, además de reiterarse algunos de los llamamientos anteriores, se hacía hincapié en la necesidad de asegurar que hubiese consistencia en la puesta en práctica del Convenio y el Acuerdo, a fin de incrementar el apoyo recíproco de ambos regímenes y la integración de las preocupaciones relativas a biodiversidad y protección de los derechos de propiedad intelectual. En la última Conferencia, celebrada en 2000 en Kenya, se solicitó a la OMPI que tuviese debidamente en cuenta en su trabajo las disposiciones del Convenio acerca del efecto de los derechos de propiedad intelectual sobre la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, y, en particular, sobre el valor de los conocimientos tradicionales. Se invitaba también a la OMC a que tomase en consideración que el Acuerdo sobre los ADPIC y el Convenio sobre la Diversidad Biológica estaban estrechamente relacionados entre sí, y se llamaba a explorar más a fondo esa relación. Asimismo, dos grupos de trabajo establecidos en la IV y V Conferencia de las Partes se han ocupado de los derechos de propiedad intelectual y su rol en materia de acceso a recursos genéticos y protección del conocimiento tradicional.

7. Consecuencias de la discusión sobre propiedad intelectual y biotecnología agrícola

El Convenio sobre la Diversidad Biológica ha reafirmado los derechos soberanos de los Estados sobre sus recursos naturales, aspecto que tiene fuerte arraigo en el derecho internacional. A la vez, ha establecido como uno de sus objetivos la distribución justa y equitativa de los beneficios resultantes del uso de los recursos biológicos, genéticos y bioquímicos. Ahora bien, como ninguno de estos aspectos está considerado en el régimen de propiedad intelectual sobre el material biológico, hay una posible contradicción entre este régimen y el derecho soberano de cada Estado sobre sus recursos genéticos, o, dicho más en general, entre la extensión de la protección por medio de patentes y derechos de obtención vegetal al material biológico —esto es, el Acuerdo sobre los ADPIC— y los objetivos del Convenio. Ello no ha dejado de suscitar controversias de alto contenido emocional y político, propiciadas por ONG como GRAIN y GAIA, que han insistido en la existencia de un conflicto entre ambos instrumentos, postura en que fueron secundadas inicialmente por los gobiernos de India y otros países en desarrollo, en especial de África, y a la que se sumaron después, en forma menos extrema, los gobiernos de algunas naciones desarrolladas. Por ejemplo, el Gobierno de los Países Bajos presentó ante el Tribunal de Justicia

Comunitario una moción encaminada a anular una directiva sobre invenciones biotecnológicas, por estimar que estaba en contradicción con las obligaciones contraídas en virtud del Convenio.[12]

La aplicación de los derechos de propiedad intelectual a la biotecnología agropecuaria obliga a hablar de la protección del material vivo. En los últimos 10 años se ha desatado una controversia particularmente intensa a este respecto, que gira en lo esencial en torno a los siguientes puntos: primero, las consecuencias morales que entraña el hecho de tratar como propiedad privada patentable las invenciones relativas a plantas, animales, microorganismos y sus componentes, como genes, secuencias de genes, proteínas y células. Segundo, la forma en que tales patentes ponen en entredicho algunos principios básicos del derecho de patentes en general, como la novedad, el grado inventivo, la descripción de la invención y el agotamiento de los derechos, lo cual parece eliminar en algunos casos la distinción entre invención y descubrimiento. Tercero, la posibilidad de que la amplitud de las reivindicaciones de las patentes, la concesión de patentes sobre instrumentos de investigación biotecnológica, y la existencia de patentes que se contraponen entre sí, acaben por desincentivar la investigación básica. Cuarto, la posibilidad de que los derechos de propiedad intelectual sobre formas de vida fomenten la denominada biopiratería, es decir, la apropiación de material genético y de conocimientos tradicionales sin el consentimiento de los Estados, las comunidades y los pueblos indígenas, o sin una adecuada distribución de los beneficios. Por último, quinto, la forma en que los derechos de propiedad intelectual pueden anular o limitar el derecho que asiste a los agricultores de guardar, reutilizar, intercambiar o incluso vender las semillas y otros materiales de propagación conservados en sus predios.

Para comprender más a fondo las consecuencias del debate, se reseñan a continuación algunos de sus puntos principales.

a) Derechos de propiedad intelectual y descubrimientos e invenciones

Como se ha dicho, los derechos de propiedad intelectual confieren al titular la facultad a excluir a terceros del uso de los productos que sean nuevos, posean un nivel inventivo dado y sean susceptibles de aplicación industrial. Ello deja fuera los descubrimientos. Los recursos genéticos y biológicos, en su estado natural, no pueden ser protegidos por medio de derechos de propiedad intelectual, por lo cual es en principio

[12] En junio de 2001, el procurador general del Tribunal Europeo de Justicia rechazó la moción neerlandesa.

inexacto decir que la extensión del sistema de patentes a la materia viva ha significado la privatización de la biodiversidad. Sin embargo, debido a las modalidades que han ido adquiriendo las patentes del área biotecnológica en las naciones desarrolladas, especialmente en los Estados Unidos, y debido también a la interpretación que se ha hecho de su alcance, el límite entre las invenciones y los descubrimientos se ha vuelto cada vez más difuso. Por ejemplo, si bien un material biológico o una secuencia genética natural que han sido modificados cumplen con los requisitos básicos de patentabilidad, sin que ello vulnere los derechos soberanos sobre el material natural del cual se originan, la situación no es tan clara cuando se trata de sustancias vivas no modificadas. En efecto, en este caso se interpreta de otro modo el concepto de invención. En los Estados Unidos y la UE, por ejemplo, es posible otorgar protección a genes y microorganismos no modificados, siempre que hayan sido aislados de su ambiente, su existencia no sea conocida y se determine su utilidad. Con esta interpretación, se adelgaza la línea demarcatoria entre invención y descubrimiento, y cobran mayor fuerza las reclamaciones tendientes a la apropiación de materia existente en la naturaleza. En los Estados Unidos es posible patentar, conforme a los principios que rigen las patentes químicas, una forma aislada y purificada de un producto natural (Correa, 1997). El requisito de novedad no significa que el objeto deba ser preexistente, sino novedoso con respecto a los avances científico-tecnológicos contemporáneos, de modo que la circunstancia de que una materia natural sea desconocida no puede excluirla de la categoría de materia patentable.

Este principio y el enfoque recién descrito han hecho posible patentar células y genes, independientemente de que sean preexistentes o modificados. En los Estados Unidos, por ejemplo, son patentables los genes producidos mediante técnicas de ingeniería genética, e incluso aquellos cuya existencia natural era desconocida hasta ese momento. Lo habitual en estos casos es que las reivindicaciones se refieran a una secuencia aislada de ADN, a construcciones de ADN y a nuevas plantas transformadas derivadas, aunque también suelen referirse, sin limitaciones, a secuencias naturales de ADN. Ejemplo de reivindicación de un gen per se es el del gen de la sintetasa, resistente al glifosato, cuya expresión protege contra la acción herbicida.

Con relación a las plantas, pueden solicitarse patentes sobre una amplia variedad de materiales biológicos y procedimientos, entre ellos secuencias de ADN aisladas que codifican ciertas proteínas; proteínas aisladas o purificadas; semillas; células vegetales y plantas; variedades vegetales, entre ellas líneas parentales; procedimientos para modificar genéticamente a las plantas, y procedimientos para obtener híbridos.

Las patentes de mayor interés en materia agrícola son las concernientes a genes y plantas que contienen genes modificados, procesos básicos y variedades terminadas.

Las patentes sobre genes y plantas que contienen genes modificados son una de las formas más importantes de protección. Ejemplo de ello son las patentes referidas a los siguientes productos: una proteína purificada o aislada; la secuencia de ácido nucleico aislada o purificada que codifica la proteína; plásmidos y vectores de transformación que contienen la secuencia genética; y plantas o semillas de tales plantas transformadas con esos vectores que contienen la secuencia genética y la progenie o semillas de esas plantas. En estos casos, bastante frecuentes en la nueva biotecnología agrícola, el titular se protege contra el uso del gen por parte de terceros, protección que engloba su utilización e inserción en otras variedades vegetales. Sin embargo, no en todos los países están permitidas estas patentes, y aun en aquellos donde se otorgan, hay intensas discusiones acerca de la obviedad de la invención y el carácter de descubrimiento, más que de invento, de tales secuencias y proteínas.

Las patentes sobre procesos básicos son de crucial importancia para el control del mercado, sobre todo aquellas relacionadas con el uso de ingeniería genética y otras técnicas similares para la creación de plantas transgénicas. Precisamente por las amplias reivindicaciones que esgrimen, el uso de estas patentes ha desembocado en numerosos litigios, porque no es fácil determinar hasta dónde puede emplearse una patente de proceso sin infringir otras similares.

Por último, en cuanto a las patentes sobre variedades terminadas, cabe indicar que en los Estados Unidos es posible obtener patentes sobre una variedad específica identificada por la descripción o el depósito, siendo los estándares para otorgarlas relativamente bajos. No en todos los países se acepta este tipo de patentes.

En enero de 2000, la Corte de Apelaciones de los Estados Unidos determinó la validez de las patentes sobre variedades de plantas reproducidas sexualmente, rechazando así la medida adoptada anteriormente por autoridades administrativas, conforme a la cual las nuevas variedades sólo podían ser protegidas mediante derechos de obtención vegetal. En la UE, la situación a este respecto es algo confusa, pese a que la EPO aceptó recientemente una solicitud de la compañía Novartis y autorizó la patentabilidad de reivindicaciones que cubren más de una variedad. Este dictamen es congruente con la adopción por parte de la EPO, en junio 16 de 1999, de nuevas reglas de implementación. En definitiva, pareciera que la aceptación o rechazo de la protección mediante patentes de las variedades de plantas depende en gran media de las habilidades verbales del abogado que defiende la causa.

El desarrollo de la genómica también abrió las puertas para discusiones ulteriores. La genómica, esto es, el estudio de todos los genes de una especie y del modo en que interactúan entre sí para originar las características de aquella, asoma como una de las herramientas más importantes para la ID de productos agrícolas y farmacéuticos de los próximos años. El acceso a una información genómica compleja y su control se perciben como la piedra angular para el desarrollo futuro de plantas transgénicas, por lo que no es de extrañar que las compañías más avanzadas del complejo agroindustrial genético hayan iniciado una auténtica carrera para identificar los genes que intervienen en la regulación de los rasgos de interés comercial y, desde luego, para adueñarse de ellos. Los progresos obtenidos por la genómica estructural —mapeo y secuenciación de genes—, la genómica funcional —identificación de las funciones de los genes y determinación de cuándo, cómo y por qué los genes actúan juntos para producir una característica dada— y la bioinformática —manejo y análisis por medio de sistemas informáticos de los datos resultantes de las secuencias genéticas— son otra fuente de polémica, debido a la posibilidad de que el acceso y la utilización de estos hallazgos queden bajo el control de los titulares de los respectivos derechos de propiedad intelectual. El costo de estas técnicas y las capacidades requeridas para ponerlas en marcha pueden ahondar aún más la dependencia de los países en desarrollo con respecto a las naciones industrializadas.[13]

En este contexto, cobra importancia también la protección otorgada a las bases de datos. Cabe señalar, en primer lugar, que ninguno de los instrumentos regionales o internacionales sobre derechos de autor autoriza la apropiación de estos datos ni el establecimiento de derechos sobre ellos; los únicos derechos vigentes a este respecto aluden a la base de datos misma. Es decir, si bien la información genética derivada de la genómica puede ser almacenada en bases de datos y utilizada mediante el pago respectivo, ello no conlleva por sí solo derechos sobre las secuencias y los genes, salvo que en forma independiente existan patentes sobre ellos.

[13] En febrero de 2001, dos equipos de investigadores dieron a conocer la estructura del genoma humano. Aunque en este capítulo no se tratará de las consecuencias éticas, legales y económicas de ese descubrimiento, ni tampoco de la posibilidad de apropiarse de los resultados y de protegerlos mediante derechos de propiedad intelectual u otros esquemas, son sin duda de gran interés para la genómica vegetal. En este campo, la descripción del genoma del *Arabidopsis*, así como los trabajos en curso sobre el maíz y el arroz, hacen prever que la manipulación genética de las plantas desencadenará debates tan intensos como el suscitado por los proyectos del genoma humano.

b) Soberanía sobre los recursos genéticos

Si bien la soberanía de los Estados consagrada por el Convenio sobre la Diversidad Biológica se refiere a los recursos genéticos e incluso los recursos bioquímicos, los derechos de propiedad intelectual que se aplican a las modificaciones que cumplen con los requisitos básicos de protección no afectan los derechos sobre la materia viva no modificada. Sin embargo, podría presentarse un conflicto si el concepto de soberanía se ampliase más allá de los recursos genéticos, hasta abarcar los productos sintetizados o derivados, que sí están sujetos a derechos de propiedad intelectual. Para resolverlo, probablemente sería necesario distinguir claramente entre productos derivados, tales como los recursos bioquímicos, sujetos al régimen de acceso, y productos finales o sintetizados, que están fuera del ámbito de aplicación del régimen de acceso. En todo caso, si estos últimos han sido elaborados a partir de recursos genéticos y bioquímicos, bien podrían ser objeto de negociaciones, a fin de distribuir los beneficios correspondientes.

En síntesis, no es del todo claro hasta dónde la doctrina que pregona la imposibilidad de patentar fórmulas de la naturaleza está siendo transgredida por las nuevas interpretaciones y reglas jurídicas, lo que significa que tampoco está claro hasta dónde estas nuevas interpretaciones vulneran la soberanía nacional. Por ejemplo, en una reunión del Convenio sobre la Diversidad Biológica celebrada en 1999, los representantes de varios países, entre ellos México, destacaron la importancia del sistema sui géneris para la protección de la biodiversidad y la soberanía nacional. Los representantes de India y el Grupo Africano resaltaron el conflicto que podía darse entre el Acuerdo sobre los ADPIC, los derechos de agricultor y el Convenio sobre la Diversidad Biológica. En la declaración final de ese encuentro, se hizo hincapié en la necesidad de explorar las posibles repercusiones de los derechos de propiedad intelectual sobre la protección de la biodiversidad y la distribución equitativa de los beneficios, con lo cual se reafirmaba lo consagrado en el artículo 16.5 del propio Convenio, en el sentido de que tales derechos debían respaldar los objetivos de éste y no contraponerse a ellos.[14]

c) Protección de microorganismos; definición de procesos esencialmente biológicos y microbiológicos

La obligación de proteger mediante patentes los microorganismos puede dar origen también a conflictos, debido, en parte, a que el concepto mismo de microorganismo no ha sido definido con precisión, de manera

[14] Como se verá más adelante, este punto está conectado con la denominada biopiratería.

tal que en ciertas naciones es posible proteger, bajo esta denominación, incluso material subcelular, como genes, secuencias genéticas y plásmidos (Correa, 1997).[15]

No obstante, conforme a las disposiciones del Acuerdo sobre los ADPIC, los Estados pueden escoger distintos caminos en este sentido: por ejemplo, pueden proteger únicamente los microorganismos modificados, que es la vía adoptada por la ley brasileña de propiedad industrial; interpretar en forma restringida el concepto de microorganismo, esto es, excluir los genes y las secuencias genéticas, o, por último, limitar el ámbito de la patente a un uso específico. Si bien el Acuerdo obliga a dar protección a los microorganismos, no alude expresamente a los genes o las secuencias genéticas. No debe olvidarse, por lo demás, que el Acuerdo obliga a otorgar patentes en todas las áreas de la tecnología, lo cual parece permitir, por tanto, la protección de genes y secuencias genéticas. La consideración de que el ADN es tan sólo una estructura química parece sostener esta postura, por lo cual no habría problema legal alguno en patentar, por ejemplo, secuencias de ADN producidas en laboratorio, que son diferentes de las naturales, en tanto hayan sido eliminadas algunas secciones de la molécula.

Con todo, es posible argumentar, en contra de esta tesis, que la eliminación del ADN inservible es una operación sencilla, máxime cuando las técnicas de aislamiento y purificación de ADN son bien conocidas y de utilización común. Por otra parte, las patentes sobre genes y secuencias genéticas deben ser analizadas desde dos ángulos. Primero, debería prohibirse el otorgamiento de patentes si los genes o las secuencias de ADN no tienen una función conocida, esto es, deberían evitarse las prácticas inapropiadas en que han incurrido en algún momento ciertas oficinas de patentes.[16] Segundo, la opción de otorgar protección a secuencias, es decir, a partes de genes, conlleva una peligrosa fragmentación de la materia patentable, que podría desembocar en una situación caracterizada por la existencia de numerosos titulares, a cada uno de los cuales habría que solicitar entonces la autorización correspondiente, si no para investigar, al menos para llevar al mercado

---

[15] Según la definición de microorganismo de la EPO, el concepto se extiende no sólo a bacterias y levaduras, sino también a hongos, algas, células, protozoarios, plásmidos y virus.

[16] El conceder patentes sobre fragmentos de ADN sin utilidad conocida provenientes de genes humanos, es decir, el dar a sus inventores el monopolio de casi todos los avances técnicos subsiguientes —secuencia completa del ADN, productos que codifican y usos de estos productos—, parece contravenir el principio básico del derecho de patentes, conforme al cual el alcance de la protección que brinda una patente debe ser proporcional a la contribución que hace el inventor al estado de la técnica (Bergel, 1997).

un bien, con el consiguiente efecto adverso sobre los procesos de ID. Tal punto se explicará más adelante.[17]

Por último, no es fácil trazar, especialmente en el área de la biotecnología, las fronteras entre los procesos esencialmente biológicos, los procesos microbiológicos y los no microbiológicos; por otra parte, no hay uniformidad en el ámbito mundial en cuanto a la definición de estos fenómenos.

d) Rasgos patentados presentes en forma natural

Es conveniente reflexionar sobre los efectos de los sistemas de propiedad intelectual que cubren recursos biológicos. Por ejemplo, si un rasgo patentado —el gen y la proteína que codifica— se manifiesta o expresa en forma natural, y si es posible incorporarlo a plantas por medio de métodos convencionales de mejoramiento, se presenta una interfaz de límites imprecisos entre el titular de la patente y el fitomejorador tradicional (Correa, 2000a). Se ha afirmado que en este caso el titular de la patente está protegido contra el uso del gen por parte de otro biotecnólogo; pero, de todas maneras, ello deja total libertad para que cualquier agente utilice y mejore organismos que contengan el gen en forma natural.

Como ilustración indirecta de lo que acaba de decirse, cabe citar aquí la demanda presentada por la empresa Monsanto contra un agricultor canadiense, por el uso no autorizado de soja resistente al glifosato. El demandado alegó en su defensa no haber hecho uso deliberado de la variedad, pues sus cultivos simplemente habían sido contaminados en forma accidental con soja transgénica debido a la cercanía de otros predios cultivados con esta variedad. Después de arduos alegatos, el tribunal canadiense que conoció el caso falló en favor de la compañía, con el argumento de que aun si la soja transgénica hubiese llegado en forma accidental al predio del agricultor, éste no tenía derecho a utilizar el gen protegido sin autorización de la compañía. Aunque están por verse los efectos que tendrá esta jurisprudencia, actualmente en trámite de apelación, sobre la responsabilidad civil de los agricultores, especialmente en aquellos lugares donde hay cultivos transgénicos y no transgénicos a escasa distancia entre sí, no es imposible que resulte perjudicial para quienes utilizan sin saberlo variedades genéticamente modificadas, pues en el futuro podrían verse envueltos en largos y costosos procesos judiciales. Pese a que el incidente no está vinculado sólo a la cuestión de

[17] Entre 1990 y 2000, el número de patentes sobre secuencias aumentó en forma espectacular. En 2000 se concedieron más de 355.000 patentes de este tipo, lo que representa un incremento de 5.000% con respecto a 1990, y todo hace pensar que esa cifra seguirá aumentando, debido a la expansión actual de la genómica.

los derechos de propiedad sobre las invenciones biotecnológicas, debe ser analizado en detalle en el momento de establecer marcos jurídicos integrales que regulen la agricultura biotecnológica.

e) Efectos sobre usos, prácticas y exportaciones tradicionales

Cabe mencionar aquí un problema que causa preocupación en diversos círculos: se teme, por ejemplo, que si el componente activo de una planta utilizada tradicionalmente por comunidades locales o indígenas está cubierto por una patente, podrían verse restringidas las posibilidades de esas comunidades de exportar la planta como tal al país donde se emitió la patente, aun si la exportación persigue un uso medicinal distinto al del principio activo protegido. Esta posibilidad parece dar la razón a quienes denuncian que el sistema de patentes constituye un mecanismo de apropiación de recursos genéticos y de conocimientos tradicionales, que no sólo va acompañado de una distribución desigual de los beneficios, sino que incluso se realiza sin el consentimiento fundamentado previo del Estado de donde provienen los recursos. Esto es precisamente lo que ha sido denominado biopiratería sobre recursos y conocimientos, ya denunciada en el caso de diversas plantas originarias de América Latina, como el neem, la cúrcuma, la quinua, el fríjol mexicano, el fríjol nuna y el yacón (Dutfield, 2001).[18] / [19] En estos y otros casos, se han empleado recursos biológicos preexistentes, conocidos en forma tradicional y de uso ampliamente divulgado en otros países —lo cual, al menos en teoría, elimina la novedad de la invención—, recursos que, después de haber sido sometidos a leves modificaciones, han servido de base para solicitar derechos de propiedad intelectual, sin cumplir con los requisitos de grado inventivo y sin contar con el consentimiento informado previo de los pueblos, comunidades o Estados de donde son

---

[18] En diciembre de 1999, la empresa estadounidense POD-NERS inició una acción legal contra ciertas importaciones de fríjol provenientes de México, alegando que infringían derechos de propiedad intelectual sobre variedades de fríjol desarrolladas por la empresa, las cuales aparentemente descienden de variedades mexicanas. De hecho, la compañía había comprado semillas de fríjol en Sonora, y tal era el origen del material genético inicial. En la causa, que se está viendo actualmente en los tribunales, intervino el Centro Internacional de Agricultura Tropical, que ha solicitado la revocación del derecho de propiedad de la compañía. Éste es el primer caso en que el ejercicio del derecho de patente va acompañado de consecuencias económicas directas.

[19] El yacón (*Smallantus sonchifolius*) es un tubérculo nativo de los Andes que contiene azúcar pero no engorda, porque el cuerpo humano no puede metabolizarla. Fácil es vislumbrar las ventajas que acarrearía su eventual utilización en la producción de alimentos. La planta fue entregada por el Centro Internacional de la Papa (CIP) a funcionarios peruanos, y luego salió del país con rumbo a Japón. Allí se ha cultivado y se han otorgado patentes a derivados de la planta, sin requerir el consentimiento previo del Estado peruano ni convenir ningún arreglo de distribución de beneficios.

originarios. En algunos de estos casos, las patentes han sido revocadas, lo cual demuestra que nunca debieron haber sido concedidas. En otros, se ha alegado que los derechos de propiedad intelectual se utilizaron para apropiarse de material genético que estaba en custodia en centros internacionales de investigación agrícola, como se ha denunciado con respecto a 147 solicitudes de derechos de propiedad intelectual sobre plantas. En un tercio de los casos, los materiales se obtuvieron de otros países, sin indicios de mejoramiento, y en 16 de ellos el material apropiado correspondía a germoplasma en custodia, sobre el cual no deben otorgarse derechos de propiedad intelectual.

En América Latina y el Caribe se han registrado varios casos de biopiratería, entre los cuales cabe destacar los siguientes: a comienzos de los años noventa, un mejorador de algodón de los Estados Unidos obtuvo derechos de propiedad sobre algodón originario de los Andes. En 1997, diversas organizaciones de agricultores y el Rural Advancement Fund International (RAFI) iniciaron una campaña para derogar una patente de la Universidad de Colorado (Estados Unidos), que cubría decenas de variedades tradicionales de quinua andina. En 1998, una compañía sueca patentó un microorganismo extraído del seno de una mujer peruana. El hongo fue comercializado en yogures y otros productos vendidos en Escandinavia. En 1999, gracias a la intensa presión de diversos pueblos indígenas de la Amazonía, y basándose en información entregada por el RAFI en 1995, la USPTO canceló una patente que había otorgado a un ciudadano estadounidense sobre la planta llamada ayahuasca. Sin embargo, en enero de 2001, la patente fue restituida al solicitante original. Por otra parte, en 2000 se inició un proceso para revocar la patente otorgada a una empresa estadounidense sobre el fríjol nuña.

En suma, es necesario que en los países de la región se estudie la forma de evitar que el sistema de derechos de propiedad intelectual permita abusos como éstos en lo relativo a recursos genéticos y conocimiento tradicional. Una propuesta en esa dirección consiste en formar bibliotecas digitales de conocimiento tradicional, en las cuales las oficinas de patentes podrían comprobar, antes de conceder los títulos, si existe o no un conocimiento previo sobre tales recursos. Cabe acotar que en estos momentos se está llevando a cabo en India un proyecto piloto en tal sentido, bajo los auspicios de la OMPI.

f) Patentes funcionales

Estas patentes reciben el nombre de funcionales por cubrir todas las formas posibles de resolver los problemas relativos a los derechos de propiedad (Correa, 2000a). Entre ellas pueden mencionarse la patente de especies concedida a la empresa Agracetus, que permite excluir a terceros

de cualquier manipulación genética del algodón o de la soja, o bien las patentes sobre el uso de tecnología de Bt, que impiden prácticamente cualquier proceso que involucre el uso del Bt. La concesión de estos títulos ha obstaculizado el desarrollo de la investigación agrícola, y ha sido lesiva, por ende, para el fomento de la innovación, uno de los fines para los que fue concebido el sistema de derechos de propiedad intelectual. Por ejemplo, la empresa belga Plant Genetic Systems se hizo titular de una patente estadounidense sobre todas las plantas transgénicas que contuviesen Bt, y la compañía Mycogen obtuvo una patente sobre la introducción de cualquier gen insecticida en cualquier planta. En definitiva, este tipo de reivindicaciones opera en la práctica más como un modo de establecer cotos de caza privados que como un modo de fomentar la innovación. Por ejemplo, sólo en 1997 se entablaron 36 litigios importantes sobre reivindicaciones funcionales en los Estados Unidos, lo cual pone de manifiesto, además, que estas patentes pueden resultar perjudiciales para la competencia.

Para contrarrestar estos efectos no deseados del sistema, el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) propuso en 1999 la adopción de las siguientes medidas: poner en vigor leyes antimonopolio; obligar a que la carga de la prueba sobre el funcionamiento de las reivindicaciones amplias recayese sobre el solicitante de la patente y no sobre aquellos que desean impugnarla; aplicar en forma rigurosa los requisitos de grado inventivo y utilidad industrial; establecer mecanismos para equilibrar las reivindicaciones de los innovadores iniciales y de los innovadores subsecuentes, y, por último, limitar o prohibir el uso de reivindicaciones funcionales.

En el último tiempo, con el objetivo de fortalecer su posición competitiva, numerosas empresas de los países desarrollados han estado adquiriendo derechos de propiedad intelectual, los cuales suelen cubrir productos comerciables y herramientas básicas de investigación. Con ello, como se ha dicho, estos derechos se convierten más en obstáculos que en incentivos a la innovación, y dificultan el acceso de nuevas empresas a los mercados globales. Por tal motivo, es imprescindible que los gobiernos adopten medidas para evitar que los titulares de esos derechos incurran en prácticas anticompetitivas. Estas medidas deben tender a impedir, por ejemplo, el licenciamiento cruzado entre los líderes del mercado; la compra de patentes competidoras que impliquen adquisiciones horizontales; la amenaza de demandas judiciales contra los futuros competidores, y los acuerdos verticales de licencia con cláusulas restrictivas de venta o de uso de tecnología propietaria. Estas recomendaciones deben ser consideradas a la hora de plantear reformas integrales de los sistemas de derechos de propiedad intelectual.

g) Efectos de los derechos de propiedad intelectual sobre las prácticas tradicionales de reutilización e intercambio de semillas

El artículo 10 del Convenio sobre la Diversidad Biológica se refiere a la necesidad de promover las prácticas consuetudinarias de uso de los recursos biológicos, una de las cuales es la de guardar semillas para su reutilización y, eventualmente, su venta. No obstante, las empresas del ramo han tratado de impedir estas prácticas, sea por medios técnicos —como ocurre con los híbridos, que pierden vigor cuando son reutilizados—, o por medios jurídicos, fundamentalmente a través de la protección por vía de patentes, derechos de obtención vegetal e incluso contratos. Sin embargo, la práctica tradicional de reutilizar las semillas es, a juicio de muchos, imprescindible para la conservación de la biodiversidad y la supervivencia de los propios agricultores, por lo cual su restricción por las vías indicadas debe considerarse como una violación del Convenio sobre la Diversidad Biológica y, en general, como una contravención de sus objetivos. Incluso las llamadas tecnologías de restricción genética, que conllevan la esterilización de la semilla, han sido objeto de críticas, y se ha solicitado una moratoria en lo concerniente a su liberación al medio. Ciertas organizaciones agrícolas han afirmado ya que no harán uso de ellas, y el Gobierno de India prohibió su utilización.

No obstante, la citada moratoria fue rechazada en una reunión celebrada en 1999 por el grupo subsidiario de asesoramiento del Convenio, debido a la oposición de los representantes de varias naciones desarrolladas, por estimar éstos que el asunto debía quedar sujeto a la legislación de cada país. Con todo, la decisión estuvo acompañada de una referencia al respeto de las reglas de otros acuerdos, como la OMC, lo cual dejó abierta la posibilidad de que tales restricciones fuesen objeto del mecanismo de solución de conflictos de estos acuerdos. En la V Conferencia del Convenio, se indicó claramente que las tecnologías llamadas "*terminator*" o "traidoras" no debían ser comercializadas.[20] Las más conocidas entre éstas son las de la empresa Delta & Pine Land y las de la empresa Zeneca. Recientemente, Monsanto, propietaria de Delta & Pine Land, afirmó que no utilizará comercialmente estas tecnologías, salvo que se determine que son inocuas para el medio ambiente. Pese a ello, según antecedentes del RAFI, en 1999 se otorgaron al menos siete nuevas patentes sobre estas tecnologías.[21]

---

[20] Se considera que una tecnología es "traidora" si el efecto del gen que brinda una cualidad especial a la planta depende de la aplicación de un agente químico externo.

[21] Cabe indicar que en el Informe sobre Desarrollo Humano 1999 del PNUD, así como en resoluciones recientes de la Subcomisión de Prevención de Discriminaciones y

h) Derechos de propiedad intelectual y erosión genética

La conservación de recursos genéticos vegetales y animales, como reserva para la creación de nuevas variedades, semillas y cultivos, es objeto de profundo interés para las organizaciones que se ocupan del mejoramiento genético, la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Los recursos fitogenéticos son esenciales para el desarrollo agrícola, el incremento de la producción, el alivio de la pobreza y la promoción del crecimiento económico. Por ende, la pérdida de ellos, fenómeno conocido como erosión genética, representa una amenaza directa para la seguridad alimentaria misma, y ya se ha dicho que la concesión de patentes y de derechos de obtención vegetal puede marchar precisamente en la dirección de acelerar la pérdida de diversidad genética.

Ello ocurre debido a que las variedades genéticamente modificadas suelen ser homogéneas —recuérdese que uno de los requisitos para obtener la protección de las variedades vegetales consiste en su homogeneidad y estabilidad—, por lo cual, al ser utilizadas en forma masiva, pueden desplazar a las variedades locales, mucho más diversas desde el punto de vista genético, y ocasionar con ello una dependencia con respecto a una base genética más estrecha. Esta dependencia y homogeneidad representan un peligro para los cultivos, que se tornan más vulnerables al ataque de pestes y enfermedades, situación que ya ha tenido consecuencias desastrosas.

En suma, la erosión genética constituye una amenaza para la producción agropecuaria. Sin embargo, no se ha demostrado aún que la difusión de variedades transgénicas incida directamente en ello. Las causas de la pérdida de diversidad genética y las amenazas contra la diversidad agrícola son variadas y complejas, y no es fácil aislar el efecto de un factor tan específico como el apuntado. De hecho, en diversos estudios sobre las actividades y procesos que afectan a la biodiversidad en general y la diversidad agrícola en particular, no se menciona en absoluto la incidencia de la difusión de cultivos transgénicos, estimándose que otros factores desempeñan un papel mucho más importante en la erosión genética. Según un informe presentado en la III Conferencia del Convenio sobre la Diversidad Biológica (1996), entre las políticas que pueden causar la pérdida de variedades locales están los créditos, las subvenciones y otros servicios agrícolas prestados por los gobiernos; las políticas y programas de organizaciones internacionales y de donantes; el control de las corporaciones privadas sobre la investigación; la distribución de pesticidas, y las políticas de ID de

---

Protección de las Minorías de la Comisión de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, se ha llamado la atención sobre los posibles efectos adversos de la generalización de estas tendencias en materia de derechos de propiedad intelectual.

las empresas transnacionales. En conclusión, es difícil sostener que la homogeneidad incida por sí sola en la pérdida de diversidad biológica, pese a las argumentaciones en contrario.

i) Derechos de propiedad intelectual, transferencia de tecnología, inversión extranjera e ID

Desde hace varios decenios, diversos organismos internacionales, en especial la Organización de las Naciones Unidas, han abogado por la transferencia de tecnología desde los países industrializados hacia los países en desarrollo, demanda que está contemplada, en el campo específico del desarrollo sostenible, en la mayoría de los acuerdos ambientales concertados en los últimos años. Pese a ello, tal política no se ha materializado aún en forma clara. Cabe preguntarse, en consecuencia, en qué medida los derechos de propiedad intelectual promueven la transferencia de tecnología y en qué medida las tecnologías adoptadas resultan inocuas para el medio ambiente.

Los vínculos entre derechos de propiedad intelectual, IED, transferencia de tecnología y gastos en ID han sido extensamente examinados en la literatura económica de las últimas tres décadas, pero se está lejos aún de haber llegado a resultados definitivos a este respecto. Según un informe de la UNCTAD de 1996, no hay pruebas suficientes de que el fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual induzca la transferencia de tecnología y la inversión extranjera, y a una conclusión parecida llega un informe del Banco Mundial de 1999 en cuanto a las relaciones entre derechos de propiedad intelectual y gasto de ID. Además de tales derechos, muchos otros factores influyen en la conducta de los agentes económicos, por lo que es difícil separar la participación de las distintas variables y establecer una relación causal entre ellas.

La transferencia de tecnología parece una posibilidad especialmente remota en el caso de las biotecnologías, por hallarse fundamentalmente en manos privadas, en contraste con las tecnologías de la revolución verde. La industria biotecnológica, debido a los grandes gastos en que debe incurrir para desarrollar sus productos, se ampara en el sistema de patentes para evitar su difusión y recuperar sus inversiones.

Por otra parte, los institutos de investigación se encuentran enfrentados, en un grado creciente, a lo que se ha llamado pedigrí de los derechos de propiedad intelectual, con lo cual se alude al hecho de que para llevar al mercado sus invenciones, deben atravesar una maraña de derechos preexistentes, sobre todo cuando exportan a países donde éstas se hallan amparadas por derechos de propiedad. Entre los derechos preexistentes figuran los relativos a obtención, patentes,

procesos de transformación y marcadores de selección, todos ellos protegidos incluso por diferentes empresas, por lo que no es raro que se entablen litigios para determinar quién es, en definitiva, el autor y propietario del hallazgo. Por ejemplo, un grupo de científicos de la Universidad de Cornell desarrolló mediante ingeniería genética una variedad de papaya resistente a un virus, pero después se comprobó que en el resultado final intervenían once productos distintos, uno sólo de los cuales pertenecía a la universidad. Pese a años de negociaciones, ésta no ha podido obtener hasta ahora la autorización correspondiente a los diez productos restantes. Algo similar ocurre con una variedad transgénica de arroz enriquecido con vitamina A, pues existen más de 70 patentes relacionadas con los procesos o materiales necesarios para su producción.[22] Para desarrollar una variedad transgénica se requiere, normalmente, tener acceso a invenciones intermedias que pueden estar protegidas, tales como el procedimiento que identificó el gen, el gen mismo, el proceso de transformación empleado y los mecanismos de expresión del gen.

El problema de los derechos múltiples se agrava en el caso de la materia viva: en primer lugar, debido a la vigencia de patentes funcionales y de reivindicaciones amplias, no siempre es fácil llevar las invenciones a la fase de comercialización. Los acuerdos de transferencia que suelen amparar el uso de tecnología patentada sólo se refieren a la investigación, por lo que se necesitan negociaciones ulteriores para explotar comercialmente la invención. Como ya se dijo, debido al carácter territorial de las patentes, no se produce ninguna infracción si la tecnología se utiliza en un país en que no se halla registrada, pero no debe olvidarse la posibilidad de exportar a países donde sí esté protegida.[23] Igualmente, la necesidad de mantener vínculos amistosos con universidades y empresas privadas propietarias de los derechos puede ser otro argumento para negociar el uso de procesos y productos protegidos fuera de las fronteras. La circunstancia de que existan múltiples patentes sobre los diversos segmentos de un producto ha sido severamente criticada, pues se estima que ello restringe las posibilidades de comercializar invenciones y productos. La situación es aún más seria en el caso de la ingeniería genética, donde rigen patentes sobre secuencias genéticas, partes de un gen e incluso sobre los cuestionados fragmentos de secuencia.

---

[22] Sin embargo, en algunos países no existe ninguna patente relacionada con los componentes de dicha tecnología, por lo cual su explotación local no implica infracciones legales.

[23] Es el caso de las patentes sobre productos y sobre procedimientos que cubren el producto directamente obtenido por su intermedio o nuevos usos de éste.

Para solucionar estos problemas, las empresas e institutos de investigación han procurado, por ejemplo, que sus invenciones giren en torno a tecnologías que pertenecen a otros agentes, para obtener licencia de estos últimos o intercambiar con ellos las licencias de sus respectivos hallazgos; asimismo, han tratado de establecer acuerdos de colaboración de diverso tipo o llegar a una integración organizativa con los titulares de otros derechos.

j) Derechos de propiedad intelectual, diversidad biológica y distribución de beneficios

Como se ha mencionado, los regímenes de derechos de propiedad intelectual y el modo en que se distribuyen los beneficios derivados del uso de conocimientos tradicionales o de recursos biológicos utilizados en las innovaciones constituyen dos esferas independientes entre sí. En consecuencia, no hay una contradicción propiamente tal entre ambas dimensiones, sino una diferencia de enfoque. Con todo, ello no descarta la posibilidad de utilizar tales regímenes como un medio para proteger la biodiversidad. Y esto puede efectivamente lograrse, toda vez que el ejercicio de estos derechos genera valor, al configurar un mercado protegido para los productos biotecnológicos que tienen como materia prima los recursos genéticos y bioquímicos procedentes de la diversidad biológica. Los medicamentos, los cosméticos y otros productos similares crean indirectamente valor en términos de biodiversidad, por la incorporación de materia prima biológica. Pese a ello, cabe preguntarse si estos regímenes son mecanismos apropiados para reclamar ese valor. Desafortunadamente, la respuesta debe ser negativa, porque los derechos de propiedad intelectual no están concebidos para proteger materiales que no pueden ser comercializados.

No obstante, hay quienes piensan que su ejercicio podría tener un impacto positivo en la distribución de los beneficios, si va acompañado de acuerdos en tal sentido entre las partes. Por ejemplo, los indígenas araguanas de Perú negociaron una licencia con la empresa Searle, la división farmacéutica de Monsanto, en virtud de la cual transferían a la empresa plantas y conocimientos técnicos, a cambio de un pago anual por ello. La licencia no es exclusiva, es decir, no enajena el derecho de los indígenas sobre sus conocimientos, y resulta independiente de los derechos de propiedad sobre las plantas. Hay otros ejemplos del mismo tenor.

Según sostienen algunos especialistas, los derechos de propiedad intelectual podrían agregar valor, al menos en forma indirecta, al conocimiento tradicional o a los recursos genéticos y biológicos, en la medida en que se autorice la concesión de patentes basadas en el uso

de éstos, especialmente en el área de la biotecnología, o en la medida en que sea posible hacer uso de los diferentes tipos de propiedad intelectual para tutelar esos conocimientos, innovaciones y prácticas, siempre y cuando los derechos vayan acompañados de acuerdos sobre distribución de beneficios.

De cualquier forma, para asegurar la distribución de los beneficios puede recurrirse al mecanismo denominado certificado de origen, conforme al cual toda solicitud de derecho de propiedad intelectual o de comercialización de un producto debe consignar expresamente, a fin de impedir la biopiratería, el origen del material genético adquirido, el consentimiento previo del Estado de donde procede y el modo en que se distribuirán los beneficios, so pena de no conceder la autorización respectiva. Se trataría de un control cruzado en los mercados de los países donde se requiera protección, fundamentalmente los países industrializados. Este control se ejercería por medio de una constancia que certificase la legalidad del acceso. Aunque algunos estiman que esta exigencia supondrá, además de otras dificultades prácticas, una recarga de trabajo para las oficinas de propiedad intelectual, está recogida en varios instrumentos, como el Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos del Pacto Andino; el Reglamento de protección de los derechos de los obtentores de variedades vegetales de Perú, y la Ley de Biodiversidad de Costa Rica. Hace unos años, fue rechazada una moción encaminada a incluir esta exigencia en la Directiva sobre la Protección Jurídica de las invenciones biotecnológicas de la UE, pero finalmente se estableció sólo el requisito de indicar el lugar de origen del material, sin que ello afectase la validez de la patente. Sin duda, se perdió así una valiosa oportunidad de cumplir con los objetivos del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

k) Sistema *sui generis*

El artículo 27.3.b del Acuerdo sobre los ADPIC menciona la posibilidad de proteger las variedades vegetales por medio de un sistema sui géneris eficaz. No hay otra especificación al respecto: el esquema debe ser especial o particular y, al mismo tiempo, eficaz. En uno de los escasos estudios que se han hecho sobre estos requisitos, se ha sostenido que el sistema sui géneris debe constituir una forma de propiedad intelectual, es decir, ha de ser tal que permita excluir a terceros del uso del material protegido o, al menos, permita percibir una remuneración por algunos de los usos del material. Además, debe respetar los principios de trato nacional y de nación más favorecida, y debe contemplar procedimientos tendientes a hacer obligatoria la observancia de los derechos consagrados en el Acuerdo.

El sistema *sui generis* puede apartarse de los requisitos fijados por la UPOV en el acta de 1978 o en la de 1991, e incluir disposiciones adicionales sobre protección de los derechos del agricultor, es decir, sobre las variedades tradicionales. Para tal fin, sería preciso modificar los requisitos exigidos; además, establecer mecanismos, como fondos u otros esquemas, para distribuir los beneficios resultantes del uso del material genético; contemplar instrumentos como el certificado de origen, y, por último, modificar los requisitos y derechos otorgados a los titulares de las variedades.

Algunos autores han propuesto un esquema sui géneris en el cual, si bien no se cumplen todas las exigencias de la UPOV, se definen con precisión elementos tales como la materia que debe protegerse; los requisitos para la protección; la inclusión de nuevos elementos —como el certificado de origen y el valor del cultivo y del uso—; el ámbito de la protección, es decir, los actos que requieren autorización del titular o el pago de una remuneración a éste; la duración de los derechos, y la interfaz con otros derechos de propiedad intelectual. Por último, en el esquema están contempladas diversas consideraciones sobre registros, fondos y mecanismos de distribución de beneficios.

En general, se han propuesto múltiples esquemas de derechos sui géneris, con las más variadas denominaciones, para proteger los derechos de los agricultores y los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades locales y los pueblos indígenas. Algunos autores sostienen incluso que es necesario montar un sistema ADPIC ampliado, que establezca modalidades de distribución de beneficios y proteja no sólo el derecho de los obtentores, sino también el de los agricultores.

En India y Tailandia, así como en otros países, se han promulgado leyes de protección de variedades vegetales, que en su conjunto constituyen un sistema sui géneris que brinda protección también a las variedades tradicionales y los recursos genéticos, además de contener disposiciones específicas sobre distribución de beneficios. Por ejemplo, en agosto de 2001 entró en vigor en India una ley que protege tanto a los obtentores como a los creadores de variedades tradicionales, y autoriza la reutilización y el intercambio de las semillas conservadas en los predios.

Recientemente, el Grupo Latinoamericano y del Caribe (GRULAC) presentó una moción ante la Asamblea General de la OMPI que resulta representativa de la manera en que son concebidas, en los países de la región, las relaciones que deben existir entre el conocimiento tradicional, los recursos genéticos y la propiedad intelectual. En el documento se destaca la importancia que reviste el otorgar adecuada protección al conocimiento tradicional y se enumeran algunos posibles modos de hacerlo. Además, se puntualizan los objetivos que debe perseguir tal

protección, citando precedentes internacionales y nacionales en tal sentido, para concluir con algunas sugerencias concretas para la tutela de estos bienes. Por último, el GRULAC solicita la creación de un comité permanente sobre acceso a recursos genéticos y conocimiento tradicional de las comunidades locales y pueblos indígenas, cuyo programa de trabajo debería estar orientado a otorgar protección a los derechos de propiedad intelectual pertinentes, conforme a procedimientos internacionalmente reconocidos.

En el documento se definen las tareas del mencionado comité y se detallan largamente los problemas que debería abordar, entre los que figura todo lo relativo a revisión de los derechos de autor, invenciones, variedades vegetales, diseños industriales, marcas, nombres comerciales, indicaciones geográficas, denominaciones de origen y competencia desleal. Fuera del marco jurídico de la propiedad intelectual, la propuesta llama al desarrollo de sistemas sui géneris de protección, que tomen debida cuenta de los deseos y expectativas de los titulares de los conocimientos e innovaciones. Asimismo, se refiere a conceptos legales como la relación entre el dominio público y el privado, el reconocimiento de los derechos colectivos, el acceso a recursos genéticos y la distribución de beneficios, punto este último que incluye, entre otros aspectos, la elaboración de disposiciones modelo para regular el acceso a tales recursos y la concertación de contratos y acuerdos de transferencia de material. Por último, se proponen algunas medidas para otorgar protección por medio del sistema de patentes y diseños industriales. Las recomendaciones apuntan a evitar la biopiratería, es decir, el uso no autorizado de los recursos genéticos y el conocimiento tradicional asociado, los cuales, como se ha dicho en el curso del presente capítulo, suelen ser utilizados para fines comerciales y son incluso patentados sin el consentimiento informado previo y sin distribución justa y equitativa de los beneficios. Para ello se sugieren medidas tales como la revisión de la doctrina que impide proteger la materia existente en la naturaleza; la estricta aplicación del principio de la novedad absoluta, de forma que se incluyan como parte de los elementos preexistentes el conocimiento y las innovaciones que hayan sido transmitidas por el uso, la revelación oral o la comercialización tradicional; la posibilidad de considerar ilegales las solicitudes de patentes que no hayan cumplido con las reglas de acceso a los recursos genéticos y el conocimiento tradicional a través de la cooperación internacional, y la simplificación de los trámites para revocar las patentes otorgadas en forma ilegal.[24]

[24] En su sesión XXVI, la Asamblea General de la OMPI creó el Comité Intergubernamental, organismo que se reunió en dos ocasiones en 2001 para analizar algunos de los asuntos aquí mencionados, tales como las cláusulas de propiedad intelectual en

En la extensa lista anterior se enumera la multitud de aspectos hoy en discusión acerca de los derechos de propiedad intelectual correspondientes a las biotecnologías agropecuarias. Como es fácil advertir, se trata de un territorio inmenso, aún abierto a la negociación internacional, territorio en que los gobiernos de América Latina y el Caribe deberían moverse en el futuro con mayor conocimiento de causa y de manera mancomunada, a efectos de maximizar los beneficios que podrían extraer de las nuevas disciplinas internacionales en materia de propiedad intelectual.

los contratos sobre acceso a recursos genéticos, la situación previa del arte y el conocimiento tradicional, y los principios que deben guiar la constitución de un sistema *sui generis*.

Capítulo XI

Hacia una agenda regional de acciones públicas y privadas en el ámbito de los productos transgénicos

Alicia Bárcena y Jorge Katz

1. El nuevo paradigma biotecnológico como objeto de estudio interdisciplinario

En los capítulos anteriores de este libro se han examinado los productos transgénicos desde la perspectiva de diversas disciplinas, como la biología y las ciencias de la agronomía, el análisis económico y de organización industrial, la visión jurídico-legal y los estudios ambientales, lo cual ha permitido hacerse una idea de la compleja gama de conocimientos que aquí confluyen. Esa misma multiplicidad deja ver que ninguna de esas disciplinas está en condiciones de reclamar exclusividad o hegemonía en la comprensión del fenómeno de los OGM, ni en la elaboración del programa de investigaciones y de actividades públicas y privadas que es necesario llevar adelante en este campo. En consecuencia, para entender adecuadamente el fenómeno, es preciso definir un nuevo espacio de interacción, un nuevo lenguaje que reúna los aportes cruzados de todas estas disciplinas. La intención de este libro ha sido justamente

ésa, la de abrir el camino, mostrando cuál es el aporte de cada uno de estos conocimientos al debate contemporáneo.

La necesidad de producir más y mejores alimentos para una población mundial que crece exponencialmente, la promesa que en ese sentido encierra la revolución biotecnológica en marcha, y los enormes riesgos y oportunidades que ello entraña, resaltan como los temas que más insistentemente aparecen en el discurso de biólogos, agrónomos y especialistas de otras disciplinas conexas.

Por su parte, los economistas y los entendidos en organización industrial enfocan la cuestión de los OGM desde la perspectiva de la teoría moderna de la innovación y el crecimiento, así como desde el ángulo de la estructura y el comportamiento de los mercados y la capacidad de éstos de distribuir en forma equitativa los costos y beneficios asociados al nuevo paradigma biotecnológico. A partir de tales enfoques, cabe destacar los siguientes aspectos:

Primero, es éste un campo en que reina un alto grado de incertidumbre, originada en el estado incompleto e imperfecto de los conocimientos científico-técnicos hoy disponibles. Resulta claro que es poco lo que se sabe aún en materia de inmunología, genética o biología molecular, y que nadie puede decir a ciencia cierta cuál es la probabilidad de que la investigación científica resuelva, y en qué horizonte temporal, los interrogantes que están hoy sin contestar, así como los que vayan surgiendo en el camino. La ausencia de información acerca del conjunto de opciones futuras es lo que lleva a distinguir entre riesgo e incertidumbre, siendo esta última y no el riesgo lo que está aquí en juego. No hay mercados de futuros en los cuales descontar las distintas opciones que enfrenta la sociedad, opciones que son también, al menos en parte, desconocidas.

Segundo, debido a la especificidad de los recursos naturales de América Latina y el Caribe, los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para explotarlos de manera eficiente y sustentable no deberían provenir del exterior, es decir, de esfuerzos de ID realizados por empresas o instituciones del mundo desarrollado que luego podrían importarse sin más por vía de licencias, semillas o cepas. Lo idiosincrásico de los recursos naturales de la región reclama investigación in situ, que refleje adecuadamente los rasgos biológico-genéticos de su flora y fauna. Sólo una correcta especificación de estos recursos permitirá explotarlos de manera eficiente y ambientalmente sustentable. Cuanto más pronto sea reconocida esta realidad, menor será el tiempo perdido y menos graves los daños infligidos al medio ambiente y la sociedad.

Tercero, se trata de un campo en que abundan los bienes públicos, los cuales, como es sabido, se caracterizan por no mostrar rivalidad en

el consumo y por no poder ser enteramente excluyentes en materia de apropiación de beneficios. Dichos rasgos estructurales impiden un buen funcionamiento del sistema de precios y obligan a crear otras instituciones reguladoras para guiar la conducta de los agentes económicos.

Cuarto, hay fallas de mercado originadas en información imperfecta, economías de escala y retornos crecientes, tanto en lo que se refiere al gasto en ID como a la misma producción de organismos transgénicos, insumos biológicos intermedios y otros productos semejantes. La presencia de estas fallas habla de la existencia de rentas potenciales por concepto de innovación, a la espera de ser captadas por agentes económicos individuales. Sin embargo, estos últimos difieren en cuanto a estructura, estrategias y capacidad tecnológica acumulada y no tienen igual acceso a las oportunidades. Dominan el sector grandes empresas transnacionales, que tratan de imponer lo que eufemísticamente se llama nivelación del campo de juego, que no es más que la implantación de un cuadro de instituciones y reglas de propiedad intelectual que facilitan la explotación de la riqueza genética encerrada en los distintos países del planeta, así como la apropiación privada de los beneficios resultantes de las innovaciones biotecnológicas.

Sin embargo, también existen agentes nacionales públicos y privados que, pese a su relativa debilidad, podrían participar en el despliegue del nuevo paradigma, siempre y cuando se regulara el poder discrecional de mercado con que cuentan las grandes corporaciones transnacionales y, al mismo tiempo, se prestara apoyo a estos agentes para que tuviesen un acceso más expedito a los mercados de factores, por ejemplo, los de capital de largo plazo y de tecnología. Salvo raras excepciones, las instituciones y empresas nacionales de investigación suelen no alcanzar los niveles de capacitación tecnológica y de recursos financieros que son necesarios para explorar y aprovechar esta nueva ventana de oportunidades.[1]

Por último, el nuevo paradigma pone en tela de juicio la cosmovisión y los derechos ancestrales de comunidades campesinas y de etnias indígenas, las cuales ven cernirse sobre ellas la amenaza de ser expropiados del capital social que sus antepasados contribuyeron a crear a lo largo de sucesivas generaciones.

Esta enumeración ilustra acerca de los temas que guían el pensamiento actual de economistas y especialistas en organización

[1] La EMBRAPA representa precisamente una excepción en este plano, gracias a los ingentes esfuerzos de investigación que despliega y el amplio acervo de tecnologías propias con que cuenta, todo lo cual le permite negociar desde una posición más equilibrada con los grandes consorcios transnacionales y obtener, en consecuencia, una participación en el mercado mundial acorde con su potencial.

industrial en su abordaje de los problemas que el nuevo paradigma plantea a la sociedad.

Por su parte, el mundo jurídico-legal observa la cuestión de los transgénicos y los OGM desde otro ángulo, y se formula otras preguntas no menos cruciales que las anteriores. La riqueza biológica y genética no está repartida en forma homogénea en los distintos países y regiones. Debe ser explotada económicamente, pero en el marco de un claro compromiso ecológico intergeneracional que asegure la sustentabilidad ambiental de largo plazo. Cuál es el marco institucional —leyes de propiedad intelectual, normas de derecho ambiental y otras— que hace posible esa conjunción, constituye la preocupación fundamental de legisladores y juristas.

Resulta claro que la situación de Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, México y Perú, los países de mayor diversidad biológica del mundo, requiere un tratamiento jurídico específico y diferenciado, esto es, la constitución de un cuerpo de normas que permita a los agentes económicos nacionales acceder a su capital biológico y genético y explotarlo en condiciones aceptables de sustentabilidad ambiental, para evitar de ese modo la gran amenaza de pérdida de biodiversidad que se cierne sobre ellos y, por ese conducto, sobre todo el planeta.

Como pudo advertirse en los capítulos anteriores, se necesita el concurso de todas las disciplinas mencionadas para enfrentar las oportunidades y riesgos que trae consigo el nuevo paradigma tecnológico. Ello significa que es urgente crear instituciones, marcos reguladores de la competencia y regímenes de incentivos, formar recursos humanos calificados y organizar modalidades de asociación y trabajo colectivo, todo ello adaptado a la realidad de cada país, para poder avanzar en la región hacia el aprovechamiento sustentable de la frontera biotecnológica. El patrimonio genético y biológico de cada país difiere del de los restantes; por ello, debe comenzarse por estudiar y conocer las fortalezas y debilidades de la riqueza biológica de cada unos de ellos, así como las oportunidades y problemas que su explotación habrá de encarar en el futuro. También hay diferencias entre ellos en cuanto a capacidad científico-tecnológica acumulada, por lo cual habrá que avanzar, en unos más que en otros, en la formación de recursos humanos calificados en un amplio espectro de especialidades, con el fin explotar en forma sustentable dicho patrimonio. Por último, tampoco hay uniformidad en lo concerniente a madurez del marco institucional y regulador. No obstante, una vez más, en todos ellos será necesario dictar mejores leyes de protección ambiental, de regulación de la competencia o de propiedad intelectual, que definan con mayor claridad el régimen de incentivos económicos que debe aplicarse.

De este modo, las políticas de cada país deberán cubrir una amplia gama de aspectos genéricos y, al mismo tiempo, tomar en cuenta

las especificidades nacionales. Las preguntas que la transición hacia el mundo de los transgénicos plantea en México son muy distintas de las que surgen en Argentina, y lo mismo podría decirse de cualquiera de los otros países de la región. Por lo tanto, la estrategia de largo plazo que debe formularse en cada uno de ellos tiene que combinar de manera novedosa y pragmática tanto las intervenciones genéricas como las intervenciones de carácter específico y selectivo, donde se refleje apropiadamente su problemática local.

2. Diversidad de actores y construcción de ventajas comparativas basadas en el conocimiento tecnológico

No parece realista pensar que, en el caso de los transgénicos, se está ante mercados en que el libre juego de la competencia redundará en un proceso razonablemente equitativo de selección de agentes económicos individuales, ni tampoco en un adecuado desarrollo de ventajas comparativas dinámicas basadas en el aprendizaje de los agentes productivos locales. Existen múltiples razones para suponer que, si se deja la transición hacia el mundo de los transgénicos exclusivamente en manos del mercado, no se alcanzarán esos objetivos, de modo que tal transición estará lejos de ser eficiente y equitativa.

En diversos capítulos de este libro se habla del enorme poder de negociación que tienen en este ámbito unas pocas compañías internacionales, entre las que sobresalen Monsanto, Novartis, Pioneer Hi-Bred, Cargill y Cyanamid. El presupuesto en ID de muchas de estas empresas, tomadas individualmente, es superior al de muchos países latinoamericanos y caribeños. Por tal razón, es difícil enfrentarlas en un pie de igualdad si no media una estrategia nacional clara y una visión acerca del lugar a que se desea llegar en un plazo razonable. En el contexto de dicha estrategia nacional, en cada país debe especificarse cuál es la mejor manera de aprovechar sus activos iniciales —biodiversidad, desarrollo empresarial, capacidad científico-tecnológica acumulada del aparato público y del sector privado—, para negociar en forma provechosa con aquellas empresas y captar así la mayor alícuota posible de beneficios de la transición hacia el nuevo paradigma. Ello supone un complejo juego dinámico, que sin dejar de facilitar a las compañías extranjeras el acceso a las riquezas nacionales, estructure un marco regulador que ponga algún límite a sus posiciones dominantes en el mercado, y, al mismo tiempo, establezca un régimen de incentivos que estimule a los agentes nacionales e induzca procesos dinámicos de construcción de ventajas comparativas, basadas en la

adquisición de conocimientos. Obviamente, encontrar el equilibrio entre ambos lados de la ecuación constituye un ejercicio delicado, que en cada país deberá llevarse a cabo de acuerdo con sus intereses.

3. Hacia una agenda de políticas públicas en el campo de los transgénicos

Si se acepta la tesis de que los objetivos de la intervención pública deben ser los de desarrollar un programa de captación de ventajas comparativas dinámicas basadas en el aprendizaje y el conocimiento, se torna necesario, entonces, considerar al menos los siguientes puntos:

Primero, la necesidad de desplegar una estrategia global en la materia. Segundo, la definición de una agenda de investigación y de un régimen global de incentivos —fiscales, de carrera académica y otros—, los cuales deben ser utilizados para inducir la investigación y el desarrollo de nuevos conocimientos tecnológicos y su difusión hacia el aparato productivo. Tercero, la formación de recursos humanos calificados. Cuarto, el diseño de marcos reguladores y de organismos estatales que se encarguen de velar por la sustentabilidad ambiental, la protección de la biodiversidad, las leyes de competencia y otros aspectos semejantes. Quinto, la provisión de nuevos mecanismos de financiamiento público y privado para proyectos empresariales, buscando al mismo tiempo nuevas formas de asociación y de aglomeración de empresas. Y sexto, la aplicación de una estrategia de inserción en los mercados internacionales, la cual debe englobar aspectos tales como la infraestructura de transporte y telecomunicaciones, el desarrollo de marcas nacionales y la defensa de las designaciones de origen, todo ello en el marco de una amplia ofensiva en busca de nuevos mercados externos.

No es difícil vislumbrar que la lista anterior abarca una serie de bienes públicos en los que la no rivalidad y la exclusión incompleta son proverbiales. Ello permite sospechar que los mecanismos convencionales de mercado sólo podrán operar en este ámbito de manera imperfecta, requiriéndose, en consecuencia, formas creativas de intervención y de creación de activos colectivos y capital social que el *laissez faire* simplemente no genera. Si se examina con cuidado la manera en que lo público y lo privado interactuaron en este campo a largo de los años ochenta y noventa en los países desarrollados, se encuentra amplia justificación para que el sector público latinoamericano y caribeño se trace una estrategia proactiva, encaminada a construir ventajas comparativas dinámicas en este nuevo frente de oportunidades.

4. La singularidad de la región

Se estima que cerca de 70% de la biodiversidad del planeta está concentrada en alrededor de 15 países de América, África, Asia y Oceanía. La singularidad de América Latina y el Caribe a este respecto radica tanto en la riqueza de sus recursos naturales como en la importancia de los servicios ambientales que presta. La región contiene casi todos los tipos de biomasa existentes en el mundo, con excepción de los más fríos, como las tundras y taigas. Con 8,6% de la población mundial, la región reúne 49% de los bosques tropicales del mundo, 27% de los bosques de todo tipo y 7% de las ecorregiones terrestres más ricas en especies. A la vez, tiene cuatro de los centros y subcentros mundiales de origen de plantas cultivadas, y 44% de la superficie de bosques húmedos latifoliados tropicales, en donde se concentra la mayor diversidad de especies del mundo. Seis países, Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela, están considerados como megadiversos (véase el cuadro XI.1). Cabe destacar, por otra parte, que la importancia de la región a este respecto no radica sólo en el número de especies que posee, sino también en la cantidad de especies endémicas, es decir, especies que pertenecen sólo a un hábitat determinado y no se han propagado a otras zonas, a causa de barreras naturales, geográficas, climáticas o de comportamiento. La existencia de endemismos, o sea, de especies que sólo se encuentran en este lugar del mundo y en ningún otro, hace a los gobiernos de la región acreedores de una gran responsabilidad: en efecto, es necesario cuidar ese tesoro biológico, pues su desaparición significaría simplemente su extinción en todo el planeta. Por otra parte, a partir de estas especies endémicas pueden obtenerse productos de gran valor, lo cual, junto con darle ventajas frente a otras regiones, la vuelve también vulnerable, sobre todo si no cuenta con mecanismos de bioseguridad que garanticen que los beneficios derivados de tal riqueza se distribuyan en ella.

CUADRO XI.1
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: BIODIVERSIDAD EN LOS PAÍSES MEGADIVERSOS
(Número de especies y porcentajes)

Especies	Total mundial	BRASIL		VENEZUELA		COLOMBIA		ECUADOR		PERÚ		MÉXICO	
		Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas	Total	Endémicas
Vertebrados													
Mamíferos	4 629	524	131	288	11	456	28	271	21	344	46	450	140
Aves	9 040	1 622	191	1 360	45	1 815	142	1 559	37	1 703	298	1 050	125
Reptiles	6 458	468	172	293	57	520	97	374	114	298	98	717	368
Anfibios	4 222	517	294	204	76	583	367	402	138	241	89	284	169
Total (sin peces)	23 349	3 131	788	2 145	189	3 374	634	2 606	310	2 586	342	2 501	802
Plantas superiores													
Total mundial (miles)	248,43	50 a 56	16,5 a 18,5	15 a 21	5 a 8	45 a 51	15 a 17	1,6 a 21	4 a 5	18 a 20	5,3	18 a 30	10 a 15
Total mundial (%)		-	6,7 a 7,4	-	2 a 3,2	-	6 a 6,8	-	1,6 a 2	-	2,1	-	4 a 6

Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de Russell Mittermeier y Cristina Goettsch, Megadiversidad, México, D.F., Cementos Mexicanos (CEMEX), 1997.

Los ecosistemas naturales son importantes fuentes de recursos y productos para las poblaciones locales, tanto para consumo propio como para su venta en los mercados locales. Sin embargo, el hecho de que precio que obtienen sea por lo general muy bajo, crea condiciones que favorecen intensos procesos de sobreexplotación de los recursos naturales. En este como en muchos otros casos, los precios de mercado no reflejan el valor de los servicios ambientales.

Al mismo tiempo, es cada vez más intensivo el uso que diversas compañías hacen de esta biodiversidad, las cuales han desarrollado tecnologías especializadas de modificación genética para dar origen a distintos productos aplicables en la agricultura y la salud. Debido a la ausencia de un marco regulador claro y justo en los ámbitos nacional y multinacional, no es posible asegurar que los beneficios derivados de estos productos se distribuyan entre los verdaderos dueños de los recursos naturales.[2]

Por otra parte, el eje principal de la conservación de la biodiversidad in situ han sido, en todo el mundo, las áreas naturales protegidas. Prácticamente en todos los países de la región rigen sistemas de áreas naturales protegidas. El PNUMA estima que 6,6% del territorio de la región se encuentra bajo la categoría de protección estricta. Si se considera solamente la superficie forestal protegida, la región tiene 97 millones de hectáreas boscosas bajo este régimen, lo que equivale a 10,3% de la superficie arbolada del mundo que está amparada por algún régimen de protección.

En las últimas décadas se han realizado diversos esfuerzos en la región para fortalecer la protección brindada a las áreas naturales, entre los cuales cabe destacar la labor de la Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en parques nacionales, otras áreas protegidas, y flora y fauna silvestres. El trabajo de la red involucra la cooperación de los países andinos, los centroamericanos y de varias ONG internacionales de reconocido prestigio, como el Fondo Mundial para la Naturaleza, Conservación Internacional y Conservación de la Naturaleza.

Por desgracia, no todas estas iniciativas han alcanzado plenamente sus objetivos, debido a la insuficiencia de los recursos económicos, la inadecuación de los marcos legales e institucionales de administración,

---

[2] Se estima que tales compañías perciben anualmente cerca de 40.000 millones de dólares a partir de medicamentos cuyos ingredientes activos derivan de especies del trópico húmedo. Cerca de 40 medicamentos que se utilizan en los Estados Unidos fueron sintetizados a partir de productos naturales de las selvas tropicales. El Instituto Nacional del Cáncer de ese país ha identificado 3.000 especies de plantas que sirven para combatir el cáncer, 70% de las cuales provienen de esas selvas.

y la ausencia de instrumentos de gestión que favorezcan el desarrollo sustentable de estas áreas.

5. La biodiversidad como fuente de riqueza y crecimiento económico

Como se indicó, para los gobiernos de la región, y en especial para los de las naciones megadiversas, la posesión de tan rico patrimonio natural trae consigo una gran responsabilidad, relacionada en primer término con su conservación, pero también con su aprovechamiento sustentable como fuente de riqueza y crecimiento económico.

En los últimos diez años, distintas organizaciones internacionales han gastado en conjunto cerca de 4.000 mil millones de dólares en labores de conservación, pero ello no ha bastado para erradicar la dinámica destructiva en que ha entrado el mundo a este respecto, en gran medida por el aumento de la población y la pobreza. Es sumamente inquietante, en este sentido, el ritmo sin precedentes de extinción de especies.[3] Por lo tanto, a menos que se tomen medidas urgentes y enérgicas para la conservación de la biodiversidad, muchos de los productos y servicios que derivan de estos recursos se reducirán de modo sustancial o simplemente desaparecerán.

Por otra parte, en la comunidad internacional se reconoce la importancia de dar al patrimonio natural un nuevo valor de mercado, esto es, de considerarlo como generador de servicios ambientales de beneficio global. Por ello se habla de la posible creación de nuevos mercados mundiales en que los países podrían hacer transacciones a partir de una revaloración de su oferta de servicios ambientales. Aunque este mercado está asociado fundamentalmente al cambio climático, no deja de ser importante para la región, cuyo principal servicio ambiental está constituido por su biodiversidad y, en particular, por sus áreas boscosas, dada la enorme capacidad de éstas de captar carbono.

Proyectar esta singularidad, cohesionar el esfuerzo regional encaminado a proteger los ecosistemas, y obtener el apoyo mundial en ese sentido son, en conjunto, el punto de partida de la definición de una política pública de desarrollo sostenible, que debe apuntar a reforzar la estabilidad de los ecosistemas que son de interés para toda la humanidad. Ello puede contribuir a que los gobiernos de los países desarrollados se comprometan a corresponsabilizarse con el destino de los recursos biológicos de la región.

---

[3] Se estima que el índice actual de desaparición de especies es 10.000 veces mayor que el existente antes del surgimiento del ser humano.

Por otra parte, la biodiversidad es fuente de enormes beneficios no sólo en el ámbito de la investigación académica, sino también en el económico y el comercial. En el caso específico de los recursos genéticos, el desarrollo de la ciencia y la biotecnología ha permitido, en las últimas décadas, expandir sus usos potenciales y, por tanto, su valor de mercado.[4] La bioprospección, entendida como la recolección y muestreo de recursos biológicos y genéticos para propósitos comerciales, ha dado a la biodiversidad un valor agregado del que los países megadiversos pueden beneficiarse enormemente.

En síntesis, los gobiernos de la región enfrentan en este plano retos fundamentales, tales como:

i) Tratar la biodiversidad como una fuente de valor y oportunidades.

ii) Abrir mercados para los bienes y servicios ecológicos y ambientales que puede ofrecer la región. Para ello se requiere afinar la definición de bienes y servicios ambientales y ecológicos, con el propósito de destacar aquellos en que la región tiene ventajas importantes. Por ejemplo, hay que explorar nuevas oportunidades y mercados para el material genético de plantas y animales que sea de interés comercial.

iii) Avanzar en la iniciativa de cooperación entre los países megadiversos y en el Protocolo de Kyoto, para ganar poder político y valorizar económicamente los servicios ambientales globales.

iv) Proteger los recursos genéticos de la región y garantizar la distribución equitativa de los beneficios económicos resultantes de ellos. Para ello se requieren políticas específicas de manejo, marcos reguladores claros y estables, y una estrategia coordinada de cooperación. Especialmente importantes son las medidas destinadas a asegurar que los beneficios derivados de la extracción de especies se distribuyan de modo equitativo en la población que es dueña de esos recursos, y también aquellas medidas destinadas a proteger el conocimiento tradicional de las comunidades indígenas.

[4] Alrededor de 25% del mercado farmacéutico mundial está compuesto por productos basados en material biológico. En 1994, sólo en Europa, el mercado de productos que dependen de la aplicación de biotecnologías alcanzó un valor de 38.000 millones de dólares.

6. La cooperación entre los países

En vista de esta situación, es necesario crear un marco de referencia apropiado y propiciar la cooperación y la participación activa de los gobiernos, las instituciones intermedias, las empresas privadas, las instituciones académicas y las comunidades locales. En este marco, que debe englobar las leyes nacionales y los acuerdos internacionales, han de definirse con claridad aspectos como la propiedad sobre los recursos genéticos; la protección de la propiedad intelectual; el acceso a tales recursos, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización.

Sin embargo, ante la realidad de un entorno internacional caracterizado por relaciones asimétricas y una distribución desigual de los recursos, el poder y la influencia, es preciso fortalecer la capacidad de negociación correspondiente a los países megadiversos, a fin de que los gobiernos respectivos puedan promover sus legítimos intereses. Con este propósito, los representantes de estos países han procurado, en diversos foros internacionales, alcanzar un acuerdo político que defina mecanismos de coordinación en estas materias y permita concertar posiciones de negociación en los foros multilaterales.

7. El debate mundial sobre los transgénicos

A continuación se describe brevemente el cuadro internacional hoy imperante en lo que atañe a derechos sobre recursos genéticos y protección de la propiedad intelectual y del conocimiento tradicional.

Diversos sectores han manifestado, en todo el mundo, su inquietud por los posibles efectos dañinos de los productos transgénicos sobre el medio ambiente, lo cual se ha reflejado de distintas formas en los debates de la OMC. Por ejemplo, hay un movimiento creciente de productores agrícolas, consumidores y ambientalistas del norte y del sur que pretenden evitar la proliferación incontrolable de transgénicos, mientras no haya estudios científicos que comprueben plenamente su inocuidad.

Uno de los instrumentos que se ha aplicado a este respecto es el llamado principio de precaución, el cual, en opinión de muchos, debería regir en todo lo concerniente a productos biotecnológicos, debido a su novedad y al escaso conocimiento científico acerca de sus efectos secundarios o de largo plazo. En el Senado de México, por ejemplo, acaba de reglamentarse el etiquetado obligatorio de los productos genéticamente modificados, para que el público pueda identificar qué

tipo de alimentos consume. Urge ahora vigilar la aplicación de estas disposiciones y legislar sobre el manejo biotecnológico.

La posición de la CEPAL a este respecto apunta fortalecer la capacidad de los países de la región de desarrollar un pensamiento propio sobre estas materias, el cual debería estar basado en la investigación y los desarrollos endógenos. Al mismo tiempo, la CEPAL propicia la intervención del Estado en favor de los productores pobres y los consumidores, y el establecimiento de aquellas normas de bioseguridad que sean necesarias para evitar daños a la salud humana y el medio ambiente.

Entre otras exigencias, es necesario armonizar las distintas legislaciones sobre la materia, que suelen contraponerse entre sí: por ejemplo, en la OMC se da prioridad al flujo libre de mercancías, mientras que el Convenio sobre la Diversidad Biológica intenta proteger el acervo biológico del planeta, al tiempo que la FAO está preocupada por el hambre en el mundo. Otros organismos, como la OCDE, el PNUMA, la OMS, el Codex Alimentarius, el Organismo de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos, por mencionar sólo los más importantes, tampoco cuentan con una política común y menos aún han establecido una jerarquía de prioridades en este campo. En los Estados Unidos hay una visible confusión legal a este respecto, ya que varias dependencias estatales intervienen en los asuntos relativos a los transgénicos, cada una con su regulación propia, como el Departamento de Agricultura, la Administración de Productos Alimenticios y Farmacéuticos, y el Organismo de Protección del Medio Ambiente. Estas tres dependencias han autorizado la comercialización de OGM, sin conocer a fondo sus posibles efectos a largo plazo.

8. Consideraciones finales

La ventana de oportunidades que ha abierto el nuevo paradigma de los productos transgénicos reclama una respuesta proactiva de los gobiernos de América Latina y el Caribe, si se desea aprovechar los posibles beneficios del nuevo paradigma y enfrentar los costos económicos, sociales y ambientales que eventualmente podrían estar asociados a su consolidación en el medio productivo regional.

Se trata de un campo no adecuadamente regulado por las leyes convencionales del mercado. La incertidumbre, la información imperfecta acerca de costos y beneficios futuros, la no rivalidad y la apropiación imperfecta de los esfuerzos de ID de nuevas tecnologías, el elevado grado de concentración económica en manos de un reducido elenco de grandes empresas transnacionales, y los retornos crecientes de la investigación y

de la producción de semillas e insumos biológicos intermedios, son otros tantos elementos que llevan a sospechar que la competencia y las reglas del mercado cumplen aquí sólo una función menor como ordenadores de la conducta de los agentes económicos individuales. Por otra parte, hay demasiadas externalidades y efectos no pecuniarios involucrados, que inciden en la sustentabilidad ambiental, el compromiso ecológico intergeneracional, la pérdida de biodiversidad, el deterioro de estilos de vida y costumbres ancestrales de los pueblos originarios, y otras muchas dimensiones que el sistema de precios simplemente desconoce, todo lo cual impide pensar que el despliegue del nuevo paradigma pueda quedar únicamente al cuidado de la mano invisible.

Se requiere, por ende, una estrategia nacional en la materia, que debe comenzar por reconocer la enorme interdependencia y diversidad de formas de retroalimentación que median, en este ámbito, entre lo legal e institucional, lo económico y lo tecnológico. Dada esa realidad, toda estrategia nacional deberá avanzar simultáneamente en estos tres frentes, creando instituciones, desarrollando el aparato productivo y fomentando la consolidación de capacidades tecnológicas nacionales mediante la formación de capital humano.

Lo anterior supone, obviamente, aumentar el gasto en desarrollo tecnológico y fomento productivo. Sin embargo, es claro que ello no resuelve el problema, porque en este sector desempeñan también un papel crucial los eslabonamientos productivos, la asociación y la aglomeración en torno a institutos académicos, parques tecnológicos e instancias locales y municipales, sobre todo en lo que dice relación con la apertura de nuevos frentes productivos y exploración de las fronteras del conocimiento. Así lo confirman las experiencias de la Universidad de Cambridge, en el Reino Unido, o de la Biotech Bay de San Francisco y la Ruta 128 de Massachusetts, en los Estados Unidos. En una escala menor, la experiencia de Campinas, en Brasil, deja ver que estos desarrollos podrían adquirir cierta envergadura en la región en un futuro no muy lejano. Por ello, las estrategias nacionales en esta materia deberían hacer particular hincapié en la construcción de una institucionalidad asociativa.

Mas allá del aumento del gasto y de la creación de institucionalidad, la estrategia de desarrollo en este frente debe partir por determinar cuál es el patrimonio biológico y genético nacional y su relación con aspectos tales como las ventajas comparativas y el patrón de inserción del país en los flujos mundiales de comercio, el empleo, y los fenómenos de inclusión o exclusión de las comunidades campesinas y los pueblos originarios. Sólo un adecuado diagnóstico de esta índole podrá indicar de qué manera es posible maximizar los beneficios asociados al despliegue del nuevo paradigma.

Este despliegue debe involucrar agentes productivos de muy distinta escala, capacidad tecnológica acumulada y poder de mercado. Los marcos reguladores, las leyes de protección de la competencia, y el apoyo tecnológico y financiero al núcleo de pequeñas empresas nacionales, parecen ser un complemento imprescindible para que el avance hacia nuevas ramas y sectores productivos de mayor valor agregado interno y mayor uso de ingeniería local pueda estar asociado a la construcción de tramas productivas más sofisticadas. A su vez, el poder discrecional de mercado de las grandes empresas transnacionales deberá ser estrechamente vigilado, toda vez que éstas tendrán ahora una incidencia cada vez mayor sobre la manera en que se accede en cada país a los frutos de su patrimonio biológico y genético y se distribuyen sus beneficios.

Hasta el presente, el tránsito de todo nuevo paradigma científico-tecnológico y productivo desde los países desarrollados hacia los países en desarrollo ha seguido en cierto modo el mismo patrón, a saber, el de concentrar en éstos sólo las fases estrictamente productivas del nuevo paradigma, a fin de capitalizar las ventajas comparativas estáticas basadas en recursos naturales abundantes y mano de obra barata no calificada. La estrategia nacional en este campo debería cuidarse de no repetir el mismo modelo; por el contrario, tendría que construir ventajas comparativas dinámicas basadas en el conocimiento y el aprendizaje nacionales, y, a partir de ello, abrir nuevas cadenas productivas de mayor valor agregado interno, mayor uso de la ingeniería nacional y mejor inserción competitiva internacional. La apertura de una nueva ventana de oportunidades en la frontera de lo biológico y lo genético constituye una opción que los gobiernos de la región deberían explorar a fondo en los años venideros.

Bibliografía

Abelson, Philip H. y Pamela J. Hines (1999), "The plant revolution", *Science Magazine*, Nº 285, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press, 16 de julio.

_____ (2000), *Productos transgénicos y exportaciones agrícolas: reflexiones en torno de un dilema argentino*, Cancillería Argentina, Dirección Nacional de Negociaciones Económicas y Cooperación Internacional.

Ablin, Eduardo y Santiago Paz (2000), *Productos transgénicos y exportaciones agrícolas: reflexiones en torno de un dilema argentino,* Buenos Aires, Cancillería Argentina, Dirección Nacional de Negociaciones Económicas y Cooperación Internacional, septiembre.

_____ (2001a), "El debate internacional sobre productos transgénicos. Opciones para las exportaciones agrícolas argentinas", *Boletín informativo Techint*, Nº 307, Buenos Aires, septiembre.

_____ (2001b), "Teoría y realidad: el mercado de soja transgénica de Tokio", *La producción y comercialización de organismos vegetales genéticamente modificados y productos orgánicos certificados de la República Argentina*, Fundación Novum Millenium, Buenos Aires, junio.

_____ (2002), "Rumo à rastreabilidade no mercado mundial de soja: um novo olhar sobre a lei de oferta e procura", *Revista brasileira de comércio exterior*, Nº 73, Fundação Centro de Estudos do Comércio Exterior, octubre-diciembre.

_____ (2003), *El mercado mundial de soja, la República Argentina y los organismos genéticamente modificados,* Buenos Aires, Centro de Economía Internacional (CEI), Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, octubre.

Abud, S. y otros (2001), "Gene flow between transgenic and non-transgenic soybean plants in the field", Congresso Nacional De Genética (Águas De Lindóia).

ACRE (Advisory Committee on Releases to the Environment) (2002), *Annual Report,* N° 9 [en línea] Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA) (http://www.defra.gov.uk/environment/acre/annrep9/acre_annrpt9.pdf)

_____(2001) "Guidance on best practice in the design of genetically modified crops", *Best Practice Sub-Group* [en línea] Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA) (http://www.defra.gov.uk/environment/acre/bestprac/consult/guidance/bp/index.htm)

Agritotal.com (2001), "ARPOV, Comercio ilegal de semillas: un problema de difícil solución", Buenos Aires, 18 de julio.

Alexandratos, Nikos (1999), "World food and agriculture: Outlook for the medium and longer term", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 96, Nº 11, National Academy of Sciences, 25 de mayo.

Al-Kaff, Nadia S. y otros (2000), "Plants Rendered Herbicide-Susceptible By Cauliflower Mosaic Virus-Elicited", *Nature Biotechnology*, vol. 18, Nº 9, Nature Publishing Group.

Alonso Vélez, G. (2001), "Los alimentos transgénicos en Colombia. Riesgos e impactos en la agricultura y la salud humana", *Revista Semillas en la economía campesina*, Nº 16/17, Bogotá.

Altieri, Miguel (2000), "The ecological impacts of transgenic crops: an agroecological system health assessment", *Ecosystem Health*, vol. 6.

_____ (1999), "Agricultura tradicional y la conservación de la biodiversidad", *Biodiversidad y uso de la tierra*, S. Mateucci y otros (eds.), Buenos Aires, Eudeba.

Altieri, Miguel A. y otros (1999), *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*, Montevideo, Nordan Comunidad.

Altieri, Miguel y Clara Ines Nicholls (2001), "Ecological impact of modern agriculture in the United States and Latin America", *Globalization and the Rural Environment*, Otto T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (eds.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

Altieri, Miguel, Peter Rosset y Lori Ann Thrupp (1998), "The potential of agroecology to combat hunger in the developing world", *2020 Brief*, Nº 55, Washington, D.C., Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).

Andrade, F.H. (1998a), "¿Es posible satisfacer la creciente demanda de alimentos de la humanidad?" *Interciencia*, vol. 23, Nº 5, septiembre.

_____ (1998b), "Posibilidades de expansión de la producción agrícola", *Interciencia*, vol. 23, Nº 4, julio.

Arriola, P.E. y N.C. Ellstrand (1998), "Crop-To-Weed Flow in the Genus Sorghum (Poaceae): Spontaneous Interspecific Hybridization between Johnsongrass, Sorghum Halapense, and Crop Sorghum (S. Bicolor)", *American Journal of Botany*, vol. 83, Botanical Society of America.

ASA (Asociación Semilleros Argentinos) (2001a), *Biotecnología en Argentina, usos y beneficios*, Buenos Aires.

_____ (2001b), *Socios, mercados, biotecnología*, Buenos Aires.

Banchero, C. (2001), "Los rendimientos, el mejoramiento genético vegetal y la agrobiotecnología", documento presentado en el seminario Difusión e impacto de las plantas transgénicas en la agricultura argentina (Buenos Aires, junio de 2001).

Banco Mundial (2000), "Entering the 21st. Century. World Development Report 1999/2000", Washington, D.C., Oxford University Press.

Barnes, Richard L. (2000), "Why the American Soybean Association supports transgenic soybeans", *Pest Management Science*, vol. 56, Nº 7, Society of Chemical Industry, julio.
Barrentine, William L., C.J. Edwards Jr. y E.E. Hartwig (1976), "Screeining soybeans for tolerance to metribuzin", *Agronomical Journal*, vol. 68.
Barrentine, William L. y otros (1982), "Tolerance of three soybeans (Glycine max) cultivars to metribuzin herbicide injury", *Weed Science*, vol. 30.
Benbrook, Charles (1999), "Evidence of the Magnitude and Consequences of the Round-up Ready Soybean Yield Drag from University-Based Varietal Trials in 1998", *Ag BioTech InfoNet Technical Paper*, N° 1, Idaho, 13 de julio.
Bender, K.L. y R.E. Westgren (2001), "Social construction of the market(s) for genetically modified and non-modified crops", *American Behavioral Scientist*, vol. 44.
Bercovich, Néstor y Jorge Katz (1988), "Innovación genética y esfuerzos públicos de investigación y desarrollo: nuevos híbridos en el INTA", *Desarrollo Económico*, vol. 28, Nº 110, Buenos Aires.
Bercovitz, Alberto (1997), "Propiedad intelectual en el GATT. El derecho de autor en el Acuerdo TRIPs", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.
Bergel, S. (2001), "El principio precautorio y la transgénesis de las variedades vegetales", *Biotecnología y Sociedad*, Buenos Aires, Editorial Ciudad Argentina.
Bergel, Salvador D. (1997), "Disposiciones generales y principios básicos del acuerdo TRIPs", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.
Bertrand, André y T. Piette-Coudol (1999), *Que sais-je?, Internet et Le Droit*, París, Ediciones PUF.
Bettetini, Gianfranco y Fausto Colombo (1995), *Las nuevas tecnologías de la comunicación*, Ediciones Paidós.
Beversdorf, W.D. y otros (1989), *Canadian Journal of Genetics and Cytology*, vol. 22.
Bisang, R. y otros (2000), "La oferta tecnológica de las principales cadenas agroindustriales en el Mercosur ampliado", *Serie resúmenes ejecutivos*, Nº 12, Montevideo, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR)/Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
Blattner, F.R. y otros (1997), "The complete genome sequence of Escherischia coli K-12", *Science Magazine*, vol. 277, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.
BMA (British Medical Association) (1999), *The impact of genetic modification on agriculture, food and health*, Londres.
Bocchicchio, A. y J. Souza (2001), "Impacto económico y social", documento presentado en el seminario Difusión e impacto de las plantas transgénicas en la agricultura argentina (Buenos Aires, junio de 2001).
Borlaug, Norman E. (2000), *Feeding a World of 10 Billion People:The Miracle Ahead* [en línea] Leicester, De Montfort University (http://www.biotech.vt.edu/classes/bion_4784/5-TransgenicPlants/Feeding_the_world.pdf)
Boserup, Ester (1990), *Economic and demographic relationships in development*, Baltimore, Maryland, Johns Hopkins University Press.
_____ (1965), *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*, Londres, Earthscan.

Bot, A.J., F.O. Nachtergaele y A Young (2000), *Land Resource Potential and Constraints at Regional Country Levels*, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
Boucher, Douglas H. (1999), *Paradox of Plenty: Hunger in a Bountiful World*, Oakland, California, Food First Books.
Braun, Antoine y otros (2001), "L'efficacité des mesures douanières après les accords TRIPs, Rapport Q147", *Yearbook 2000/I*, International Association for the Protection of Intellectual Property (AIPPI), marzo.
Brown, Lester R. y G.W. Finsterbusch (1972), *Man and his environment: Food*, Nueva York, Harper & Row.
Cairncross, Frances (1993), *Las cuentas de la tierra: economía verde y rentabilidad medioambiental*, Acento, Madrid.
Carpenter, Janet E. (2000), "Transgenic cotton: are there benefits for conservation?" *World Wildlife Fund Background Paper*, Washington, D.C., 25 de septiembre.
_____ (1999), *Comparing Roundup Ready and Conventional Soybean Yields*, Washington D.C, National Center for Food and Agricultural Policy/Rockefeller Foundation.
Carson, Rachel (1962), *Silent Spring*, Cambridge, Massachusetts, Riverside Press.
Casado, C. Alberto y Begoña Cerro Prada (1997), "Orígenes y alcances del acuerdo TRIP's. Incidencia en el derecho español", *Temas de Derecho Industrial y de la Competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.
Cassman, K.G. (1999), "Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 96, National Academy of Sciences, mayo.
Castells, Manuel (1996), *The Information Age: Economy, Society and Culture*, Oxford, Cambridge, Blackwell Publishers.
Caswell, J.A. (2000), "Labeling Policy for gmos: To each his own?" *AgBioForum*, vol. 3, Nº 1, Universidad de Massachusetts.
Chang, Ha-Joon (2001), "Intellectual property rights and economic development. Historical lessons and emerging issues", *Journal of Human Development*, vol. 2, Nº 2, Carfax Publishing, julio.
Chèvre, Anne-Marie y otros (1997), "Gene flow from transgenic crops", *Nature*, vol. 389, Nature Publishing Group, 30 de octubre.
Chrispeels, Maarten J. y David E. Sadava (1994), *Plants, Genes and Agriculture*, Boston, Jones and Bartlett Publishers.
Citarella, Luca y otros (2000), *Medicinas y culturas en la Araucanía*, Santiago de Chile, Editorial Sudamerica.
Clarín (2001),"Ataque contra la semilla ilegal", Suplemento rural, Buenos Aires, 10 de marzo.
Codex Alimentarius Commission (s/f), "Alinorm 01/33", informe del Décimoquinto Comité de Principios Generales (Roma).
Codex Alimentarius, Normas alimentarias FAO/OMS, Diversos informes [en línea] (http://www.codexalimentarius.net/reports_es.asp)
Coffman, F.A., H.C. Murphy y W.H. Chapman (1961), "Oat breeding", *Oats and oats improvement*, Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy.
Cohen, J.I. (1999), *Managing Agricultural Biotechnology. Addressing Research Program Needs and Policy Implications*, Waalingford, CABI Publishing.

Colyer, Patrick D. y otros (2000), "Root-Knot Nematode reproduction and root galling severity on related conventional and transgenic cotton cultivars", *The Journal of Cotton Science*, vol. 4, The Cotton Foundation.

Comisión Europea (2003a), *Life Sciences and Biotechnology: A Strategy for Europe. Progress Report and Future Orientations* (COM(2003) 96 final), Bruselas [en línea] (http://www.europa.eu.int/comm/biotechnology/pdf/com2003-96_en.pdf)

_____ (2003b), *Questions and Answers on the Regulation of GMOs in the EU* (MEMO/02/160–REV), Bruselas, marzo [en línea] (http://www.europa.eu.int/comm/dgs/health_consumer/library/press/press279_en.pdf)

_____(2001a), "El derecho a saber sobre los alimentos modificados genéticamente" [en línea] Dirección General de Sanidad y Protección de los Consumidores (http://europa.eu.int/comm/food/fs/gmo/biotech07_es.pdf)

_____ (2001b), *Opciones para fomentar el cultivo de proteínas vegetales en la UE*, Bruselas, marzo [en línea] (http://www.europa.eu.int/comm/agriculture/markets/crops/leg/148_es.pdf)

_____ (2000), "Economic impacts of genetically modified crops on the Agri-Food sector" [en línea] Dirección General de Agricultura (http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/gmo/fullrep/)

CONABIA (Comisión Nacional Asesora en Biotecnología Agropecuaria) (2001), *Memoria 2000*, Buenos Aires.

Conway, Gordon y Vernon W. Ruttan (1997), *The Doubly Green Revolution: Food for All in the Twenty-First Century*, Harmondsworth, Penguin Books.

Conway, Gordon y Gary Toenniessen (1999), "Feeding the world in the twenty-first century", *Nature*, vol. 402, Nº 6761, Nature Publishing Group, 2 de diciembre.

Coriat, Benjamin y Fabienne Orsi (2001), *The installation in the United States of a new regime of intellectual property rights: origins, contents, problems*, IDEE-CEPN, CNRS, Paris University 13, París.

Correa, Carlos M. (2000a), "Patentabilidad de materiales vegetales", documento presentado en el seminario Difusión e impacto de las plantas transgénicas en la agricultura argentina (Buenos Aires, junio de 2001).

_____ (2000b), *Normativa nacional, regional e, internacional sobre propiedad intelectual y su aplicación en los INIAs del Cono Sur*, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario en el Cono Sur (PROCISUR).

_____ (1997), "Instrumentación del acuerdo TRIPs en Latinoamérica. Armonización vs. diferenciación de los sistemas de propiedad intelectual", *Temas de Derecho Industrial y de la Competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.

Crosby, Alfred W. (1993), *Ecological Imperialism: The Biological Expansion of Europe, 900-1900*, Nueva York, Cambridge University Press.

Crosson, Pierre R. (2001), "Environmental impacts of globalization and agriculture on the environment", *Globalization and the Rural Environment*, Otto T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (eds.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

_____ (1995), "Soil erosion and its on-farm productivity consequences: What do we know?" *Resources for the Future Discussion Paper*, Nº 95-29, Washington, D.C., Resources for the Future.

Crovetto, C. (2001), *La siembra directa y su relación con la fertilidad de los suelos*, Mar del Plata, Asociación de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).

Davidson, Eric A. (2000), *You Can't Eat GNP. Economics as if Ecology Mattered*, Cambridge, Massachusetts, Perseus Publishing.

De Framond, A.J., K.A. Barton y M.D. Chilton (1983), "Mini Ti: a new vector strategy for plant genetic engineering", *Bio/Technology*, vol. 1.

Deparment of Health and Human Services (2001), "NIH guidelines for research involving recombinant DNA molecules (NIH guidelines)" [en línea] National Institutes of Health (NIH) (http://www4.od.nih.gov/oba/rac/frnotices/1-5-01act.htm)

DeRose, Laurie, Ellen Messer y Sara Millman (1998), "Who's Hungry? And how do we know? Food Shortage, Poverty, and Deprivation", Tokyo, United Nations University Press.

Development Dialogue (1999),"ETC Century", vol. 1-2, Hammarskjöld Foundation's.

Dhar, Biswajit y Niranjan Rao (1997), "La vinculación de los derechos de propiedad intelectual con el comercio", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.

Di Castri, Francesco (2000), "Rechazo de alimentos transgénicos en Europa", *Memorias del Octavo Congreso Nacional de AAPRESID*.

_____ (1984), "L'écologie. Les défis d'une science en temps de crise», La Documentation Française.

Dinh, Nguyen Quoc, Patrick Daillier y Alain Pellet (1992), *Droit international public*, París, Librairie générale droit et jurisprudence (L.G.D.J.).

d'Olne, A.E. (2001), *Identity Preservation Cost Study*, Arcadia International.

Donaghy, Kieran P. (2001), "Some moral, ethical, and transethical issues raised by biotechnology and how we may deliberate about them", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, Nº 8, abril.

Dupuy, Pierre-Marie (1993), *Droit international public*, París, Ediciones Dalloz.

Dutfield, Graham (2001), "Intellectual property rights and development", *Policy Discussion Paper*.

Eastham, Katie y Jeremy Sweet (2002), "Genetically modified organisms (GMOs): The significance of gene flow through pollen transfer", *Environmental issue report*, Nº 28, European Environment Agency, 21 de marzo.

Ehrlich, Paul (1975), *The Population Bomb*, Rivercity, Massachusetts, Rivercity Press.

Einset, John (s/f), "Biotechnology at the Arnold Arboretum", *Arnoldia*, vol. 44, Nº 3, Jamaica Plain, Massachusetts, Harvard University Press.

Ekboir, J. (2000), "Innovation Systems and Technology Policy: Zero Tillage in MERCOSUR", México, D.F.

Ellstrand, Norman C., H.C. Prentice y J.F. Hancok (1999), "Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives", *Annual Review of Ecology & Systematics*, vol. 30, Palo Alto, California, Annual Reviews.

Enríquez Cabot, Juan (2001), "Technology, Gene Research and National Competitiveness", *Globalization and the Rural Environment*, O.T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (eds.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

_____ (2000), "El Reto de México. Tecnologías y fronteras en el siglo XXI", México, D.F., Editorial Planeta.

Enríquez Cabot, Juan y Ray A. Goldberg (2000), "Transforming life, transforming business: the life science revolution", *Harvard Business Review*, Harvard Business School.

Escudero, Sergio (1997), "TRIPs: El alcance de la protección a las indicaciones geográficas", *Temas de Derecho Industrial y de la Competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.

Falco, S.C. (1995), "Transgenic canola and soybean seeds with increased lysine", *Bio/Technology*, vol. 13, Nº 6, junio.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2001a), *Agro-ecological Zones Information* (http://www.fao.org/ag/agl/agll/prtaez.stm)

_____ (2001b), *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*.

_____ (1999), *Biotechnology*, Roma.

_____ (1996), *Food Security Assessment*, Roma, enero.

FAO/OMS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud) (2001), *Safety Assessment of Foods Derived from Genetically Modified Microorganisms. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology,* Ginebra, septiembre [en línea] (http://www.who.int/fsf/Documents/GMMConsult_Final_.pdf).

_____ (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud) (2000), *Safety aspects of genetically modified foods of plant origin* [en línea] Ginebra (http://www.who.dk/document/fos/biotechrep72000.pdf)

_____ (1996), *Fatal Flaws in Food Safety Assessment: Critique of The Joint FAO/WHO Biotechnology and Food Safety Report*, Penang, Third World Network.

_____ (1991), *Strategies for Assessing the Safety of Foods Produced by Biotechnology*, Ginebra.

Fastame, Inés (2004), *El medio ambiente y la OMC: la relación entre los acuerdos multilaterales sobre medio ambiente y el sistema multilateral de comercio,* Buenos Aires, Centro de Economía Internacional (CEI), Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto, agosto.

FDA (Dirección de Alimentación y Fármacos) (2002), *Guidance for Industry. Voluntary labeling indicating whether foods have or have not been developed using bioengineering*, enero [en línea] (http://www.cfsan.fda.gov/~dms/biolabgu.htlm)

_____ (United States Food and Drug Administration) (2001), "Voluntary labeling indicating whether foods have or have not been developed using bioengineering", *Guidance for Industry* [en línea] (http://www.cfsan.fda.gov/~dms/biolabgu.html)

Feitelson, J.S. (1993), "The Bacillus thuringiensis family tree", *Advanced Engineered Pesticides*, L.Kim (ed.), Nueva York, Marcel Dekker.

Fereydoun, A. Khavand (1993), "Les grands défis du système comercial international», *Le Trimestre du Monde, 4º Trimestre*, Observatoire des Relations Internationales (O.R.I)/.Université René - Descartes PARIS V.

Fernández Alés, R. y Otto T. Solbrig (2001), "Are famines and malnutrition questions of supply or demand? Implications for Environmental Rural sustainability", *Globalization and the Rural Environment*, Otto T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (eds.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

Fernández-Cornejo, Jorge y William McBride (2002), "Adoption of Bioengineered Crops", *Agricultural Economic Report*, Nº 810, Washington, D.C., Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Fernández, N. Carlos (1970), *La protección internacional de las denominaciones geográficas de los productos*, Madrid, Editorial TECNOS.

FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola) (1993), "Reformas del sector agrícola y el campesinado en México", *Informe de la Misión especial de programación de la República de los Estados Unidos Mexicanos*, Nº 0435, México, D.F.

FIFRA (Federal Insecticide, Fungicide y and Rodenticide Act)/ SAP (Scientific Advisory Panel) (2000), "Assessment of Scientific Information Concerning StarLink™ Corn", *SAP Report* (http://www.epa.gov/scipoly/sap/2000/november/one.pdf) [2000-06].

Finardi, F.F. (1999), "Plantas transgênicas e a segurança alimentar", Reunião Anual da SBPC (Porto Alegre), Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC).

FOEE Biotech Mailout (2000),"More "Funny" Honey", vol. 6, Nº 5, Friends of the Earth Europe Biotechnology Programme, Bruselas, 31 de julio.

Fontes, E.G., I.K.S.M. Santos y M.I.C. Gama (1996), "A biossegurança de plantas cultivadas transgênicas", *Biossegurança. Uma abordagem multidisciplinar*, Rio de Janeiro.

Ford Runge, C. y Lee Ann. Jackson (2000), "Negative Labeling of gmos: The Experience of rbst.", *AgBioForum*, vol. 3, Nº 1, Universidad de Massachusetts.

Fouquet, C. y R.N Beachy (1992), "Virus-engineered resistance: Concepts, efficacy, and stability", *Biotechnology: Enhancing Research on Tropical Crops in Africa*, Ibadan, Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA)/ International Institute of Tropical Agriculture (IITA).

Frischer, Marc E., Gregory J. Stewart y John H. Paul (1994), "Plasmid transfer to indigenous marine bacterial-populations", *FEMS Microbiological Ecology*, vol. 15, Nº 1-2, Federation of European Microbiological Societies, noviembre.

Gallopin, G. y otros (2000), "Science for the 21st century: From social contract to the scientific core", *International Journal of Social Science*, vol. 168, junio.

García Barrios, Raúl, L. García Barrios y E. Álvarez-Buylla (1991), *Lagunas. Deterioro ambiental y tecnológico en el campo semiproletarizado*, México, D.F., El Colegio de México.

Gaudin, Jacques-Henri (1993), *Guide pratique de l' ingenierie des licences et des cooperations industrielles*, París, Ediciones LITEC.

Geller, P. Edward (1997), «La propiedad intelectual en el mercado mundial: impacto del sistema de solución de controversias del ADPIC», *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires., Ediciones Ciudad Argentina.

Gleba, Dolores y otros (1999), "Use of plant roots for phytoremediation and molecular farming", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, National Academy of Sciences.

Gligo, N. (1998), *Impacto ambiental del Mercosur en la agricultura. Agricultura, medio ambiente y pobreza rural en América Latina,* Instituto Internacional de Investigación Agropecuaria (IFPRI)/Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Washington.

Goldberg, Ray A., Carin-Isabel Knoop y Laure Mougeot Stroock (2000), *The Promise of Functional Foods*, Cambridge, Massachusetts, Harvard Business School.

Goldsmith, Peter D. (2001), "Innovation, supply chain control, and the welfare of farmers", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, Nº 8, Sage Publications, abril.
Gould, F. (1997), *Meeting on Plant Pesticide Resistance Management*, Washington.
Grant, W. (2001), "Different EU and US Perspectives on Biotechnology and their Implications for Trade Relations", *Globalization and the Rural Environment*, Otto T. Solbrig, Robert Paarlberg y Francesco Di Castri (eds.), Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
Greene, A.E. y R.F. Allison (1994), "Recombination between viral RNA and transgenic plant transcripts", *Science Magazine*, vol. 263, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.
Guerra, M.P. y R.O. Nodari (2001), "Impactos ambientais das plantas transgências: as evidências e as incertezas", *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, vol. 3, Nº 3.
Gutiérrez, M. (1993), "Políticas en genética vegetal", *El desarrollo agropecuario pampeano*, Osvaldo Barsky (ed.), Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano.
_____ (1985), *El origen de las semillas mejoradas de trigo y maíz en la Argentina*, Buenos Aires, CISEA.
Gutman Graciela y otros (2001), "Los sistemas nacionales de innovación agropecuaria y agroindustrial del Cono Sur: transformaciones y desafíos", *Serie Documentos*, N° 14, Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur (PROCISUR), Montevideo.
Hagedorn, Charles (1997), "The bollworm controversy - Monsanto's Bt cotton in 1996", *Crop and Soil Environmental News*, Virginia Cooperative Extension, enero.
Hansen, Laura C. y John J. Obrycki (2000), "Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch butterfly", *Oecologia* [en línea] Ames, Iowa (http://www.mindfully.org/GE/Field-Deposition-Bt-Pollen.htm)
Harlan, Jack Rodney (1992), "Crops and Man", *American Society of Agronomy*, Madison, Wisconsin, Crop Science Society of America.
Harms, Christian T. (1992), "Engineering genetic disease resistance into crops. Biotechnological approaches to crop protection", *Crop Protection*, vol. 11, Nº 4, Elsevier, agosto.
Harms, Christian T. y otros (1990), "Genetic and biochemical characterization of corn inbred lines tolerant to sufonylurea herbicide primisulfuron", *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*, vol. 80, Heidelberg, Springer-Verlag Heidelberg.
Hazell, Peter (1999), "Agricultural growth, poverty alleviation, and environmental sustainability: having it al", *2000 Brief*, Nº 59, Washington, D.C., Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).
Heap, Y. (1997), "The occurrence of herbicide-resistance worldwide", International Conference Resistance '97. Integrated Approach to Combating Resistance (Harpenden, Herts, 14 al 16 de abril).
Ho, Mae-Wan y otros (1998), "Gene technology and gene ecology of infectious diseases", *Microbial Ecology in Health and Disease*, vol. 10, 5 de noviembre.
Hogenboom, N.G. (1973), "A model of incongruity in intimate partner relationships", *Euphytica*, vol. 22, Kluwer Academic Publishers.

Hoover, Dallas y otros (2000), "Human Food Safety Evaluation of rdna Biotechnology-Derived Foods", *Food Technology*, vol. 54, Institute of Food Technologists.

Hooykaas, P.J.J. y R.A. Schilperpoort (1992), "Agrobacterium and plant engeneering", *Plant Molecular Biology*, vol. 19, Kluwer Academic Publishers.

Hopp, E. (2001a), "Agrobiotecnología. Transgénica y vital", *Encrucijadas*, vol. 1, Nº 5, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires (UBA).

_____ (2001b), *La ingeniería genética de plantas en Argentina. Actualidad y perspectiva*, Mar del Plata, Asociación de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).

Horsch, R.B. y otros (1984), *Science Magazine*, vol. 223, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

Huang, F. y otros (1999), "Inheritance of resistance to Bacillus thuringiensis toxin (Dipel ES) in the Europian Corn Borer", *Science Magazine*, vol. 284, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

Information Systems for Biotechnology (1999), *Proceedings of a Workshop on: Ecological effects of pest resistance in managed ecosystems* [en línea] Patricia L. Traynor y James H. Westwood (eds.), Maryland (http://www.isb.vt.edu/proceedings99/proceedings.intro.html)

Isserman, A.M. (2001), "Genetically modified food", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, Nº 8, SAGE Publications, abril.

Izquierdo, Juan (2001), *Impacto de la biotecnología moderna en la producción agrícola y la seguridad alimentaria*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

James, Clive (2003), "Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2003 (Preview)", *ISAAA Briefs*, Nº 30, Nueva York, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

_____ (2000), "Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000", *ISAAA Briefs*, Nº 21, Ithaca, Nueva York, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

_____ (1999a), "Global review of comercialized transgenic crops in 1997", *ISAAA Brief*, Nº 5, Ithaca, Nueva York, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

_____ (1999b), "Global review of comercialized transgenic crops: 1998", *ISAAA Brief*, Nº 8, Ithaca, Nueva York, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

James, Clive y A.F. Kratinger (1996), "Global review of the field testing and commercialization of transgenic plants: 1986 to 1995: The first decade of crop biotechnology", *ISAAA Brief*, Nº 1, Ithaca, Nueva York, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA).

Jenes, B. y otros (2000), "Improvement of tolerance against dehydration stress in cereals", *Use of Agriculturally Important Genes in Biotechnology*, Amsterdam, IOS Press.

Jourdan, P.S., E.D. Earle y M.A. Mutschler (1989), *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*, vol. 78, Heidelberg, Springer-Verlag Heidelberg.

Juanillo, N.P.Jr. (2001), "The risks and Benefits of Agricultural Technology", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, SAGE Publications.

Kaimowitz, D. (2000), *El avance de la agricultura sostenible en América Latina. IICA.*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Kaper, J.M., D. Galitelli y M.E. Tousignat (1990), "Identification of a 334 ribonucleotide viral satellite as principal ethiological agent in a tomato necrosis epidemic", *Research in Virology*, vol. 141, Nº 1, París, Insitut Pasteur/Elsevier.

Kapferer, Jean-Noël (s/f), *La marca capital de la empresa, principios y control de su gestión*, Madrid/Barcelona/Bilbao, Ediciones Deusto.

Katz, Jorge y otros (1986), "Insulina y economía política. El difícil arte de la política pública", *Desarrollo Económico. Revista de Ciencias Sociales*, vol. 26, Nº 103, Universidad de Buenos Aires (UBA), octubre.

Kendall, H.W. y D. Pimentel (1994), "Constraints on the expansion of the global food supply", *Ambio*, vol. 23, Estocolmo, Royal Swedish Academy of Sciences.

Kishore, G.M. y C. Shewmaker (1999), "Biotechnology: Enhancing human nutrition in developing and developed worlds", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 96, Washington, D.C.

Kohli, A. y otros (1999), "Molecular characterization of transforming plasmid rearrangements in transgenic rice reveals a recombination hotspot in the camv 35S promoter and confirms the predominance of microhomology mediated recombination", *The Plant Journal*, vol. 17, Nº 6, Blackwell Publishers/Society for Experimental Biology.

Koikas, Kostas (1993), "GATT contre OMPI: le différends internationaux en matière de propriété intellectuelle», *Le Trimestre du Monde, 4º Trimestre*, Observatoire des Relations Internationales (O.R.I)/.Université René - Descartes PARIS V.

Kremer, R.J., P.A. Donald y A.J. Keaster (2000), «Herbicide Impact on Fusarium spp. And Soybean Cyst Nematode in Glyphosate-Tolerant Soybean» [en línea] American Society of Agronomy (http://www.biotech-info.net/fungi_buildup_abstract.html)

Kriebel, D. y otros (2001), "The precautionary principle in environmental science", *Environmental Health Perspectives*, vol. 9, Cary, Carolina del Norte, National Institute of Environmental Health Sciences.

Krimsky, S. y R.P. Wurbel (1996), *Agricultural Biotechnology and the Environment: Science, Policy, and Social Issues*, Urbana, Illinois, University of Illinois Press.

Kung, S.D. (1993), "Introduction: From Hybrid Plants to Transgenic Plants", *Transgenic Plants,* , S.D. Kung y R. Wu (eds.), San Diego, Academic Press.

L' acte final de l' Uruguay round, Résumé pour la presse (1993), «Nouvelles de l'Uruguay round cycle des négotiations commerciales multilatérales», Nº 080 14, diciembre.

La Nación (2001),»Surge un nuevo gigante en el sector insumos», 3 de octubre.

Lappe, Marc, Britt Bailey y Mare Lappe (1999), *Against the Grain: Biotechnology and the Corporate Takeover of Your Food*, Londres, Earthscan.

Lavignolle, R. (1998), "La experiencia argentina en la aplicación de la protección", *Variedades vegetales en Argentina, el comercio de semillas y los derechos de obtentor*, Buenos Aires, Editorial Latin Gráfica.

Leff, Enrique (1999), "La insoportable levedad de la globalización", *La insoportable levedad de la globalización*, F. Aragón Durand (ed.), Puebla, Universidad Iberoamericana.

Leff, Enrique (comp.) (2000), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, México, D.F., Siglo XXI.

Lehmann Volker y Walter Pengue (2000), Herbicide Tolerant soybean: Just another step in a technology treadmill?, *Biotechnology and Development Monitor*, Nº 43.

Lesinger, K.M (2001), "The "Political Economy" of Agricultural Biotechnology for the Developing World" [en línea] Syngenta Foundation for Sustainable Agriculture (http://www.syngentafoundation.com/political_economy_agricultural_biotechnology.htm)

Llanos, M. Hugo (1977), *Teoría y práctica del derecho internacional público*, Santiago de Chile, Editorial Jurídica de Chile.

Losey, John E., Linda S. Rayor y Maureen E. Carter (1999), "Transgenic pollen harms monarch larvae", *Nature*, vol. 399, Macmillan Publishers Ltd., 20 de mayo.

Lothrop, J.E. (1994), "Research on maize for highland regions", *The Subtropical, Midaltitude, and Highland Maize Subprogram*, México, D.F., Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

M & S Cosultores (1997), "Resumiendo especial. Fertilizantes y agroquímicos", *Overwiew*, Buenos Aires, octubre.

Mackenzie, Debora (1999), "Unpalatable truths", *New Scientist*, 17 de abril.

Mackenzie, Donald J. (2000), *International Comparison of Regulatory Frameworks for Food products of Biotechnology*, Ottawa, The Canadian Biotechnology Advisory Committee Project Steering Committee on the Regulation of Genetically Modified Foods.

Maltais, B. y C.J. Bouchard (1989), *Phytoprotection*, vol. 59, Québec, Quebec Society for the Protection of Plants.

Mangelsdorf, P. (1974), *Corn. Its Origin, Evolution and Improvement*, Cambridge, Massachusetts, Belknap Press of Harvard University Press.

Mann, C.C. (1999), "Crop Scientists see a new revolution", *Science Magazine*, vol. 283, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

_____ (1997), "Reseding the Green Revolution", *Science Magazine*, vol. 277, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

Manning, R. (2000), *Food's Frontier. The next Green Revolution*, Nueva York, North Point Press.

Manzone, Alejandro (1999), "Agroquímicos y Fertilizantes. Tierra de fusiones", *Mercado*, Buenos Aires, mayo.

Márgenes Agropecuarios, Buenos Aires (http://www.margenes.com/Index.html)

May, Robert (1999), *Genetically modified foods: facts, worries, policies and public confidence*, United Kingdom Office of Science and Technology (OST).

Mazur, B., E. Krebbers y S. Tingey (1999), "Gene Discovery and Product Development for Grain Quality Traits", *Science Magazine*, vol. 285, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

Mazur, B.J. (1995), *Trends in Biotechnology*, vol. 3, Elsevier.

McLaughlin, Alison y Pierre Mineau (1995), "The impact of agricultural practices on biodiversity", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 55, Nº 3, Elsevier, octubre.

Mercado (2000),"Semilla de prosperidad", Buenos Aires, agosto.

Misevic, D. y otros (1989), "Population cross diallel among high oil populations of maize", *Crop Science*, vol. 29, The Crop Science Society of America.

Misra, S. Y L. Gedamu (1989), "Heavy metal tolerant transgenic Brassica napus L. And Nicotiana tabacum plants", *Theoretical and Applied Genetics (TAG)*, vol. 78, Heidelberg, Springer-Verlag Heidelberg.

Moffat, A.S. (1999), "Crop engineering goes south", *Science Magazine*, vol. 285, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press, 16 de julio.

Morello, J. (1997), "Cambios, indeterminaciones y agricultura sustentable en la llanura Chaco-Pampeana", *¿Argentina, granero del mundo: hasta cuando?*, Orientación Gráfica Editora.

Morello, J. y Pengue, W. (2000), "Economía ecológica y biodiversidad: un enfoque desde el sur", *Realidad económica*, Nº 173.

Moschini, GianCarlo (2001), "Biotech-Who wins? Economic and cost of biotechnology innovations in agriculture", *The Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy*, vol. 2, Nº 1.

Mullis, K. y otros (1986), "Specific amplification of DNA in vitro: The polymerase chain reaction", *Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology*, vol. 51.

Murai, N, D. y otros (1983), *Science Magazine*, vol. 22, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

Murphy, A. y J. Perrella (1993), *A Further Look at Biotechnology*, Princeton, New Jersey, The Woodrow Wilson National Fellowship Foundation.

NAS (1999), *Our Common Future. A Transition towards Sustainability*, Washington, D.C., NAS Press.

Neilson, J. y otros (1994), "Frequency of horizontal gene-transfer of a large catabolic plasmic (PJP4) in soil", *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 60.

Nielsen, K.M., J.D. Van Elsas y K. Smalla (2000), "Transformation of Acinetobacter sp. Starin BD413 with transgenic plant DNA in soil microcosms and effects of kamycin on selection of transformants", *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, Nº 3, Washington, D.C., American Society for Microbiology.

Nodari, R.O. y M.P. Guerra (2001), "Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas", *Cadernos de Ciência & Tecnologia - CC&T*, vol. 18, Nº 1, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), mayo.

Nordlee, J. y otros (1996), "Identification of a Brazil nut allergen in transgenic soybean", *New England Journal of Medicine (NEJM)*, vol. 334, Massachusetts Medical Society, 14 de marzo.

Obstchatko, Edith S. de (1996), *Industrialización basada en recursos naturales. El caso del complejo oleaginoso argentino*, Buenos Aires, Oficina de la CEPAL en Buenos Aires.

Obstchatko, Edith S. de y otros (1983), "Transformaciones en la agricultura pampeana: algunas hipótesis interpretativas", Nº 3, Buenos Aires, Secretaria de Planificación. Proyecto Alternativas de Política Agraria.

Office of Technology Assessment United State Congress (1984), *Commercial Biotechnology: An international Analysis*, Washington, D.C.

Oil World, Oil World *Annual 2004*, Hamburgo, ISTA Mielke GmbH.

Oldeman, L.R., R. Hakkeling y W.G Sombroek (1990), *World Map of the Status of Human Induced Soil Degradation*, Wageningen.

Olson, Mary (1991), *The UK pharmaceutical industry and the NHS,* CERP Publication 20, Department of Economics, Washington University, junio.

OMC (Organización Mundial del Comercio) (2001), *Con el comercio hacia el futuro,* segunda edición revisada, Ginebra [en línea] (http://www.wto.org/spanish/res_s/doload_s/tif_s.pdf)

Organización Mundial de la Salud (OMS)/Organización Mundial del Comercio (OMC) (2001), "Resumen informe de taller sobre fijación diferenciada de precios y financiamiento de medicamentos esenciales" [en línea] Høsbjør (http://www.wto.org/spanish/tratop_s/trips_s/hosbjor_report_s.pdf)

Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI) (1990a), *Convenio de París para la protección de la propiedad industrial*, Ginebra.

_____ (1990b), *Información general*, Ginebra.

Ortega Paczcka, R. (1997), *Maíz en el TLCAN. Implicaciones para el medio ambiente: recursos genéticos*, México, D.F., El Colegio de México, Science and Technology Program.

Paarlberg, Robert L. (2001) The Politics of Precaution: Genetically Modified Crops in Developing Countries, International Food Policy Research Insitute, septiembre.

Paddock, W.C. (1970), "How green is the green revolution", *Bioscience*, vol. 20.

Padgette, S.R. y otros (1996), "The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans", *Journal of Nutrition*, vol. 126, Philadelphia.

Papa, Juan Carlos M., Juan Carlos Felizia y Alberto J. Esteban (2000), "Tolerancia y resistencia a herbicidas" [en línea] Rosario, Santa Fe, Centro Regional Santa Fe (http://www.calandri.com.ar/soja/mcresistencia.htm)

Pardey, Philip y Bonwoo Koo (eds.) (2003), *Biotechnology and Genetic Resource Policies*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI), enero.

Peiretti, Robert A. (1999), "The development and future of direct seed crooping systems in Argentina", Northwest Direct Seed Cropping Systems Conference Proceedings (Washington, D.C., 5 al 7 de enero).

Pengue, W.A. (2001), "Impactos de la expansión de la soja en Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: Un modelo para armar", *Biodiversidad*, vol. 29, Nº 7.

_____(2001b), "Ingenieria genética. Ingenuidad y complacencia, *Revista encrucijadas,* Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.

_____ (2000a), ¿Agricultores sin semillas?, *Le Monde Diplomatique Edición Cono Sur,* Nº 15.

_____ (2000b), "Cultivos transgénicos ¿Hacia donde vamos?" Buenos Aires, Lugar Editorial.

_____ (1999), «Sojas transgénicas: tecnología y mercados», *Realidad económica*, vol. 164.

Penna, Julio A. (1983a), «Difusión de las variedades de trigo con germoplasma mejicano y su impacto en la producción nacional», Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

_____ (1983b), «El crecimiento del sector pampeano en las últimas dos décadas: algunas consideraciones», *La innovación tecnológica agropecuaria*, N. Ras y otros (eds.), Buenos Aires, Academia Nacional de Agronomía.

Penna, Julio A. y D. Lema (2002), «Adoption of herbicide resistant soybeans in Argentina: An Economic Analysis», Buenos Aires, Instituto de Sociología Rural/Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Pérez Miranda, Rafael (1997), «Marco internacional del régimen jurídico en la propiedad industrial en México», *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.

Persley, G.J. (1992), «Beyond Mendel's Garden: Biotechnology in Agriculture», *Biotechnology: Enhancing Research on Tropical Crops in Africa*, G. Thottappilly y otros (eds.), Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA).

Persley, G.J. y J.J. Doyle (1999), "Biotechnology for Developing Countries Agriculture: Problemas and Opportunities", *IFPRI Focus*, vol. 2, Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).

Peterson, Garry y otros (2000), "The risks and benefits of genetically modified crops: a multidisciplinary perspective," *Conservation Ecology* [en línea] The Resilience Alliance (http://www.ecologyandsociety.org/vol4/iss1/art13/index.html)

Pham-Delégue, M.H. (1997), "Risk assessment of transgenic oilseed rape on the honeybee", París, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).

Pimentel, D. y L. Levitan (1986), "Pesticides: amounts applied and amounts reaching pests", *Bioscience*, vol. 36.

Pimentel, D. y otros (1995), "Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits", *Science Magazine*, vol. 267, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.

_____ (1989), "Benefits and risks of genetic engineering in Agriculture", *Bioscience*, vol. 39.

Pinstrup-Andersen, Per y M.J. Cohen (2000a), "Biotechnology and the CGIAR", documento presentado en la conferencia Sustainable Agriculture in the Next Millenium - The impact of Biotechnology on Developing Countries (Bruselas, 28 al 31 de mayo).

_____ (2000b), "Biotecnología moderna en los alimentos y la Agricultura: Riesgos y Oportunidades para los pobres", *Memorias del octavo Congreso Nacional de AAPRESID*.

Pinstrup-Andersen, Per, R. Pandya-Lorch y M.W. Rosengurt (1999), *World Food Prospects: Critical Issues fort the Early Twenty-First Century*, Washington, D.C., Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI).

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2001), *Human Development Report (HDR) 2001*, Nueva York, Oxford University Press.

Powledge, F. (1995), "The food supply's safety net", *Bioscience*, vol. 45.

Pratley, J. y otros (2000), "Glyphosate resistance in annual ryegrass", *Proceedings Eleventh Annual Conference Grasslands*, Sidney.

Pretty, J., W. Vorley y D. Keeney (1998), "Pesticides in world agriculture: causes, consequences and alternative courses", *Bugs in the System*, W. Vorley y D. Keeney (eds.), Londres, Earthscan.

Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología [en línea] (http://www.biodiv.org/doc/legal//cartagena-protocol-es.doc)

Pueppke, S.G. (2001), "Agricultural biotechnology and plant improvement", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, Nº 8, SAGE Publications, abril.

Qaim, Matin y Greg Traxler (2002), "Roundup ready soybeans in Argentina: farm level, environmental, and welfare effects", documento presentado en la sexta conferencia ICABR "Agricultural Biotechnologies: New Avenues for Production, Consumption and Technology Transfer", Ravello, julio.

Quinn, John P. (1990), "Evolving strategies for the genetic engineering of Herbicide resistance in plants", *Biotechnology Advances*, vol. 8, Nº 2, Elsevier.
Quist, David y Ignacio Chapela (2001), "Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca", *Nature*, vol. 414, México, D.F., 29 de noviembre.
Rabinow, P. (1996), *Making PCR. A Story of Biotechnology.*, Chicago, The University of Chicago Press.
Raffensperger, Carolyn, Joel Tickner y Wes Jackson (1999), *Protecting public health & the environment: implementing the precautionary principle*, Washington, D.C., Island Press.
Redclift, Michael (1989), "The environmental consequences of Latin America's agricultural development: Some thoughts on the Brundtland Commission report", *World Development*, vol. 17, Nº 3, Earthscan, marzo.
Reichman, J.H. (1993), *Implications of the draft TRIPs Agreement for developing Countries as competitors in an integrated world market*, Ginebra, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo.
Remiche, Bernard y Hélène Desterbecq (1997), "Las patentes farmacéuticas en los acuerdos del GATT", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.
Rifkin, J. (1999), *O Século da Biotecnologia - a valorização dos genes e a reconstrução do mundo*, São Paulo, Makron.
Rifkin, J. (1998), *The Biotech Century*, Nueva York, Putnam.
Ripp y otros (1994), "Transduction of a fresh-water microbial community by a new Pseudomonas aeruginosa generalized transducing phage", *Molecular ecology*, vol. 3.
Rissler, J. y M. Mellon (1996), *The Ecological Risks of Engineered Crops*, Cambridge, Massachusetts, MIT Press.
Roffe, Pedro (1997), "El acuerdo TRIPs y sus efectos: el caso de los países en desarrollo", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.
Roffe, Pedro y Taffere Tesfachew (2001), *The Unifinished Agenda*, Reino Unido.
Rosetti, O., A. Beristein y A. Cataldi (2001), "La biotecnología en la Argentina", Montevideo, marzo.
Rouach, Daniel y J. Klatzmann (1993), *Que sais-je? Les transferts de technologie*, París, Ediciones Presses Universitaires de France.
Ruttan, V. (1991), «Sustainable Growth in Agricultural Production: Poetry, Policy and Science», *Agricultural Sustainability, Growth, and Poverty Alleviation: Issues and Policies*, S.A. Vosti, T. Reardon y W. Von Urff (eds.), Feldafing, Food and Agriculture Development Center.
Sábato, J. (1980), "El agro pampeano argentino y la adopción de tecnologías entre 1950 y 1978: un análisis a través del maíz", Buenos Aires, Centro de Investigaciones Sociales sobre el Estado y la Administración (CISEA).
SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos) (2004), "Contexto y opciones para la exportación segregada de maíz y soja OVM y no OVM en condiciones de bioseguridad, conforme al Protocolo de Cartagena", documento preparado para el proyecto FAO-SAGPyA/TCP/ARG/2903, Buenos Aires, junio.
Salamini, F. (1999), "North-South Innovation transfer", *Nature Biotechnology*, vol. 17, Nature Publishing Group.

Salas, Carlos (1997), *Corn and NAFTA: Potential and Effective Migration in Mexican Agriculture*, México, D.F., El Colegio de México, Science and Technology Program.

Saxena, Deepak, Saul Flores y G. Stotzky (1999), "Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn", *Nature*, vol. 402, Macmillan Publishers Ltd., 2 de diciembre.

Scherr, Sara J. (1999), "Soil degradation. A Threat to Developing-Country Food Security by 2020?" *Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper*, Nº 27, Washington, D.C., Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), febrero.

Schmidt, Edward E. y otros (2000), "Illegitimate Cre-dependent chromosome rearrangements in transgenic mouse spermatids", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, vol. 97, Nº 24, diciembre.

Seckler, David y otros (1998), "World Water Demands and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues", *Research Report*, Nº 19, Colombo, Sri Lanka, The International Water Management Institute (IWMI).

Seefeldt, Stevens S. y otros (1999), *Production of herbicide-resistant jointed goatgrass (Aegilops cylindrica) X wheat (Triticum aestivum) hybrids in the field by natural hybridization*, Washington, D.C., United States Department of Agriculture (USDA).

Semprini, Andrea (1995), *El marketing de la marca, una aproximación semiótica*, Ediciones Paidós.

Sen, Amartya (2000), *Desarrollo y libertad*, Editorial Planeta, Buenos Aires.

_____ (1981), *Poverty and Famines. An Essay on Entlitenment and Deprivation*, Oxford, Clarendon Press.

Serageldin, Ismail (1999), "Biotechnology and food security in the 21st century", *Science Magazine*, vol. 285, Nº 5426, American Association for the Advancement of Science(AAAS)/Stanford University's HighWire Press, julio.

Serageldin, Ismail y G.J. Persley (2000), *Promethean Science. Agricultural Biotechnology, the Environment, and the Poor*, Washington, D.C., Consultative Group on International Agricultural Research.

Sevilla Guzmán, E. y otros (2000), *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Editorial Mundi Prensa, Madrid.

Shand, H. (2001), "Control and ownership of GM technology: What impact on farmers and food security?", *Comercio, medio ambiente y desarrollo sustentable,* Red de Formación Ambiental, México, D.F.

Silberskasten, C. (2000), "El granero transgénico", *Mercado*, Buenos Aires, diciembre.

Silvela, L. y otros (1989), "Effect of selection intensity and population size on percent oil in Maize Zea-Mays L." *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 78, Springer.

Sobel, Dava (1999), *Galileo's Daughter: A Historical Memoir of Science, Faith, and Love*, Nueva York, Walker and Co.

Solbrig, Otto T. (2001a), "The Impact of Globalization and the Information Society on the Rural Space: Conceptual Analysis and some Policy Suggestions", *Globalization and the Rural Environment*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

_____ (2001b), "La agricultura argentina del futuro: entre la productividad y la conservación", Noveno Congreso Nacional de AAPRESID (Mar del Plata), Asociación de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).

_____ (2001c), "La importancia de la biotecnología para el desarrollo de la Argentina", Noveno Congreso Nacional de AAPRESID (Mar del Plata, agosto), Asociación de Productores de Siembra Directa (AAPRESID).
_____ (2000), "El rol de la innovación en el desarrollo agrícola", *Memorias del Octavo Congreso Nacional de AAPRESID*.
_____ (1999), "Biodiversidad, desarrollo económico, y sustentabilidad en la pampa argentina. "*Biodiversidad y uso de la tierra*, S. Mateucci y otros (eds.), Buenos Aires, Eudeba.
Solbrig, Otto T. y Dorothy J. Solbrig (1993), *So Shall You Reap: Farming and Crops in Human Affairs*, Washington, D.C., Island Press.
Sonka, S.T. (2001), "Farming within a knowledge creating system", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, Nº 8, Sage Publications.
Soule, Judy, Danielle Carré y Wes Jackson (1990), "Ecological Impact of Modern Agriculture", *Agroecology*, C.R. Carrol, J.H. Vandermeer y P.M. Rosset (eds.), McGraw-Hill, Nueva York.
Spencer, L.J. y A.A. Snow (2000), "Vigorous hybrids? A comparison of fitness among wild gourds and three generations of transgenic wild-crop hybrid squash (Cucurbita pepo)", *Annual Meeting of the Weed Science Society of America*,, Nº 40, Toronto.
Steward, F.C. (1964), *Science Magazine*, vol. 143, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.
Syvadan, M. (1994), "Horizontal gene transfer: evidence and possible consequences", *Annual Review of Genetics*, vol. 28, Annual Reviews Inc.
Taba, S. (1995), "Current activities of CIMMYT maize Germplasm Bank Subprogram.", *The Subtropical, Midaltitude, and Highland Maize Subprogram*, México, D.F., Maize Program Special Report, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
Tabata, S. y otros (2000), "Sequence and analysis of chromosome 5 of the plant Arabidopsis thaliana", *Nature*, vol. 402, Macmillan Magazines Ltd., 16 de diciembre.
Tangley, L. (1987), "Beyond the green revolution", *Bioscience*, vol. 37.
Tannahill, Reay (1973), *Food in History*, Nueva York, Stein and Day Publishers.
Tappeser, B., M. Jäger y C. Eckelckamp (1999), *Survival, persistence, transfer: An update on current knowledge on gms and the fate of the recombinant DNA. Penang*, TWN.
Taylor, S.L. (1997), "Food from genetically modified organisms and potential for food allergy", *Environmental Toxicology and Pharmacology*, vol. 4, Nº 1-2, Elsevier, noviembre.
Taylor, S.L. y S.B. Lehrer (1996), "Principles and characteristics of food allergens", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 36, CRC Press.
Teixeira, P. y S. Valle (1996), *Biossegurança. Uma abordagem multidisciplinar*, Rio de Janeiro, Editora FioCruz.
The Consultants International Group, Inc./Abel, Daft & Earley, Inc. (1986), *Estudio sobre los efectos de los subsidios en el complejo oleaginoso en países relevantes,* Washington, D.C., Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA).
The Royal Society of Canada (2001), *Elements of precaution: recommendations for the regulation of food biotechnology in Canada*, Ottawa.

Tiedje, J.M. y otros (1989), "The planned introduction of genetically engineered organisms - Ecological considerations and recommendations", *Ecology*, vol. 70, Nº 2.

Tilman, David (1999), "Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices", *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Nº 96.

_____ (1998), "The greening of the green revolution", *Nature*, vol. 396, Macmillan Publishers Ltd., 19 de noviembre.

Tironi, Ernesto (1995), *La Organización Mundial del Comercio y la Ronda Uruguay*, Santiago de Chile, Dolmen Ediciones.

Träavik, T. (1999), "Too early may be too late. Ecological risks associated with the use of naked DNA as biological tool for research, production and therapy", Trondheim, Research Report for Directorate for Nature Management.

Trigo, Eduardo y otros (2002), "La difusión de organismos genéticamente modificados en la agricultura argentina." Buenos Aires, Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT).

Trigo, Eduardo y otros (2002), *Los transgénicos en la agricultura argentina. Una historia con final abierto*, Buenos Aires, Libros del Zorzal.

Trigo, Eduardo J. (2001), "Conferencia en la UBA", seminario Difusión e impacto de las plantas transgénicas en la agricultura argentina (Buenos Aires, junio).

_____ (1995), "Agricultura, cambio tecnológico y el medio ambiente en América Latina: perspectiva de la situación en el año 2020", *Discussion Paper*, Nº 9, Washington D.C, Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), diciembre.

Trombetta, Antonio G. (1997), "El Mecanismo de Solución de Controversias en el Sistema Multilateral de Comercio (GATT/OMC)", *Temas de derecho industrial y de la competencia*, Nº 1, Buenos Aires, Ediciones Ciudad Argentina.

U.S. Bureau of the Census (1999), *World Population Profile: 1998*, Washington, D.C., U.S. Government Printing Office.

UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) (1996), *Financial and other implications of the implementations of the TRIPs Agreement for developing countries*.

USDA (United States Department of Agriculture) (2001), *Supply and Demand Estimates*.

_____ (2000), *Agricultural Outlook*, Economic Research Service.

USDA/FAS (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos/Foreign Agricultural Service) (2004), "Oilseeds: World Markets and Trade", *Circular Series*, Nº FOP 09-04, septiembre [en línea] (http://www.fas.usda.gov/oilseeds/circular/2004/04-09/toc.htm)

Van Tuyl, J. M. y M.J. De Jeu (1997), "Methods for overcomming interspecific crossing barriers", *Pollen Biotechnology for Crop Production and Improvement*, Cambridge, Cambridge University Press.

Vasil, A. D. y otros (1998), "The role of EDTA in lead transport and accumulation in Indian mustard", *Plant Physiology*, vol. 117, American Society of Plant Biologists.

Vázquez-Padrón, R.I. y otros (1999), "Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from Bacillus thuringiensis induces systemic and mucosal antibody responses in mice", *Life Sciences*, vol. 64, Nº 21, Elsevier.

Viglizzo, Ernesto (2001), "La trampa de Malthus. Agricultura, competitividad y medio ambiente en el siglo XXI", Buenos Aires, EUDEBA.
Wagret, Jean-Michel (1992), *Que sais-je?, Brevets d'Invention et Propriété Industrielle*, París, Ediciones Presses Universitaires de France.
Wambugu, Florence (1999), «Why Africa needs agricultural biotech», *Nature*, vol. 400, Nº 15 - 16, Macmillan Publishers Ltd., 1 de julio.
Wansink, B. y J. Kim (2001), "The marketing battle over genetically modified foods", *American Behavioral Scientist*, vol. 44, SAGE Publications.
Warusfel, Bertrand (1993), "La France et le GATT dans la compétition industrielle internationale», *Le Trimestre du Monde, 4º Trimestre*, París, Observatoire des Relations Internationales (O.R.I)/Université René - Descartes PARIS V.
Whalon, M. (1997), «Comments on EPA Registration of Bt Transgenic Plants», *Public Meeting*, Michigan State University.
Windels, P. y otros (2001), «Characterization of the Roundup Ready soybean insert», *European Food Research and Technology*, vol. 213, Nº 2, EBSCO Publishing.
Wipff, J.K. y C.R. Fricker (2000), "Determining gene flow of transgenic creeping bentgrass and gene transfer to other bentgrass species", *Diversity*, vol. 16, Nº 1/2.
Wolfenbarger, L.L. y P.R. Phifer (2000), "The ecological risks and benefits of genetically engineered plants", *Science Magazine*, vol. 290, 15 de diciembre.
Xia, J. y Cui, J. (2000), "Resistance of transgenic cotton to beet armyworm (Laphygma exigua H)", *Chinese Cotton*, Nº 27, vol. 9.
Xue, Dayuan (2002), "A summary research on the environmental impacta of Bt cotton in China", Greenpeace, junio.
Yamamoto, T. y G.K. Powell (1993), "Bacillus thuringiensis crystal proteins: Recent advances in understanding insecticidal activity", *Advanced engineered pesticides*, Leo Kim (ed.), Nueva York, Marcel Dekker.
Yarwood, C.E. (1970), "Man made plant disease", *Science Magazine*, vol. 268, American Association for the Advancement of Science (AAAS)/Stanford University's HighWire Press.
Zhu, Y. y otros (2000), "Genetic diversity and disease control in rice." *Nature*, vol. 406, Nature Publishing Group, 17 de agosto.
Zimni, J.S. y otros (2000), "Ten generations of transgeneic Triticale", *Use of Agriculturally Important Genes in Biotechnology*, G. Hrazdina (ed.), IOS Press.

Acerca de los autores

Jacqueline Abarza: Abogada de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Diploma superior universitario en derecho internacional público, Universidad París II. Especialista en temas de propiedad intelectual.

Eduardo Ablin: Economista de la Universidad de Buenos Aires y Master en Relaciones Internacionales de la Universidad de Boston. Especialista en comercio internacional y política comercial. Actualmente se desempeña como Embajador en el Servicio Exterior de la Nación de la República Argentina. Autor de varios libros y trabajos sobre temas de su especialidad. Profesor en diversas universidades argentinas.

Alicia Bárcena: Secretaria Ejecutiva Adjunta de la CEPAL. Ex Directora de la División de Desarrollo Sustentable y Asentamientos Humanos, Ex Directora Ejecutiva de The Earth Council, San José, Costa Rica. Bióloga, posee una maestría en Administración Pública de la Universidad de Harvard, Estados Unidos. Es autora de numerosas publicaciones sobre temas medioambientales.

Roberto Bisang: Economista, Consultor de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Director Docente del Programa de Posgrado de Gestión de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de la Universidad Nacional de General Sarmiento. Autor de numerosas publicaciones sobre el tema de la innovación.

Jorge Cabrera: Abogado ambientalista de la Universidad de Costa Rica, Instituto Nacional de Biodiversidad -INBio. Consultor de varios organismos de las Naciones Unidas. Especialista en temas ambientales y de propiedad intelectual. Es autor de numerosas publicaciones sobre estos temas.

Jorge Katz: Doctor en Economía, Universidad de Oxford, especialista en temas de economía de la innovación. Ex Director de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL. Consultor de varios organismos internacionales de desarrollo y profesor de universidades de Argentina y Chile. Profesor invitado de varias universidades. Es autor de numerosas publicaciones en temas de su especialidad.

César Morales: Oficial de Asuntos Económicos de la Unidad de Desarrollo Agrícola, División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL. Doctor en economía de América Latina, Universidad Arcis. Especialista en innovación agropecuaria y en sistemas de información. Profesor de la Universidad Internacional de Andalucía y de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Alejandro Nadal: Doctor en Economía, Universidad de París-X Nanterre (1981), Profesor del Doctorado del Centro de Estudios Económicos del Colegio de México, autor de diversas publicaciones sobre la economía del cambio técnico, trayectorias tecnológicas y manejo de recursos naturales.

Rubens Nodari: Doctor en Genética, Universidad de California, Davis. Profesor de la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil. Miembro de la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CNTBio) de Brasil, miembro de la Asociación Norteamericana para el Avance de la Ciencia (AAAS) y de la Asociación Norteamericana de Genética.

Santiago Paz: Economista de la Universidad del Salvador y Magíster en Economía de Gobierno de la Universidad de Buenos Aires. Especialista en temas agropecuarios y comercio internacional. Actualmente es el Coordinador de la Oficina de Riesgo Agropecuario de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina. Profesor de la Universidad de Buenos Aires y autor de múltiples trabajos sobre temas de su especialidad.

Walter Pengue: Doctorado del Programa en Agroecología, Instituto de Sociología y Estudios Campesinos, ISEC, Universidad de Córdoba, España. Investigador del Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente de la Universidad de Buenos Aires. Profesor de Economía Agrícola y Ambiental en universidades nacionales, públicas y privadas en cursos de grado y posgrado.

Marianne Schaper: Oficial de Asuntos Económicos de la División de Desarrollo Sustentable y Asentamientos Humanos de la CEPAL. Economista, Magíster en Economía Internacional, Universidad de Boston, Estados Unidos. Especialista en temas de comercio y medio ambiente.

Otto Solbrig: Profesor de Biología, Director del Centro David Rockefeller, de la Universidad de Harvard. Premio Internacional de Biología 1998. Fue Director del Herbario "Gray" de la Universidad de Harvard y Presidente de la Unión Internacional de Biología con sede en París. Es autor de numerosas publicaciones sobre temas de su especialidad.