

IICA



Serie Documentos Técnicos
CONSORCIO TECNICO

AREA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y RECURSOS NATURALES



**EL IMPACTO DE LAS NUEVAS BIOTECNOLOGIAS
EN EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA
AGRICULTURA DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE:
El Caso de las Plantas Transgénicas**



**INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA
AGRICULTURA (IICA)**

**CONSORCIO TECNICO
AREA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y RECURSOS NATURALES**

**EL IMPACTO DE LAS NUEVAS BIOTECNOLOGIAS EN EL DESARROLLO
SOSTENIBLE DE LA AGRICULTURA DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE:
EL CASO DE LAS PLANTAS TRANSGENICAS**

*Documento coordinado por la Dirección del Area II
Ciencia, Tecnología y Recursos Naturales*

*El estudio fue preparado por: Rodrigo Artunduaga, Coordinador de Bioseguridad y
Recursos Genéticos de uso Agrícola- Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y
Consultor del IICA*

Con la colaboración de Enrique Alarcón, Director del Area II

Se agradecen los comentarios de:

*María José Amstalden Sampaio, EMBRAPA-LABEX,
Walter Jaffé, Consultor Independiente
Nelson Rivas y Carlos Gustavo Cano, de la Agencia de Cooperación del IICA en Colombia
Laureano Guerrero, Funcionario de ICA
Luis Guillermo González, Consultor Independiente*

Se agradece el apoyo brindado por:

*Máximo Araya, Editor del IICA, por su ayuda en la edición y transcripción del manuscrito y
M. Antonieta Barrientos Mora, Asistente de la
Dirección del Area de Ciencia, Tecnología y Recursos Naturales*

**San José, Costa Rica
Febrero del 2000**



IICA
E3.3
15

00006834

© Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
Mayo, 2000.

Derechos reservados. Prohibida la reproducción total o parcial de este documento
sin autorización escrita del IICA.

Las ideas y los planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios
de los autores y no representan necesariamente el criterio del IICA.

Artunduaga, Rodrigo

El impacto de las nuevas biotecnologías en el desarrollo
sostenible de la agricultura de América Latina y el Caribe: el caso
de las plantas transgénica / Rodrigo Artunduaga, Enrique
Alarcón - San José, C.R.: IICA, 2000.

54 p. ; 28 cm.

ISBN 92-9039-455 2

1. Plantas transgénicas - América Latina. 2. Plantas transgénicas -
Caribe. 3. Biotecnología - América Latina. 4. Biotecnología - Caribe.
5. Sostenibilidad - América Latina. 6. Sostenibilidad - Caribe.
I. Alarcón, Enrique. II. IICA. III. Título.

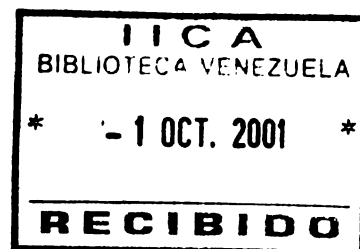
AGRIS
F30

DEWEY
660.6

Mayo, 2000
San José, Costa Rica



TABLA DE CONTENIDO



PRESENTACIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	3
2. MARCO CONCEPTUAL.....	4
2.1. El surgimiento de las plantas transgénicas.....	4
2.2. Consecuencias de la biotecnología.....	6
3. ADOPCION DE CULTIVOS TRANSGENICOS.....	8
3.1. Entorno mundial.....	9
3.2. Importancia económica de la comercialización de plantas transgénicas...	12
3.3. Entorno regional.....	14
4. FACTORES QUE HAN DE CONSIDERARSE EN LA INTRODUCCION, USO Y COMERCIALIZACION DE OVMs.....	16
4.1. Creación de nuevas malezas.....	20
4.2. Daño a especies no objetivo.....	22
4.3. Rompimiento del equilibrio poblacional en comunidades Bióticas y ecosistemas.....	23
4.4. Pérdida y deterioro de los recursos genéticos.....	24
4.5. Homogeneización de los cultivos.....	26
4.6. Consideraciones generales.....	26
5. EL RIESGO Y LOS CRITERIOS PARA SU EVALUACION.....	27
6. MARCOS NORMATIVOS.....	28
6.1. Legislaciones nacionales.....	28
6.2. Protocolo de bioseguridad.....	32
6.2.1. Desarrollo del protocolo.....	32
6.2.2. Tendencias y posicionamientos.....	34
6.2.3. Puntos álgidos en las negociaciones.....	35
6.2.4. Adopción del protocolo.....	36
7. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL USO Y LA COMERCIALIZA- CION DE PLANTAS TRANSGENICAS EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE.....	38
7.1. Realidades y opciones para la acción.....	38
7.2. Tendencias sobre el uso de las nuevas biotecnologías.....	40
7.3. Los productos de las nuevas biotecnologías son una realidad.....	41
7.4. Una nueva concepción para lograr el cambio tecnológico.....	41

7.5	Desafíos para el desarrollo de la investigación y sus actores.....	43
7.6.	Protección de la obtención de variedades derivadas de las nuevas biotecnologías.....	43
8.	LA COOPERACION INTERNACIONAL.....	44
8.1.	Antecedentes.....	44
8.2.	Propósitos y líneas generales de acción en materia de bioseguridad.....	45
	BIBLIOGRAFIA.....	47
	GLOSARIO.....	50

PRESENTACIÓN

La agricultura en su concepción ampliada, es decir, reconociendo sus encadenamientos con la industria, contribuye con cerca de un 25% del producto interno bruto (PIB) de los países de las Américas. Por otra parte, pese a los recientes fenómenos climáticos y otras causas, la producción de alimentos, particularmente en América Latina y el Caribe (ALC), crece a un ritmo ligeramente superior que el del aumento de la población. Sin embargo, si no se hacen esfuerzos significativos para transformar la agricultura, pueden perderse las oportunidades que de ella se derivan, más allá de suplir alimentos, y revertirse las tendencias positivas de crecimiento per cápita del sector, tal como ocurrió en décadas pasadas.

Hay un consenso generalizado de que las tecnologías convencionales no permitirán, por sí solas, que la producción de alimentos aumente lo suficiente para poder alimentar, en la segunda mitad del siglo XXI, una población que será cercana al doble de la actual. Por otro lado, lograr la competitividad de la agricultura de la Región exige cambios importantes en los países, tales como transformaciones productivas basadas en un cambio tecnológico concebido de manera renovada.

En esencia, para aprovechar los desafíos y afrontar los nuevos retos que brinda el nuevo entorno, los países tendrán que transitar hacia la apropiación de un nuevo paradigma para lograr el cambio técnico en la agricultura. Dicho paradigma debe reconocer, al mismo tiempo, la existencia de una verdadera revolución científica y tecnológica, el surgimiento de nuevos actores institucionales, los nuevos roles de los sectores público y privado y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. En este contexto, se reconoce que las tendencias de desarrollo global, regional y nacional, y el desempeño agrícola serán influenciados fuertemente por el surgimiento de nuevos conocimientos, como es el caso de las nuevas biotecnologías. Por ejemplo, se prevé que los productos modificados genéticamente por medio de técnicas biotecnológicas, no sólo influenciará sensiblemente el aumento de la producción y la productividad, sino también alterará las características de la misma oferta agrícola y su comercio.

Los impactos significativos en la producción y la productividad de los cultivos que han sido desarrollados comercialmente, con base en técnicas de ingeniería genética, por los países desarrollados han producido beneficios, sobre todo en los sistemas productivos de los ecosistemas templados del mundo y de la Región. Los retos vigentes — que se dan en términos de la aplicación y los beneficios de los productos de las nuevas biotecnologías para la agricultura, principalmente de la practicada entre los trópicos de Cáncer y Capricornio— está en demostrar a los productores y consumidores y a la sociedad los beneficios de aplicar nuevas biotecnologías y de evaluar sus posibles riesgos e impactos. En este último aspecto hay importantes controversias sobre los probables efectos adversos en los recursos naturales, el medio ambiente, el comercio y la salud humana, aunque también hay un convencimiento que de las nuevas biotecnologías contribuirán a la seguridad alimentaria y al uso sostenible de los recursos naturales.

En los últimos dos años principalmente, se ha producido gran abundancia de información de tipo científico, económico, social y periodístico sobre los posibles efectos de las nuevas biotecnologías y, en particular, de las plantas transgénicas. El presente documento, junto con otro titulado "*Algunas Consideraciones para la Gestión Institucional sobre las nuevas Biotecnologías: El*

caso de las Plantas Transgénicas en América Latina y el Caribe”, el cual ha sido preparado por la Dirección del Área II de Ciencia, Tecnología y Recursos Naturales del Consorcio Técnico del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), busca de manera resumida informar sobre el tema y contribuir al proceso de análisis a lo interno y externo del IICA. Los dos documentos no están dirigidos a los especialistas en el tema, sino a aquellas personas del sector y de fuera de éste que están gerenciando y desarrollando procesos que inciden en el quehacer agrícola. El presente documento, más específicamente, apunta a presentar los principales aspectos conceptuales y hechos que han ocurrido en relación con el surgimiento y el uso de las plantas transgénicas. También presenta las ventajas y los factores de preocupación de su utilización, los marcos normativos para su uso y los puntos álgidos en las negociaciones, como por ejemplo en el Protocolo de Bioseguridad. Al final se enlazan algunas consideraciones de tipo institucional para el uso y la comercialización de las plantas transgénicas en ALC.

Gerardo Escudero Columna, Ph.D.
Gerente del Consorcio Técnico

Enrique Alarcón Milán, Ph.D.
Director de Ciencia, Tecnología y
Recursos Naturales

1. ANTECEDENTES

En 1996 se sembraron en el mundo 2,8 millones de hectáreas con plantas transgénicas para fines comerciales; en 1997 esta cifra aumentó 4.5 veces, para un total de 12 700 000 de hectáreas sembradas. En 1998 había 27 800 000 de hectáreas sembradas con cultivos transgénicos, de las cuales los Estados Unidos daban cuenta del 74%. Se calcula que en 1999 se llegó a la cifra de 60 millones de ha sembradas con cultivos transgénicos para fines comerciales. Para el año 2000 existe una incógnita sobre la influencia de la adopción del Protocolo de Cartagena en Bioseguridad en la siembra de transgénicos.

La investigación sobre cultivos transgénicos ha continuado en el mundo, tanto por razones técnicas como de escala, y ha aumentado la eficiencia y reducido los costos del desarrollo de plantas transgénicas. El uso de marcadores genéticos en los procesos de mejoramiento genético ha aumentado la precisión de éstos, y ha disminuido el tiempo requerido para el desarrollo de los nuevos cultivares. La mayor parte de esta investigación se está realizando en países industrializados, naturalmente en los cultivos de interés económico para éstos.

En los dos últimos años, el aumento en el uso de productos transgénicos en los países industrializados ha sido casi cinco veces mayor que el de los países en desarrollo (13.9 versus 2.9 millones de hectáreas). Además, casi todas las plantas transgénicas han sido producidas por el sector privado. La República de China fue el primer país en desarrollo que sembró comercialmente un cultivo transgénico en los años noventa; en América Latina y el Caribe (ALC), Argentina es el país líder en la adopción de estos productos, seguido por México.

La introducción de cualquier organismo nuevo en un ecosistema dado encierra un riesgo potencial, por lo que la liberación de organismos vivos modificados genéticamente por biotecnología moderna (OVMs) al ambiente requiere supervisión y seguimiento cuidadosos, máxime si ello se va a realizar en una región que es un centro de origen y de diversidad de muchas de las especies cultivadas, como es el caso de ALC.

Si bien algunos de los países de la Región cuentan con mecanismos reguladores vigentes en bioseguridad, la mayoría no los tiene y, lo que es más crítico, no cuentan con la masa multi- e interdisciplinaria para realizar adecuadamente un análisis y un manejo de riesgos dentro de un marco metodológico y reglamentario moderno y efectivo, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales y garantizar el cumplimiento de las condiciones de seguridad necesarias para la protección del medio ambiente, la salud humana, la producción agropecuaria y la distribución equitativa de los ingresos entre sus habitantes.

En ALC, el primer taller para analizar los temas relacionados con la seguridad de los productos de las nuevas biotecnologías se realizó a principios de los años noventa. El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) promovió la celebración de talleres de discusión y análisis en Argentina (1992), Colombia (1994) y Costa Rica (1994), los cuales fueron de gran valor, pues permitieron que los participantes tuvieran la oportunidad de discutir aspectos en los ámbitos científico y regulatorio. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha jugado un importante papel, al proveer la oportunidad de diseñar y ejecutar proyectos colaborativos de biotecnología con varios países de la Región y de comenzar

a analizar conjuntamente el tema de la bioseguridad. Asimismo, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el Instituto Ambiental de Estocolmo (SEI), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) y el Centro Internacional para la Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB), mediante reuniones, talleres, seminarios y simposios celebrados en diferentes países de ALC, han dado un fuerte apoyo al entrenamiento de científicos que en un futuro podrían ser parte de las Comisiones Nacionales de Bioseguridad de esos países.

2. MARCO CONCEPTUAL

La biotecnología per se es muy antigua, pues tanto la utilización de microorganismos en los procesos de fermentación tradicionales usados para producir pan, alcohol y cerveza y aumentar el contenido proteínico de los alimentos, como las prácticas empíricas de selección de plantas y animales para el mejoramiento genético de variedades y razas, se han usado a lo largo de toda la historia de la humanidad. Esto ha llevado a distinguir entre la biotecnología tradicional y la nueva.

2.1. El surgimiento de las plantas transgénicas

La historia de la biotecnología puede dividirse en siete etapas:

- La primera corresponde a la biotecnología desarrollada antes de Pasteur, en la cual se estableció el proceso de fermentación, como un mecanismo para preservar y enriquecer el contenido proteínico de los alimentos y para producir cerveza.
- La segunda se da con la identificación por Pasteur de los microorganismos que causan la fermentación y con el descubrimiento de la capacidad de las enzimas de convertir azúcares en alcohol.
- La tercera empieza con la formulación de los principios básicos del mejoramiento genético iniciado con los experimentos del monje austriaco Gregorio Mendel, quien propuso que los factores hereditarios, que hoy se denominan genes, se transmiten intactos de una generación a la siguiente y que en algunas generaciones se pueden enmascarar y no expresarse, pero no se destruyen, por lo que pueden manifestarse en las generaciones subsiguientes.
- La cuarta se inicia con el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1928, que sentaría las bases para la producción en gran escala de los antibióticos.
- La quinta comienza con los experimentos que demostraron el papel del ácido desoxirribonucleico (ADN) en la determinación de la patogenicidad de un neumococo. Se concluyó que la información genética de esta bacteria estaba contenida en su ADN y no en otros constituyentes moleculares. La investigación se extendió a otros organismos animales y vegetales y muy pronto se generalizó el concepto de que el ADN constituía la base física de los genes, el soporte material de la herencia.

- La sexta se inicia con el descubrimiento de la doble estructura axial del ADN, por Wilkins, Franklin, Watson y Crick en 1953, seguido por los procesos que permiten la inmovilización de enzimas. El modelo de la doble hélice de nucleótidos apareados en sus bases nitrogenadas (adenina con timina y guanina con citosina) brindó una explicación satisfactoria a la capacidad de duplicar, conservar y transferir la información genética.
- La séptima etapa empieza con el descubrimiento de las enzimas de restricción y las ligasas, lo que permitió el desarrollo de las técnicas del ADN recombinante, base fundamental para el desarrollo de las técnicas modernas de biotecnología, que permiten obtener nuevos organismos vivos modificados genéticamente (OVMs), los cuales pueden aplicarse en los campos agrícola, pecuario, ambiental y de salud humana.

El desarrollo de las técnicas del ADN recombinante permite aislar segmentos de ADN de un organismo, secuenciarlos e introducirlos dentro del genoma de otro individuo, independientemente de que sean de la misma especie o no. De esta manera, se vence una restricción que la naturaleza ha mantenido durante toda su evolución en el intercambio de genes, pues éste sólo se puede presentar entre organismos que pertenecen a la misma especie, ya que de otra forma el cigoto resultante es estéril (como es el caso de la mula, que resulta del cruce de una yegua con un asno) o no es viable.

Estas nuevas técnicas han traído consigo un inusitado aumento del valor estratégico y económico de los recursos genéticos, pues se ha ampliado el rango de su utilización, aspecto que fue reconocido con la promulgación de marcos regulatorios internacionales, como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), suscrito en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992. En éste se cambiaron los parámetros tradicionales en el marco de los cuales se consideraba a los recursos genéticos, que de ser “patrimonio común de la humanidad” pasaron a situarse en el ámbito de la “soberanía nacional”, asignándoles a los países el deber y la responsabilidad por su cuidado y preservación.

La tecnología del ADN recombinante o ingeniería genética, que transfiere material genético a través de medios bioquímicos, ha permitido a los científicos modificar genéticamente plantas, animales y microorganismos, superando de esta forma las barreras naturales.

Estas técnicas de la llamada biotecnología moderna permiten introducir en los organismos diversos genes de otros organismos. Los organismos modificados de esta forma se denominan organismos vivos modificados genéticamente por biotecnología moderna (OVMs).

A pesar de que la biotecnología ha demostrado la utilidad de estos organismos, existe preocupación acerca de los riesgos potenciales de su uso y comercialización para la biodiversidad y la salud humana. Muchos de los países con industrias biotecnológicas desarrolladas han formulado una legislación nacional para asegurar la transferencia, el manejo, el uso y la liberación de los OVMs y sus productos. A esta práctica comúnmente se la denomina “bioseguridad”. Desde el 29 de enero del 2000, los países cuentan con el Protocolo de Cartagena en Bioseguridad, que es un convenio internacional jurídicamente vinculante entre los países miembros del (CDB) que lo firmen y ratifiquen, el cual regula las situaciones en que los OVMs pueden cruzar las fronteras de las naciones.

Entre las plantas transgénicas de mayor aplicación comercial se encuentran aquellas a las que se les ha incorporado un gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Dichas plantas, denominadas "plantas Bt", producen una proteína tóxica a insectos plaga de las familias Lepidoptera, Coleoptera y Diptera, según el gen introducido. Esta característica implica que se puede disminuir la aplicación de insecticidas químicos utilizados para el control de estos insectos; asimismo, su especificidad contra alguna plaga permite no afectar otros insectos benéficos, lo que las hace ecológicamente ventajosas en comparación con las plantas convencionales, ya que para el control de plagas éstas exigen la aplicación de plaguicidas de amplio espectro, tales como los fosforados, los carbamatos y los piretroides. No obstante estas ventajas de los OVMs, se requieren estudios detallados sobre sus posibles efectos colaterales negativos para la salud humana y sobre el posible desarrollo, por parte del insecto plaga, de biotipos resistentes a la endotoxina.

Es importante destacar que en países de la zona tropical, como es el caso de la gran mayoría de los países de América Latina y el Caribe (ALC), para evitar que las plagas se vuelvan resistentes a estas proteínas insecticidas, es necesario desarrollar investigaciones que permitan aumentar el conocimiento sobre metodologías moleculares (a nivel del gen: expresión, estabilidad, promotores) y sobre diversos aspectos de campo (áreas refugio, proporciones de áreas sembradas con plantas con o sin el Bt incorporado). Estas estrategias requieren infraestructura, personal capacitado y monitoreo de los campos, para identificar tempranamente problemas tales como insectos posiblemente resistentes.

2.2. Consecuencias de la biotecnología

La *revolución tecnológica* que se está viviendo, encabezada por los grandes progresos en la electrónica y seguidos éstos por los nuevos materiales producidos mediante los avances físico-químicos y biotecnológicos, representa un conjunto de posibilidades técnicas y socio-económicas que podrán cambiar la fisonomía de los Estados actuales. Este nuevo paradigma tecnológico fijará patrones que, indudablemente, redefinirán el papel en el mundo de los países de ALC.

La comunidad internacional reconoce que doblar o triplicar la producción agropecuaria, con el fin de satisfacer las necesidades de una población de 11 000 millones de habitantes hacia el año 2050, no puede ser viable sin el uso de la biotecnología.

El debate sobre los posibles impactos de los productos de la biotecnología está polarizado. En un extremo se hallan quienes hablan sólo de los beneficios reales y potenciales de los OVMs, omitiendo sus limitaciones y eventuales riesgos. En el otro extremo se enfatizan éstos, dejando de lado las contribuciones que pueden hacer los OVMs al desarrollo científico, técnico y económico, así como a la producción de alimentos y a la salud humana.

El comercio y la comercialización de productos derivados de OVMs (por ejemplo, de harinas, aceites o fármacos purificados) y destinados al consumo animal y humano y a la agroindustria representan, por el momento, el componente de mayor importancia económica en la biotecnología.

Las discusiones más álgidas sobre el consumo de estos productos comenzaron en Europa, pero ya también se dan en los Estados Unidos, en donde en noviembre de 1999, 20 miembros

del Congreso presentaron una iniciativa legislativa orientada a establecer normas para el etiquetado de los productos transgénicos comercializados.

La biotecnología puede incorporar características favorables en los cultivos, tales como un aumento de su contenido nutricional, la aptitud para ser cultivados en condiciones adversas en cuanto al clima o el suelo o la cualidad que naturalmente presentan algunas plantas de producir semillas sin fertilización. Este fenómeno, que se conoce como apomixis y que se caracteriza porque los embriones contienen la misma información genética de las plantas madres (es decir, son clones), ocurre naturalmente en cerca de 40 familias taxonómicas y en más de 400 especies. Sin embargo, ninguno de los principales cultivos (trigo, maíz, arroz, algodón, tomate, sorgo y soya, entre otros) es naturalmente apomítico, pero existe la posibilidad de incorporar esta característica mediante la ingeniería genética, técnica de gran importancia en los programas de fitomejoramiento, pues, al contrario de la semilla híbrida, el agricultor podría utilizar los granos cosechados como semilla.

No obstante, algunos consumidores y científicos, particularmente en Europa, han señalado que se requiere más investigación para comprobar si los alimentos obtenidos de cultivos alterados genéticamente por biotecnología son seguros para la salud del consumidor. En respuesta, los legisladores oficiales han indicado que ningún informe ha comprobado que los OVMs son perjudiciales para la salud humana. Las investigaciones publicadas en la revista médico-científica *Lancet Today*, efectuadas por el Dr. Arpad Pusztai, investigador principal del Instituto de Investigaciones de Rowett, Escocia, sobre el efecto adverso en el tracto intestinal (hígado, estómago, páncreas y colon) y en el perfil inmunológico de ratas sometidas a una dieta con papas a las que se les había incorporado un gen de la planta "gotas de nieve" (*Galanthus nivalis*) que produce lectina, una toxina para los insectos plaga, levantó muchas controversias. Sin embargo, la comunidad científica y la misma Sociedad Real de Científicos del Reino Unido han cuestionado y desaprobado el trabajo de Pusztai, debido a las deficiencias en el diseño experimental, la ejecución del experimento y el análisis de los datos, lo cual impide que se puedan inferir conclusiones. Es importante destacar la necesidad de continuar analizando y monitoreando los posibles efectos adversos en el consumo de productos que contienen OVMs.

En mayo de 1999, una investigación realizada en la Universidad de Cornell mostró que el polen de maíz transgénico Bt podría detener en el laboratorio el desarrollo de larvas de la mariposa Monarca. Aun cuando algunas investigaciones se están llevando a cabo, hay coincidencia en la comunidad científica en que muchas investigaciones de campo se deben continuar, para concluir si el polen del maíz transgénico, al ser llevado por el viento a la maleza "milkweed" (*Asclepias syriaca*), puede ser nocivo para la mariposa Monarca: dichas investigaciones deben enfatizar en variables tales como la distribución y la abundancia de la maleza dentro y alrededor de los campos comerciales del maíz, la frecuencia y la cantidad de oviposición de la mariposa en estas malezas y el grado de sincronía entre los ciclos de vida del insecto y la producción de polen en el cultivo.

La gran mayoría de transgénicos que se están sembrando con fines comerciales en el mundo se han cultivado con muy pocos o con ningún ensayo de campo en ecosistemas tropicales. Por lo tanto, se hace necesario que los países de ALC inicien cuanto antes el desarrollo de capacidades institucionales que les permitan investigar, en sus ecosistemas propios, las ventajas y los eventuales efectos colaterales del uso de los OVMs. Después de un

análisis cuidadoso, se podrían adoptar aquellos cultivos cuyas ventajas superan los eventuales riesgos al medio ambiente, a la producción agropecuaria o a la salud humana.

3. ADOPCIÓN DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS

El primer cultivo comercial de una planta de tabaco transgénica se realizó en China en 1992, pero no fue sino hasta 1994 que estas plantas se cultivaron comercialmente en Estados Unidos y Canadá. En 1996 se sembraron en Norteamérica algodones transgénicos resistentes a insectos plaga.

En la Tabla 2 se comparan las características que ya se han comercializado en las plantas transgénicas con aquellas para el mismo cultivo que están en fase de desarrollo o en pruebas de campo. Cuatro de los 17 productos comercializados descritos en la Tabla 2 tienen doble característica, lo cual indica que el proceso de inserción piramidal de genes mediante la biotecnología ya está avanzando y se presume que se acelerará en el corto plazo.

Los científicos que lideraban los programas convencionales de fitomejoramiento soñaron, en el pasado, con “piramidar” en una misma planta tantos genes benéficos como se pudiera. La biotecnología representa un método adicional para realizar este proyecto. Genes extraídos de una bacteria del suelo, como el Bt, para conferir resistencia a determinados insectos plaga, así como otros que proveen resistencia a los virus y tolerancia a los herbicidas, o que elevan el contenido de almidón, podrán ser incorporados todos en el mismo cultivo.

La República de China, que actualmente está cultivando anteras de arroz, abrió camino para la introducción del primer arroz transgénico en Asia, hecho que proveerá información importante en relación con la liberación de cultivos transgénicos en centros de origen y diversificación de especies. En el mismo país, tres cultivares transgénicos de tomate resistentes a virus y modificados en su calidad de maduración están siendo sembrados comercialmente.

Dentro de los países industrializados, Australia se destaca como el único país con altas inversiones del sector público en la investigación y el desarrollo biotecnológico. Desde 1997 en este país se cultivan comercialmente una variedad de algodón Bt y dos variedades de clavel, una en que se ha modificado el color de la flor y otra en que se ha alargado su vida en florero.

En México se han comercializado tres cultivos transgénicos: dos variedades de algodón con resistencia a los insectos y tolerancia a los herbicidas y una variedad de tomate de maduración tardía¹. México es uno de los tres países subdesarrollados, junto con China y Cuba, que están llevando a cabo ensayos de campo de cultivos transgénicos, previos a su liberación para la siembra comercial. También se está evaluando en México una variedad de papa transgénica, que ha sido desarrollada por científicos de este mismo país en cooperación con Monsanto y la Fundación Rockefeller.

¹ Presidencia de la República de México 1999.

3.1. Entorno mundial

En 1996 se habían sembrado comercialmente con plantas transgénicas 2.8 millones de hectáreas. En 1997 la cifra había aumentado 4.5 veces, para un total de 12 700 000 de hectáreas sembradas con cultivos transgénicos. En 1998 la cantidad había llegado a 27 800 000 hectáreas, de las cuales los Estados Unidos representaban el 74% (Tabla 1). Se calcula que en 1999 se alcanzó la cifra de 60 millones de hectáreas sembradas con fines comerciales.

Tabla 1. Área total cultivada con plantas transgénicas en el mundo (millones de ha).

Cultivo	1996 %	1997 %	1998 %
Soya	0.5 19	5.1 40	14.5 51
Maíz	0.27 10	3.2 25	8.3 30
Algodón	0.8 29	1.4 11	2.5 9
Canola	0.14 5	1.2 10	2.4 9
Tabaco	1 35	1.7 13	N.d. N.d.
Papa	0.03 1	0.1 1	0.1 1
TOTAL	2.8	12.7	27.8 100

N.D.: No disponible / Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de ISAAA 1998.

Tabla 2. Características comercializadas y en fase de desarrollo para algunos cultivos transgénicos (1997)

Cultivo	Características ya comercializadas	Características en fase de desarrollo
Canola	1. Tolerancia a herbicidas	1. Resistencia a enfermedades
	2. Desarrollo de híbridos	2. Modificaciones al aceite
	3. Híbridos con tolerancia a herbicidas	
	4. Alto nivel de ácido láurico	
Maíz	1. Control de gusano perforador	1. Control del gusano perforador asiático
	2. Tolerancia a herbicidas	2. Control del gusano trozador de raíces
	3. Tolerancia a insectos y herbicidas	3. Resistencia a enfermedades
	4. Desarrollo de híbridos	4. Contenido alto de almidón
	5. Híbridos tolerantes a herbicidas	5. Otras modificaciones al almidón
		6. Alto contenido de lisina
		7. Mejoramiento en el nivel de proteína
		8. Resistencia a plagas del almacenamiento
		9. Apomixis
Algodón	1. Control al perforador de la bellota mediante genes simples	1. Control al perforador de la bellota con genes múltiples
	2. Resistencia a herbicidas	2. Control al gusano perforador de la bellota
	3. Resistencia a insectos, tolerancia a herbicidas	3. Mejoramiento de la fibra y calidad
		4. Resistencia a enfermedades
Papa	1. Resistencia al cucarrón de Colorado	1. Resistencia simultánea al cucarrón de Colorado y a virus
		2. Resistencia múltiple a los virus x, y, rv
		3. Resistencia a hongos
		4. Contenido alto de almidón
		5. Resistencia a palomilla y plagas del almacenamiento
Arroz		1. Resistencia a la sequía y a la salinidad del suelo
		2. Resistencia a gusanos perforadores
		3. Resistencia al añublo y a enfermedades fungosas
		4. Tecnología mejorada en híbridos
		5. Resistencia a plagas del almacenamiento
		6. Tolerancia a herbicidas
		7. Resistencia a insectos chupadores vectores de virus
Soya	1. Tolerancia a herbicidas	1. Modificación de la composición química del aceite
	2. Alto nivel de ácido oleico	2. Resistencia a insectos
		3. Resistencia a virus
Tomate	1. Maduración tardía	1. Resistencia a virus
	2. Alto nivel de ácido oleico	2. Resistencia a insectos
		3. Resistencia a enfermedades
		4. Modificaciones en la calidad y cantidad de sólidos del fruto
Hortalizas y frutas	1. Resistencia a virus	1. Resistencia a insectos
		2. Maduración tardía

Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de ISAAA 1998.

El número de países en donde se cultivan comercialmente plantas transgénicas ha aumentado de uno en 1992 a seis en 1996 y a ocho en 1998 (Tabla 3). Para el año 2000 se espera que la siembra comercial de estos productos se extienda a cerca de 25 países. Sin embargo, el escenario puede ser diferente debido a la reacción de los consumidores. Algunos apuntan que la superficie sembrada con cultivos transgénicos va a disminuir, por ejemplo en los Estados Unidos, en cerca de un 20%. Es decir, el panorama es incierto en el corto plazo, aunque es muy posible que en varios años el uso de cultivos transgénicos sea una práctica bastante generalizada, dado que se espera un mejoramiento de la institucionalidad que tiene que ver con el tema, la evaluación de sus riesgos y la aceptación de la sociedad.

Tabla 3. Distribución del área cultivada con plantas transgénicas por países en 1997 y 1998 (millones de ha).

País	1997	1998
Estados Unidos	8.1	20.5
Argentina	1.4	4.3
Canadá	1.3	2.8
Australia	0.05	0.1
México	0.05	0.1
España	---	0.1
Suráfrica	---	0.1
China	1.8	
Total	12.7	27.8

Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de ISAAA 1998.

La resistencia a virus fue la característica dominante en los cultivos transgénicos en 1996, con un 40% del área total, lo que se debió a las áreas cultivadas con tabaco y tomate transgénicos en China. En los años siguientes la tolerancia a herbicidas ocupó el primer lugar y se empezaron a comercializar cultivos con dos modificaciones genéticas en la misma planta (Tabla 4).

Tabla 4. Área global de plantas transgénicas según las características introducidas, en 1996, 1997 y 1998 (en millones de ha).

Característica	1996		1997		1998	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Tolerancia a herbicidas	0.6	23	6.9	63	19.8	71
Resistencia a insectos	1.1	37	4.0	36	7.7	28
Resistencia a virus	1.1	40	N.d.		N.d.	
Resistencia a insectos/ tolerancia a herbicidas	N.d.		0.01	<1	0.3	1
Incremento en calidad	<0.1	<1	0.01	<1	<0.1	<1
TOTAL GLOBAL	1.8		11.0		27.8	

N.D.: No disponible / Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de ISAAA 1998.

Este incremento en la producción y en el uso de plantas transgénicas en el mundo permite inferir que, en los próximos cinco años, más del 80% de las áreas sembradas con fines comerciales con los principales cultivos será con plantas transgénicas.

3.2. Importancia económica de la comercialización de plantas transgénicas

El desarrollo industrial de la biotecnología ha sido el mejor acicate para los negocios que en los últimos cinco años se han presentado entre las compañías multinacionales productoras de agroquímicos y las empresas productoras de semillas. El valor de las fusiones, adquisiciones y alianzas estratégicas que han consolidado recursos en el sector agro-biotecnológico privado se estima en US\$27 000 millones. El mayor incentivo para ello es la necesidad de ampliar la masa crítica en investigación y desarrollo, de maximizar las complementariedades entre los socios y de asegurar un mercado global competitivo y dominado por pocas empresas (Ver Tabla 5).

Las diez mayores empresas productoras de semillas controlan aproximadamente el 33% del comercio global de éstas, el cual asciende a unos US\$23 000 millones. DuPont, Monsanto y Novartis representan el 20%. Las cinco mayores (Astra-Zeneca, DuPont, Monsanto, Novartis y Aventis) dan cuenta de aproximadamente el 23% del mercado comercial de semillas y representan prácticamente el 100% del mercado actual de semillas transgénicas (genéticamente modificadas) (Tabla 6).

Las ventas de semillas transgénicas aumentaron veinte veces de 1995 a 1998. Los analistas predicen que las ganancias de la industria superarán los US\$3000 millones en el año 2000 y que se dispararán a US\$ 25 000 millones en el 2010. Sin embargo, como se señala en la sección 3.1, debido a las dudas sobre los efectos de los transgénicos en la biota y en los consumidores, es probable una disminución de la superficie sembrada con dichos cultivos en el año 2000.

Tabla 5. Recientes adquisiciones, alianzas y fusiones en empresas multinacionales en 1997, 1998 y 1999.

Empresa	Adquisiciones, alianzas y fusiones	Millones de US\$
Monsanto	Calgene, Agracetus, Delkab, Asgrow, Holdens (adquisiciones y fusiones)	7800
Pioneer	Dupont (alianza y adquisición)	9400
Novartis	Ciba Geigy-Chiron (adquisición), Ciba-Sandoz (fusión)	3100
ELM	Asgrow, Petoseed, Royal Sluis, DNAP (adquisiciones)	1000
AgrEvo	PGS, Sun Seeds (adquisiciones)	1000
ADVANTA	ZENECA & Van Der Have	500
DowElanco	Mycogen (adquisición del 46%)	200
Genentech	Roche Holding (adquisición)	2100
Genetics Institute	American Home Products (adquisición del 60%)	700
Immunex	American Cynamid (adquisición del 50%)	600
Otras		900
	Valor total estimado	27 300

Fuente: Artunduaga 1999, datos actualizados con base en Mark-Simon Robertson Stephens & Co; Clive James y The Wall Street Journal, 1997, 1998 y 1999.

Tabla 6. Principales empresas productoras de semillas en el mundo y el valor de sus ventas anuales en 1998

EMPRESA	VALOR VENTA (MILLONES DE US\$)
DuPont	1835
Mosanto	1800 (estimado)
Novartis	1000
Groupe Limagrain	733
AstraZeneca	412
Savia S.A. de C.V.	375
AgriBiotech.Inc.	370
Sakata	349
KWS AG	329
Takii	300 (estimado)
TOTAL	7503

Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de Rural Advancement Foundation Institute (RAFI), Winnipeg, Canadá

Las principales diez empresas productoras de agroquímicos controlan el 91% del mercado, valorado en US\$31 000 millones. Las cinco mayores (AstraZeneca, DuPont, Monsanto, Novartis y Aventis) son responsables de casi dos tercios del mercado global de plaguicidas (60%) y, a su vez, son las más grandes productoras de semillas, entre ellas las transgénicas (Tabla 7).

Desde finales de los años ochenta, se iniciaron trabajos de ingeniería genética aplicados a la agricultura y a la alimentación. Gracias a estas nuevas tecnologías, se han obtenido plantas de tomate que permiten un mayor tiempo de almacenamiento natural; plantas de soya, tomate, tabaco, algodón y maíz resistentes a los herbicidas; plantas tolerantes a las heladas; y variedades de papa, maíz y algodón resistentes a insectos plaga, entre otras.

Los productos mencionados cuentan con las autorizaciones oficiales para ser comercializados en los mercados de algunos países, en especial de los industrializados; otros se hallan en la fase de investigación.

En el próximo lustro se espera continuar desarrollando productos con características agronómicas deseables, tales como: a) resistencia a herbicidas, insectos plaga y enfermedades (principalmente a las causadas por virus, bacterias y hongos); b) maduración tardía, la que reduciría las pérdidas de post-cosecha; c) mejoramiento en la calidad del producto, de acuerdo con los requerimientos del consumidor; y d) resistencia a condiciones ambientales adversas de clima y suelo.

Tabla 7. Principales empresas productoras de agroquímicos y el valor de sus ventas anuales en 1998

EMPRESA	VALOR VENTA (MILLONES DE US\$)
Aventis	4676
Novartis	4152
Monsanto	4032
DuPont	3156
AstraZeneca	2897
Bayer	2273
American Home Products	2194
Dow	2132
BASF	1945
Makhteshim-Agan	801
TOTAL	28 258

Fuente: Artunduaga 1999, adaptado de Rural Advancement Foundation Institute (RAFI), Winnipeg, Canadá

La investigación hoy continúa aumentando la eficiencia del desarrollo de plantas transgénicas y reduciendo los costos de éste. El uso de marcadores genéticos en los procesos del mejoramiento ha aumentado la precisión de éste y ha disminuido el tiempo requerido para el desarrollo de los nuevos cultivares. La mayoría de estas investigaciones se está conduciendo en países industrializados, naturalmente en los cultivos de su interés económico.

3.3. Entorno regional

La adopción y la expansión de biotecnologías han aumentado en algunos países de América Latina y el Caribe (ALC) en los últimos años. Por ejemplo, en Argentina la adopción de soya transgénica resistente a glifosato (Round Up), en relación con el total de soya comercialmente sembrada, ha aumentado exponencialmente del 6% en 1996 al 80% (5 760 000 ha) en 1999. La siembra de algodón Bt en este último año fue de 15 000 ha y de maíz Bt fue de 192 000 ha.

Uno de los puntos de referencia usados para medir los progresos de la agricultura biotecnológica es el número de los ensayos de campo que se han realizado en cultivos transgénicos, el cual se estima en cerca de 870 en los últimos tres años. Sin embargo, los cultivos transgénicos destinados a los agroecosistemas latinoamericanos, con pocas excepciones, han sido desarrollados en los países industrializados del Norte.

Si se tiene en cuenta que el área sembrada con la mayoría de los cultivos convencionales es mayor en los países en desarrollo que en los industriales (14.5 veces mayor en arroz; tres veces mayor en algodón, dos veces mayor en maíz y casi toda el área sembrada de yuca y batata), se puede deducir que en los próximos años las compañías multinacionales productoras de semillas intensificarán su interés en aumentar la demanda por sus productos transgénicos en estas latitudes.

Los países de ALC deben aprovechar estos productos, si no quieren rezagarse en el desarrollo tecnológico, pero lógicamente deben hacer una evaluación técnica y objetiva de los posibles riesgos de su introducción, en especial en los ecosistemas tropicales, para la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria.

Como un reflejo de las tendencias mundiales, en la Región se observa un proceso de adquisiciones y fusiones de empresas nacionales productoras de semillas por parte de las compañías multinacionales. Este último aspecto se agudiza con el paulatino debilitamiento de las instituciones estatales dedicadas al desarrollo científico y tecnológico agropecuario, lo cual, como es natural, hace más vulnerable la capacidad de los países para generar valor agregado a los cultivos autóctonos, pues las prioridades de estos grupos internacionales se enfatizan en comercializar los productos desarrollados en las sedes de la casa matriz.

Desde 1987 se han aprobado, en los países de ALC, solicitudes para realizar ensayos experimentales con cultivos transgénicos en condiciones de laboratorio y/o invernadero. La experimentación en países o regiones que son el centro de origen y diversidad de un cultivo tiene un alto valor agregado para la investigación, debido a la presencia de las plagas naturales del cultivo y a la gran variabilidad ambiental. Las solicitudes de experimentación con pocos kilos de semilla, en superficies pequeñas y en diversos sitios (con clima templado y tropical típicamente) muestran la importancia que dan los institutos de investigación y las empresas a la información experimental obtenida de esta manera.

El algodón y algunos tipos de maíz son cultivos de gran importancia económica en ALC. En ciertas regiones de México, se siembran variedades transgénicas de algodón con fines comerciales, como es el caso de las variedades resistentes a insectos o herbicidas. Desde 1995, se han sembrado más de 100 000 ha en las regiones aldoneras mexicanas; esta experiencia es de gran importancia para los demás países de la Región, pues pueden revisarla y analizarla para orientarse, particularmente respecto al comportamiento de las poblaciones de insectos y al desarrollo de resistencias por parte del insecto plaga.

Es importante destacar que en los países de ALC, principalmente en los de la zona tropical, es necesario desarrollar investigaciones que permitan conocer en los ecosistemas: i) la expresión y la estabilidad de los genes incorporados; ii) la botánica y la distribución geográfica de las especies de las cuales la región es el origen; y iii) las bases técnicas que permitan realizar los estudios de evaluación y manejo del riesgo para la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria, cuando se solicite la introducción, producción y comercialización de plantas transgénicas. Estas estrategias requieren infraestructura, personal capacitado y el monitoreo adecuado de los campos, con el fin de identificar tempranamente problemas potenciales.

Mientras algunos de los países de la Región cuentan con mecanismos reguladores vigentes en bioseguridad, la mayoría no los tiene y, lo que es más crítico, no cuentan con la masa multi-interdisciplinaria para ejecutar adecuadamente un análisis y manejo de riesgos dentro de un marco metodológico y reglamentario moderno y efectivo, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales y garantizar el cumplimiento de las condiciones de seguridad

necesarias para la protección del medio ambiente, la salud humana, la producción agropecuaria y la distribución equitativa de los ingresos para el bienestar de sus habitantes.

Los ensayos de campo realizados en los países de ALC representan cerca del 6% del total que se ha llevado a cabo en los países en vía de desarrollo. Argentina, Chile y México son los países con el mayor número de ensayos; y la tasa de crecimiento ha aumentado desde 1987 cuando se llevó a cabo el primer ensayo en Chile (Tabla 8).

4. FACTORES QUE HAN DE CONSIDERARSE EN LA INTRODUCCIÓN, USO Y COMERCIALIZACIÓN DE OVMs

La preocupación del público por el uso de estos productos ha venido en aumento e inicialmente el debate se presentó más sensiblemente en la comunidad europea. En algunos países, como es el caso de Alemania, más del 80% de los consumidores rechazan los productos transgénicos; en Suiza se realizó recientemente un referéndum para decidir su uso en el país, el cual fue aprobado por un estrecho margen; en Francia se autoriza el consumo de los productos transgénicos, pero no está aprobada la venta de semillas ni su siembra.

Este fenómeno se ha agudizado. Desde Nueva Delhi a Nueva Inglaterra, pasando por Escandinavia y Sudáfrica, las multinacionales han recibido un ataque sin precedentes. En septiembre de 1999 en los Estados Unidos, específicamente en California, Minnesota y Nueva Inglaterra, varios ensayos de campo con plantas transgénicas fueron destruidos.

Asimismo, han venido apareciendo anuncios publicitarios, como los de los mayores productores de comida para bebés, Gerber & Heins, en que indican que no compran ingredientes transgénicos para procesar sus productos, y como los del mayor comprador de granos, Archer Daniels Midland, en los que señala que no comercializa soya y maíz transgénicos. Además, el presidente de Monsanto ha anunciado que esta multinacional no comercializará la tecnología ya por ella patentada y bautizada por algunas organizaciones ambientalistas como "*Terminator*", y los parlamentos de Canadá y Estados Unidos iniciaron discusiones para usar alguna forma de etiquetado para los organismos vivos modificados genéticamente (OVMs).

En Brasil, donde se produce el 25% del total mundial de soya, en mayo de 1999 la Corte Federal atendió una demanda de la institución que representa a los consumidores (IDEC) y de Greenpeace, y decidió prohibir, en el segundo semestre de 1999, la primera siembra comercial de soya transgénica en el estado de Río Grande do Sul, hasta que se realice un estudio de impacto ambiental. Todos estos son testimonios que comprueban que la discusión que se inició en Europa se ha difundido por todo el mundo. Los científicos comentan que este debate no debe existir, pues desde hace muchos años el mercado ha estado repleto con alimentos modificados genéticamente por las técnicas clásicas de mejoramiento, y que incluso en algunos cultivos, como el trigo, la yuca y el maíz, la naturaleza misma ha incorporado genomas de dos o tres diferentes especies.

Tabla 8. Ensayos de campo desarrollados con plantas transgénicas en ALC (1987-1999)

País	Cultivo	Total de ensayos
Argentina	Canola	27
	Maíz	59
	Algodón	21
	Papa	10
	Soya	76
	Remolacha	11
	Girasol	27
	Trigo	10
Belice	Maíz	3
	Algodón	1
	Soya	1
Bolivia	Algodón	2
	Papa	4
Brasil	Algodón	115
	Maíz	ND
	Soya	ND
	Tomate	ND
	Banano	ND
	Girasol	ND
	Repollo	ND
	Arroz	ND
	Yuca	ND
	Caña de azúcar	ND
	Tabaco	ND
	Forestales	ND
Chile	Canola	6
	Maíz	17
	Soya	7
	Remolacha	3
	Tabaco	1
	Tomate	4
	Trigo	1
Costa Rica	Banano	1
	Maíz	2
	Algodón	3
	Soya	11
Cuba	Repollo	1
	Canola	1
	Papa	7
	Caña de azúcar	4
	Tabaco	3
Guatemala	Calabaza	1
	Tomate	2
México	Maíz	4
	Algodón	6
	Cucurbitáceas	1
	Melón	2
	Papa	3
	Arroz	1
	Calabaza	5
	Tabaco	2
	Tomate	14
	Soya	ND
	Papaya	ND
	Piña	ND
	Trigo	ND
Plátano	ND	

ND: Información no disponible

Fuente: ISAAA 1996 y comunicaciones personales de participantes de ALC en diversos talleres regionales.

Sin embargo, grupos altamente preocupados por el ambiente comentan que hasta ahora se obtenían productos nuevos mediante mejoras genéticas tradicionales basadas en la selección o cruce de especies emparentadas, y que cualquier tipo de cruzamiento entre dos individuos sólo se podía hacer si éstos pertenecían a la misma especie, pues de otra forma el cigoto formado era estéril o infértil. Agregan que superar el control biológico de la naturaleza, mediante técnicas como las modernas, que permiten aislar y trasladar genes entre individuos de especies y aun de reinos diferentes encierra grandes peligros.

De acuerdo con un informe de la Comisión de Asuntos Económicos y de Política Industrial del Parlamento Europeo, la manipulación genética no es una mera extensión de los métodos tradicionales de cultivo. Su característica principal consiste en que el material genético puede ser transferido de un organismo vivo a cualquier otro, atravesando las barreras que se han creado entre las especies a lo largo de millones de años de desarrollo evolutivo.

La importancia que el mundo le atribuye a este tema ha conducido al establecimiento de foros internacionales para su debate, tendientes a la formulación y puesta en marcha de leyes, reglamentaciones, normas, procedimientos y estrategias orientadas a garantizarle a la humanidad el uso seguro de estas tecnologías, aspecto que tiene su principal resultado en el Protocolo de Bioseguridad que se aprobó en Montreal para los países miembros del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

Los riesgos ecológicos de la liberación al ambiente de organismos transgénicos pueden proyectarse desde la perspectiva de diferentes áreas y disciplinas científicas, dentro de las cuales se destacan la genética, el fitomejoramiento, la microbiología, la virología, la biología celular y molecular, la bioquímica, la taxonomía, la ecología, la fisiología, la entomología, la patología, la epidemiología y la toxicología, entre otras.

Hoy existe una tendencia ecológica orientada a reconocer que todos los organismos (naturales y modificados por técnicas convencionales o biotecnológicas) poseen una variedad de características que interactúan espacial, temporal y biológicamente y que se hallan sujetos a las mismas leyes naturales de la comunidad ecológica en que se encuentran. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que las técnicas convencionales y las biotecnológicas (que manipulan moléculas de ADN/ARN recombinante) difieren en algunos aspectos:

Las técnicas moleculares permiten manipular selectivamente una amplia gama de genes que pueden ser introducidos en el material genético de otro organismo con un buen nivel de precisión. Como la expresión de las características de un organismo depende de su acabado genético final, es previsible que, al presentarse combinaciones genéticas entre diferentes especies, se generen nuevos individuos para los cuales se carece de experiencia sobre su comportamiento ambiental. La analogía entre la liberación al ambiente de una especie exótica natural y otra transgénica radica en que frecuentemente con la primera se introducen en el medio varias características nuevas, mientras que con la segunda sólo se introduce una o muy pocas características nuevas, seleccionadas para conferirle ventajas al organismo y que corresponden a aquellas que han sido manipuladas mediante la ingeniería genética.

La ingeniería genética está dejando de ser, a velocidad alarmante, una técnica experimental de laboratorio, para convertirse en un proceso comercial, mediante el cual el material genético

puede ser transferido entre organismos de especies no relacionadas, una habilidad de la cual se ha apropiado la industria como un método para introducir nuevas características en las plantas, animales y microorganismos.

La técnica del ADN recombinante ha contribuido mucho, en particular a la comprensión de los mecanismos genéticos de las plantas en el ámbito molecular. Además, en manos de los fitomejoradores, genetistas, fisiólogos, bioquímicos, patólogos y biólogos moleculares, estas técnicas pueden ayudar a la identificación y manipulación eventual de genes individuales y múltiples que controlan funciones importantes en la planta; sin embargo, esta tecnología ha despertado controversia desde los puntos de vista científico, socioeconómico, ético y religioso.

La comunidad internacional ha manifestado bastante preocupación por la liberación al ambiente de plantas tolerantes a herbicidas de amplio espectro, como el glifosato (Round Up), la fosfotricina (PTT) y el glufosinato (Basta). Además, existe el temor de que esta resistencia se pueda transferir a especies silvestres, con lo que eventualmente podrían generarse supermalezas resistentes al control químico conocido².

Los principales factores que se han de considerar en relación con el uso de plantas transgénicas son los siguientes:

- **Religiosos:** Correspondientes al consumo de OVMs que poseen genes de animales que tienen restricción religiosa.
- **Éticos:** Referentes al uso de OVMs que contienen copias de genes humanos. Similar objeción se aplica a los grupos humanos vegetarianos, en relación con copias de genes de origen animal incorporados a plantas.
- **Políticos:** Relacionados con el desarrollo nacional o las decisiones internas de los países.
- **Socioeconómicos:** Referidos al temor de que el carácter privado de los dueños del desarrollo de estas tecnologías pueda afectar a los países más pobres, substituyendo sus productos básicos de exportación.
- **Ecológicos:** Relacionados con la creación de nuevas malezas, el daño a especies no objetivo, el rompimiento del equilibrio poblacional en comunidades bióticas y ecosistemas, la pérdida y el deterioro de los recursos genéticos y la homogeneización de los cultivos.

Por otra parte, desde la perspectiva agrícola el uso de cultivos transgénicos puede tener impactos en la creación de nuevas malezas, en el daño a especies no objetivo, en el rompimiento del equilibrio poblacional en comunidades bióticas y ecosistemas, en la pérdida y el deterioro de recursos genéticos y en la homogeneización de los cultivos, entre otros factores. Algunas consideraciones relevantes se destacan en los párrafos siguientes:

² Artunduaga 1995a.

4.1. Creación de nuevas malezas

Este apartado se refiere tanto a la creación de nuevas malezas como a la potenciación de las cualidades de las ya existentes, mediante la hibridación de plantas transgénicas resistentes, por ejemplo a herbicidas, con especies relacionadas, cultivadas o silvestres, o mediante introgresiones de genes construidos que inducen cualidades precoces en poblaciones de malezas silvestres.

El control convencional de las malezas que reducen la productividad de los cultivos se puede lograr parcialmente, en la mayoría de los casos, aplicando productos químicos de toxicidad muy específica para ciertas especies. Esos productos tienen diversos problemas, como el hecho de que perduran largo tiempo en el ambiente, lo que genera resistencia en las malezas y contamina los suelos de los campos agrícolas, así como los ríos, las lagunas y los mantos acuíferos a los que drenan las aguas provenientes de los campos. Además, estos herbicidas implican, en muchos casos, peligros para la salud humana y para muchas de las especies silvestres que habitan en torno a los campos agrícolas o en los cuerpos de agua contaminados.

Mediante la investigación se han desarrollado herbicidas que permanecen menos tiempo en el ambiente, que se degradan rápidamente en el suelo, que contaminan menos y que tienen beneficios ambientales. Estos nuevos herbicidas son de muy amplio espectro, por lo que también afectan al cultivo; por ello es que se requiere desarrollar variedades resistentes al herbicida. La introducción de genes que dan a los cultivos tal resistencia es una de las líneas de producción de OVMs más intensa en este momento.

Sin embargo, la aplicación de los herbicidas de amplio espectro no sólo elimina malezas, sino también muchas otras plantas benéficas que son esenciales para la conservación de los suelos y la diversidad florística de los agroecosistemas. Esto ya ha sido documentado en Estados Unidos, donde las especies del género *Asclepias*, de las cuales se alimenta la mariposa Monarca, han visto disminuido drásticamente el tamaño de sus poblaciones, debido al uso de herbicidas de amplio espectro. Este es un tipo de riesgo producido indirectamente por el uso de un OVM.

En 1986 se iniciaron las primeras liberaciones de plantas transgénicas, las cuales las empresas agroquímicas han estado probando en todo el mundo. En 1989, por ejemplo, Monsanto realizó por primera vez en Estados Unidos y Puerto Rico una prueba de campo con soya transgénica resistente al herbicida *Round Up*. Desde 1991, esta planta ha sido probada en Argentina, Costa Rica y República Dominicana. En junio de 1994, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) aprobó su ingreso en el mercado. Monsanto también ha estado realizando pruebas de campo con algodón transgénico en Estados Unidos desde 1989, y en Belice y Costa Rica desde 1992.

Desde 1989, Calgene ha estado probando algodón transgénico en Estados Unidos y Argentina, y en Bolivia a partir de 1991. En 1992, el USDA aprobó la comercialización de algodón transgénico tolerante al herbicida Bromoxynil de Calgene. El tomate transgénico "*Flav Saur*" se está comercializando en Estados Unidos desde mayo de 1994.

Ciba Geigy realizó las primeras pruebas de campo con maíz transgénico en 1991 en Estados Unidos y Argentina, en 1992 en Francia e Italia y en 1993 en Nueva Zelanda. En agosto de 1994, Ciba Geigy presentó a la Agencia de Protección al Medio Ambiente (EPA) de Estados Unidos una solicitud para registrar dicho material.

Los organismos transgénicos, igual que los demás seres vivos, tienen la capacidad para reproducirse. Una vez que entran en el ambiente, es imposible recuperarlos. Eventualmente pueden representar una amenaza ecológica que se podría incrementar con el paso del tiempo. Los organismos no respetan las fronteras geopolíticas, y el creciente tráfico y comercio internacional aumentan las posibilidades del movimiento transfronterizo de éstos.

Entre los cultivos modificados para resistir a herbicidas, se incluyen la batata, el tomate, la colza, el algodón, el maíz, la soya, el tabaco y algunas hortalizas. Se espera que el desarrollo de la tolerancia a herbicidas conduzca a un incremento en la utilización de estos cultivos en la agricultura, ya que en ellos los herbicidas podrán ser aplicados más frecuentemente y en mayores dosis y concentraciones.

Algunos ejemplos de la tolerancia a herbicidas son:

- *Glifosato (Round Up)*. Este herbicida es fabricado por la multinacional Monsanto. Es un producto de amplio espectro que se utiliza para el control de malezas. Es tóxico para la mayoría de los cultivos y, dada su acción sistémica, se aplica sobre el follaje de las especies que se han de controlar. Se han realizado pruebas de campo en los siguientes cultivos transgénicos: maíz, algodón, colza, nabo sueco, soya, remolacha, tabaco, nabo forrajero y tomate³.
- *Fosfotricina (PTT) y glufosinato (Basta)*. Fabricados por Hoechst, son herbicidas de amplio espectro, tóxicos para los microorganismos del suelo. Entre los cultivos modificados resistentes al Basta con los cuales se han realizado pruebas de campo, se encuentran la alfalfa, la coliflor, la achicoria, el maíz, la remolacha, la colza, el álamo y el tomate⁴.
- *Bromoxynil*. Fabricado por Rhône Poulenc, estudios realizados lo sitúan como teratogénico (causa malformaciones congénitas en animales de laboratorio). Entre los cultivos resistentes al Bromoxynil que han sido probados en el campo, se encuentran el algodón, la papa, la batata, la colza, el tabaco y el tomate.⁵

³ ATSAF 1994.

⁴ Greenpeace 1994.

⁵ OECD 1994, Fielding *et al.* 1992.

4.2. Daño a especies no objetivo

Los insectos plagas que se alimentan de las plantas o de sus frutos y semillas representan uno de los grandes factores adversos para la productividad de la agricultura. Entre los cultivos que en la actualidad presentan mayor problema, se halla el algodón, aunque el problema no es menor en los granos y frutales.

Muchos cultivos requieren la aplicación frecuente de altas dosis de insecticidas para controlar las plagas que los atacan. Los insecticidas químicos no discriminan entre insectos dañinos y benéficos, además de que muchos permanecen largo tiempo contaminando el medio ambiente. Esto tiene graves consecuencias para la ecología y la salud humana. Ya se han desarrollado plantas transgénicas que producen sus propios insecticidas biológicos, los cuales afectan solamente a ciertas especies de insectos que se alimentan de ellas; además, tales sustancias son biodegradables y han mostrado no ser tóxicas para otros animales y para el hombre.

Sin embargo, las poblaciones de plagas de los cultivos evolucionan rápidamente y suelen desarrollar resistencia a los insecticidas. Con los cultivos transgénicos que producen su propio insecticida, se introduce un cambio de intensidad selectiva muy importante. El insecticida está presente durante toda la temporada, lo que aumenta la presión de selección en favor de que las plagas desarrollen la resistencia. Estas mismas toxinas pueden causar otro tipo de daño, por cuanto la concentración de las endotoxinas no es igual en todas las especies ni en todas las partes de la planta ni en todos los ambientes; asimismo, no todos los individuos insectiles consumen la misma cantidad, pudiendo por ello inducir niveles de tolerancia o resistencia en insectos plaga (especie objetivo).

La aparición de algunos insectos resistentes a los insecticidas biológicos Bt en tiempos cortos ya ha sido demostrada. El costo comercial de este proceso es que disminuye el tiempo de vida útil del OVM. Por ello los países y las empresas requieren que al sembrar cultivos transgénicos Bt se establezcan medidas que minimicen la aparición de insectos resistentes. Ante este fenómeno se desarrollan nuevos OVMs con otras toxinas más fuertes, iniciándose, de esta manera, una competencia por sobrevivir entre las plagas y los nuevos cultivos, la cual, en el largo plazo, ganarán las plagas, tal como lo demuestra la historia de la agricultura.

Las multinacionales Dow Elanco, Up John, Zeneca, Ciba-Geigy, Monsanto y Calgene, entre otras, están en proceso de desarrollar, mediante técnicas de ingenierías genéticas, variedades resistentes a insectos y enfermedades. Muchos cultivos han sido modificados para incorporar una toxina del *Bacillus thuringiensis* (Bt) que es venenosa para insectos plaga. Los códigos genéticos de estas toxinas se han transferido a tomate, maíz, algodón, tabaco y papa, lo que ha reducido apreciablemente el número de aplicaciones convencionales de insecticidas. Ello ha traído un beneficio ambiental, a pesar de que el uso de estas plantas no implica la eliminación total de la necesidad del insecticida.

Estos desarrollos parecen atractivos y deseables, dada su potencialidad de proveer a las plantas producto de estas tecnologías ventajas respecto a los cultivares nativos. Sin embargo, ello eleva las probabilidades de que las nuevas plantas invadan los ecosistemas que las rodean y

de que puedan, eventualmente, apoderarse en forma total del ecosistema y uniformizarlo, afectando de este modo la variabilidad genética.

No se conoce el efecto de las endotoxinas en la población de insectos y aves benéficas. Es importante estudiar su efecto a largo plazo sobre el consumo humano⁶.

La Sociedad Americana de Entomología (ESA) ha destacado el tema de las plantas transgénicas en relación con los beneficios y peligros potenciales de los OVMs resistentes a insectos. Por ser la ESA una organización fundada en 1889 y que agrupa a más de 9000 entomólogos de los sectores universitarios público y privado de Estados Unidos y Canadá, entre ellos reconocidos investigadores y científicos, se considera importante transcribir los principales puntos de la posición oficial de la Sociedad en relación con las plantas transgénicas resistentes a insectos:

- Las plantas transgénicas que producen sustancias insecticidas son y deben continuar siendo sujetas a un análisis cuidadoso para garantizar su seguridad y minimizar los riesgos ambientales de su liberación.
- El uso de la resistencia por transgénesis no es apropiado para todas las plantas y agroecosistemas, por lo que se requiere un análisis caso por caso de los riesgos y beneficios, previo a su liberación para uso comercial de las mismas.

4.3. Rompimiento del equilibrio poblacional en comunidades bióticas y ecosistemas

Otro de los temores que causan las plantas transformadas es el posible desequilibrio poblacional causado por la alteración del patrón de uso de nutrientes, pues podrían agotar, hasta niveles críticos, elementos del suelo necesarios como nutrientes para otras plantas del ecosistema. Se está trabajando para obtener variedades transgénicas capaces de crecer en suelos marginales, degradados o contaminados que no son aptos para las variedades tradicionales. Estos son desarrollos potenciales que aún no se han concretado en productos transgénicos comerciales, pero vale la pena recordar que, mediante métodos tradicionales, ya se han producido híbridos tolerantes a la sequía, la acidez, el aluminio y el bajo contenido de nitrógeno. Este tipo de OVM para condiciones ambientales adversas es más difícil de obtener mediante la biotecnología moderna, ya que la mayoría de estas características está regulada por muchos genes y el funcionamiento genético, metabólico y fenotípico de estos rasgos es aún poco entendido.

El beneficio más evidente de estas tecnologías sería la estabilidad de la producción y de los rendimientos de los cultivos en zonas marginales. También se podrían incorporar a la producción agrícola superficies que hasta ahora no han sido aprovechadas. Éstos son componentes centrales de las estrategias globales para incrementar la producción alimentaria en el planeta.

⁶ Kaveira y Parker 1994.

No obstante, la probable transferencia de este tipo de características a parientes silvestres podría permitir que ampliaran sus áreas de distribución, desplazando a otras especies con las que nunca habían compartido un ambiente específico. La expansión de la frontera agrícola sobre ambientes naturales que hasta ahora han tenido escaso valor productivo podría tener un efecto indirecto negativo sobre la biodiversidad.

Últimamente se han desarrollado plantas resistentes a otras condiciones ambientales adversas, principalmente a las bajas temperaturas, lo que permitiría su cultivo en países con climas más fríos. Al analizar las solicitudes de patentes en este sentido, se pueden observar cultivos como arroz, maíz, batata, ñame, pepino, pimienta verde, berenjena, calabaza, banano, melón, lirio, rosa y tabaco. Normalmente muchas de estas plantas crecen en el Trópico y en climas templados no cálidos, por lo que no se sabe cómo se comportarán estas plantas transgénicas exóticas en un nuevo ambiente.

Sin desconocer las bondades que esta nueva tecnología puede implicar para el aumento de la frontera agrícola o de la producción o productividad agroindustrial en el mundo, no se puede menos que compartir la presunción científica de la importancia de incentivar la investigación y de la necesidad para los países de ALC de iniciar estudios y reglamentaciones que permitan dimensionar el impacto ambiental y socioeconómico de la liberación de estos nuevos productos en nuestro entorno.

4.4. Pérdida y deterioro de los recursos genéticos

La introducción de genes exógenos en especies silvestres, lo cual nunca hubiera sucedido en forma natural, causa una ruptura del equilibrio ecológico y una pérdida de la diversidad genética del ecosistema. En la actualidad ya se han desarrollado OVMs que producen mayores concentraciones de aceites, almidones, proteínas y otros compuestos químicos que incrementan el valor nutricional o la eficiencia de los procesos agroindustriales. También se han introducido genes que modifican o crean rutas metabólicas en el cultivo para producir compuestos de utilidad alimentaria, industrial o farmacéutica. Un ejemplo, dentro de los cultivos tropicales, es el plátano, el cual ha sido transformado para producir vacunas que permitirán la inmunización en poblaciones humanas a ciertas enfermedades.

Algunos de estos OVMs pueden hacer mucho más eficientes los sistemas agroindustriales que utilizan las cosechas para la producción de nuevos productos, ya que incrementan o estabilizan la concentración de la sustancia de interés o crean nuevas fuentes de la materia prima en cuestión.

La generalidad de estos casos hace difícil identificar riesgos específicos. Sin embargo, el flujo de este tipo de genes a especies silvestres evidentemente modificaría su biología; las posibles consecuencias de estas modificaciones deben evaluarse caso por caso de manera muy cuidadosa. Muchos de los riesgos potenciales se relacionan con la alteración del genoma de las especies silvestres mediante la *introgresión* con plantas transgénicas. Introgresión es la hibridación entre una especie silvestre y una planta transgénica, seguida por sucesivos ciclos de cruzamiento entre la progenie híbrida y las especies no transgénicas. Este proceso conduce a tener en cierta forma un nuevo tipo de especie silvestre, con las características del cultivo transgénico del cual se originó.

La probabilidad de introgresión acumulada en el tiempo es, por consiguiente, un factor crítico que se debe considerar en la introducción de un organismo y en el análisis de su efecto en el ecosistema.

- Los efectos de la introgresión, que potencialmente pueden influir en cambios a largo plazo en las densidades poblacionales, en los disturbios en el equilibrio de nutrientes, así como en las poblaciones de insectos o de fauna, son difíciles de establecer, sin haber realizado investigaciones y haber dado seguimiento al proceso. Por tal razón, cuando no se realizan monitoreos oportunos y sistemáticos, la contaminación genética en la población de plantas silvestres o los daños que han ocurrido en la fauna se hacen perceptibles cuando ya han alcanzado gran magnitud.
- Respecto al efecto de la introducción de plantas producidas por mejoramiento convencional a un ecosistema, son escasas las referencias en la literatura científica, quizás porque se pasaron por alto las posibles consecuencias adversas para el ambiente de la probable hibridación entre los materiales mejorados y los del agricultor o las especies silvestres relacionadas. Para ilustrar esta situación en el ámbito local, se puede mencionar el caso de la introgresión genética en maíces criollos, registrado por Arboleda y otros⁷, quienes verificaron que las características de estos materiales difieren de las que éstos presentaban hace 20 ó más años.
- Las referencias de posibles hibridaciones entre plantas transgénicas y especies silvestres relacionadas son aún escasas en la literatura. Las condiciones que se deben presentar para que este proceso ocurra son varias; sin embargo, se pueden señalar aspectos claves, tales como: a) la coexistencia del cultivo transgénico y de especies silvestres relacionadas en la misma área geográfica; b) las plantas del cultivo transgénico y las silvestres deben ser sexualmente compatibles; c) ambas poblaciones de plantas deben tener épocas de floración coincidentes; d) la transferencia de polen de las plantas transgénicas a las silvestres debe darse mediante la actuación de un medio de transporte, como el hombre, animales, vectores o el viento.
- En la liberación de microorganismos transformados al ambiente, el desconocimiento sobre su impacto y la incertidumbre son aún mayores, por cuanto éstos han sido poco caracterizados, son de más difícil control una vez liberados e involucran un gran número de individuos, aun en experimentos de pequeña escala.

El control de las enfermedades en los vegetales constituye uno de los grandes retos de la agroindustria. Éstas tienen un amplio espectro que va desde las altamente patógenas que acaban con los cultivos hasta otras menos agresivas que pueden modificar la apariencia del fruto, disminuyendo, de esta manera, su valor de mercado o creando problemas fitosanitarios en los procesos de agro-exportación.

Existe la posibilidad de crear nuevos patógenos, ya que un gen utilizado para obtener plantas resistentes a un virus podría “recombinarse” con los genes de otras poblaciones de virus semejantes. Esto podría dar lugar a nuevas enfermedades. Estos procesos de

⁷ Comunicación verbal del fitomejorador José Ever Vargas, del Programa Nacional de Maíz y Sorgo del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

recombinación ocurren naturalmente, ya que es común observar infecciones virales múltiples en una sola planta; por lo tanto, se estima que las plantas transgénicas podrían acelerar este proceso de recombinación sin generar nuevas razas o tipos de virus. ¿Qué tan equivalente es la recombinación natural entre virus silvestres y la que ocurre entre éstos y el material transgénico? Este tipo de preguntas sólo podrá responderse mediante monitoreo e investigación.

4.5. Homogeneización de los cultivos

La producción comercial a gran escala, basada tanto en materiales híbridos como en OVMs, produce una intensa uniformidad genética en los cultivos. Las variedades comerciales tradicionales, cuando se siembran en gran extensión, pueden ser muy vulnerables (variabilidad genética estrecha) a la aparición de plagas y enfermedades, debido a su homogeneidad genética. Esta vulnerabilidad puede elevar la probabilidad de que sucedan siniestros agrícolas o pérdidas de las cosechas debido a patógenos o insectos. En el caso de los OVMs, la susceptibilidad a plagas y enfermedades estará relacionada en proporción con la uniformidad genética del cultivo transgénico.

Dentro de los propósitos de lograr la producción agrícola sostenible en el largo plazo, existen aspectos que se han de considerar, pues de una parte la reducida base genética hace vulnerables los cultivos agroindustriales, pero al mismo tiempo está asociada a la productividad y a la homogeneidad formal de los productos que exigen los mercados globales. En los sistemas agrícolas tradicionales y en las colecciones *ex situ* de germoplasma, se conserva la variación genética que se requiere para enfrentar los costos de la homogeneidad. Nuestros países deben avanzar de manera balanceada entre la homogeneidad y la diversidad genética, ya que ninguna de las dos estrategias es viable por sí sola; en estas condiciones los bancos de germoplasma adquieren gran importancia estratégica.

4.6. Consideraciones generales

Las anteriores consideraciones no admiten duda de que la perspectiva ecológica constituye un sólido argumento para la evaluación del impacto ambiental que puede ocasionar la liberación de OVMs.

En resumen, los principales factores de preocupación para el uso de OVMs son los siguientes:

1. La posible creación de nuevas malezas mediante el cruzamiento natural de plantas resistentes a herbicidas con especies silvestres relacionadas, o la generación de insectos plaga resistentes a las endotoxinas de efecto insecticida.
2. El daño a especies no objetivo, como por ejemplo el causado por una planta transgénica resistente a plagas a insectos benéficos o predadores de otras plagas.
3. Los efectos de la alteración del equilibrio poblacional en comunidades bióticas y ecosistemas del entorno, por el desarrollo de especies invasoras que llegan a multiplicarse en tal cantidad que afectan la existencia de otras especies.

4. Los efectos sobre la salud humana debidos al consumo de productos que contienen genes usados como marcadores selectivos en el proceso de producción del transgénico y que, dada su resistencia a antibióticos, causan posibles alergias.
5. La erosión de los recursos genéticos tradicionales o nativos, tanto porque la demanda de los productos nuevos deja a los nativos sin incentivo para su uso, como también porque los nuevos productos aparentemente tienen tantas ventajas que el agricultor deja de sembrar los tradicionales.
6. La homogeneización de los cultivos, que aumenta la vulnerabilidad de éstos a un ataque de nuevas plagas y enfermedades.

5. EL RIESGO Y LOS CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN

Las preocupaciones y las diferencias ya explicadas de modo general fundamentan las razones de investigadores y especialistas, así como de grupos ambientales, para considerar que los organismos mejorados mediante métodos convencionales son relativamente seguros, mientras que los transgénicos, debido a la naturaleza de la modificación, con el tiempo pueden afectar el equilibrio de los ecosistemas. Es comprensible, entonces, que la perspectiva ecológica provea una base amplia y sólida para la evaluación del riesgo y la regulación de la bioseguridad.

Dadas las radicales diferencias de las posiciones (grupos que consideran que los productos transgénicos deberían prohibirse y otros que consideran que son absolutamente inocuos y que, por lo tanto, su comercialización no debe tener ningún control) se considera que el posicionamiento más sano es aquel que propende por un análisis caso por caso con una participación colegiada y hasta que se tenga suficiente experiencia sobre sus efectos. Esta posición es asumida por la Comunidad Europea, los Estados Unidos y gran parte de los países industrializados.

En este contexto, el *riesgo* se define como la incertidumbre frente a una amenaza potencial para el ambiente, al permitirse el manejo y la liberación en éste de plantas transgénicas. La probabilidad de ocurrencia del evento y la magnitud del impacto se presumen desconocidos.

El riesgo se expresa en términos cuantitativos y responde a la ecuación básica: $\text{Riesgo} = \text{probabilidad de ocurrencia del evento} \times \text{magnitud del impacto}$. La realización de evaluaciones científicas de los riesgos es la forma práctica de aproximarse con un enfoque de precaución a los posibles efectos ambientales de los OVMs. El tema de la bioseguridad relativa a un OVM tiene muchas aristas pero sin duda, desde la perspectiva ecológica y agrícola, el punto central es el proceso de toma de decisiones que puede llevar a prohibir, vetar o postergar la liberación al medio ambiente de un OVM o a autorizar su liberación en el marco de ciertas condiciones que luego pueden llevar a su desregulación.

Es de vital importancia entender que los riesgos para la diversidad biológica no son invariables e inherentes al OVM ni a la tecnología utilizada para producirlos. Es decir, un maíz con tolerancia a herbicidas puede presentar un riesgo ambiental bajo en Canadá, pero puede tener un alto riesgo en regiones donde el teocintle, pariente cercano del maíz, crece mezclado

en las milpas. Por esta razón, las evaluaciones de riesgo deben realizarse caso por caso y considerar el organismo parental, la modificación genética introducida, el medio ambiente receptor y la capacidad de identificar y manejar los riesgos.

La decisión de liberar al medio ambiente debe valorarse caso por caso, con fundamentos científicos sólidos y de manera colegiada, cuidadosa, profesional y ética. Es importante entender que los riesgos que se decidan asumir deben ser adecuadamente balanceados y superados por los beneficios productivos, económicos y ambientales en el ecosistema. Para realizar valoraciones integrales de este tipo, se requiere que las políticas de desarrollo biotecnológico en el campo se articulen con las políticas agrícolas y ambientales relacionadas con la bioseguridad.

La información requerida para realizar el análisis de riesgo estaría conformada por las siguientes variables:

- **Caracterización del OVM:** Biología del organismo original (por ejemplo, la variedad comercial de maíz), la identidad y la distribución de los parientes silvestres, la compatibilidad de sus sistemas reproductivos, el detalle de las modificaciones genéticas introducidas, la estabilidad de la nueva construcción genética y las consecuencias fenotípicas conocidas o esperadas.
- **Intención de uso:** Producción, propagación, experimentación, “biorremediación”, control biológico o procesamiento industrial para consumo. El aspecto central es averiguar si el uso implica una liberación intencional al medio ambiente, si ésta puede suceder accidentalmente o si es imposible o improbable que suceda.
- **Medio ambiente receptor:** Si se prevé una liberación al medio ambiente, se debe conocer la ecología del lugar, el sistema productivo (la intensidad de manejo y control del cultivo), la presencia en la región de especies silvestres emparentadas con el OVM y las posibilidades de “escape” o aislamiento del OVM.
- **Capacidad de manejar riesgos:** Al conocerse la información de los tres incisos anteriores, se pueden identificar y estimar los riesgos más evidentes. Es entonces cuando se evalúa si existe la capacidad regulatoria, técnica, financiera y ecológica para manejar satisfactoriamente los riesgos, de modo que se eviten o se disminuyan al mínimo posible.

6. MARCOS NORMATIVOS

6.1. Legislaciones nacionales

América Latina y el Caribe (ALC) es la región que ocupa el primer lugar en diversidad biológica en el planeta. La cuenca amazónica alberga, por sí sola, más de 90 000 diferentes especies de plantas superiores, 950 de aves, 300 de reptiles, más de 3000 de peces y cerca de 500 000 diferentes especies de insectos; sin embargo, toda esta riqueza está amenazada por la paulatina destrucción y degradación de los bosques húmedos tropicales, praderas, arrecifes, humedales y otros hábitat naturales de las diferentes formas de vida.

Por otra parte, ALC es uno de los centros de origen y domesticación de numerosas plantas que han servido de alimento a la humanidad; entre ellas se destacan la papa (*Solanum tuberosum*), la batata (*Ipomoea batatas*), el maíz (*Zea mays*), el tomate (*Solanum sp.*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la yuca (*Manihot esculenta*), el maní (*Arachis hypogaea*), la piña (*Ananas comosus*), el cacao (*Theobroma cacao*), el ají (*Capsicum pubescens*), la papaya (*Carica papaya*) y la mora de castilla (*Rubus glaucus*).

Esta biodiversidad no sólo es la materia prima básica para las industrias farmacéutica y de alimentos, sino también un recurso indispensable para que los agricultores puedan seleccionar y cultivar especies que se adapten a sus propias necesidades productivas, ecológicas y culturales.

Los desafíos y las oportunidades para los países de ALC son grandes, dada la alta participación, en muchos de ellos, del sector agropecuario en la estructura del producto interno bruto (PIB). Además, son dueños de una rica base de recursos naturales de flora, fauna y microorganismos esenciales y estratégicos para obtener nuevos productos para la industria farmacéutica y de alimentos.

Las tendencias del desarrollo global, regional y nacional serán indudablemente influenciadas por el surgimiento de las nuevas biotecnologías. La comercialización de los productos modificados genéticamente mediante las técnicas biotecnológicas, no sólo facilitará sensiblemente el aumento de la producción y la productividad, sino que también alterará las características mismas de la oferta agrícola.

La aplicación de estas nuevas tecnologías puede eventualmente causar desequilibrios de carácter socioeconómico, institucional y ecológico. El impacto de algunos de ellos podrá ser evitado mediante compromisos internacionales, jurídicamente vinculantes, como el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena, que se está negociando entre los países que hacen parte del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Otros desequilibrios serán más difíciles de controlar, como puede ocurrir con la sustitución de cultivos tropicales exportables por sucedáneos producidos en otras zonas climáticas.

Los beneficios de los significativos impactos, en la producción y productividad, de los cultivos transgénicos que se han desarrollado comercialmente se han reconocido, pero también hay fuertes controversias sobre sus probables impactos adversos en los recursos naturales, el medio ambiente, el comercio y la salud humana.

En el mundo existen 52 países que poseen legislación sobre bioseguridad. Dentro de éstos, los países de ALC se pueden clasificar en dos grandes grupos: aquellos que cuentan con legislación vigente y los que no la tienen.

En el primer grupo hay diferencias en cuanto al ámbito de la legislación. La de algunos es amplia y cubre plantas, animales y microorganismos transgénicos, como son los casos de Argentina (Resolución 124/91), Brasil (Ley N° 8974/95), Cuba, México (Norma Oficial Mexicana 056-FITO/95) y Perú (Ley 27104 del 12 de mayo de 1999). En los demás, el ámbito de la legislación abarca solamente plantas: Costa Rica, Colombia (Resolución 3492/98), Chile (Resolución 1027/93), Paraguay y Uruguay. Una subdivisión del primer grupo alude a la

característica de aplicar su accionar principalmente como "winter nurseries": productores de semillas de cultivos transgénicos para exportación a los países de la región templada, tal es el caso de Chile, Costa Rica y Uruguay.

La legislación de todos los países analizados cubre la investigación y el desarrollo de ensayos en invernaderos y en campos experimentales, con excepción de Colombia y Uruguay, cuya legislación no cubre la investigación en laboratorio. Para el caso de la comercialización de productos, las regulaciones de los países son específicas, excepto las de Colombia y Uruguay.

Frente al tema del establecimiento de legislaciones específicas para el tema de la bioseguridad, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba y Perú lo hicieron en cumplimiento del mandato del CDB, mientras que otros países, tales como Chile, Costa Rica y Uruguay, adaptaron las legislaciones existentes en los campos de semillas y sanidad agrícola.

En lo referente al órgano colectivo que conforman las Comisiones o Consejos de Bioseguridad, todas son de carácter asesor, con la excepción de la Comisión Técnica de Bioseguridad (CTNbio) de Brasil, que es de carácter vinculativo; es decir, la última decisión la toma el Ministro de Agricultura, quien es el único que puede autorizar la siembra comercial de cultivos transgénicos. Sin embargo, el Ministro no puede autorizar ninguna siembra comercial, sin la decisión final y previa de la CTNbio. Con respecto a la jerarquía de las regulaciones, éstas son leyes (Brasil, Costa Rica, Chile y Cuba), decretos (Argentina) y resoluciones (Colombia y Uruguay).

En cuanto al segundo grupo, entre los países de ALC sin legislación específica al tema de la bioseguridad, se encuentran, entre otros, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Venezuela y la mayoría de los países caribeños.

Para estudiar y analizar el uso seguro de OVMs, debe comprometerse la participación y la acción de diferentes instancias: los ministerios de agricultura, de salud, de medio ambiente y de comercio exterior; las entidades adscritas a éstos; y los representantes de la comunidad científica, la sociedad civil, los productores agropecuarios, las organizaciones no gubernamentales (ONGs), los consumidores, los ambientalistas y las empresas comerciales.

Dentro del anterior contexto, corresponde a las instituciones nacionales competentes desarrollar las capacidades institucionales que permitan la evaluación y el manejo de los riesgos asociados con la introducción, la exportación, el manejo y el comercialización de organismos transgénicos.

Dado lo expuesto anteriormente, los países deberán continuar desarrollando y perfeccionando, en forma dinámica, decidida y consistente, los instrumentos regulatorios existentes, en congruencia con los convenios internacionales sobre el tema que ya hayan suscrito o que suscriban en el futuro, con el fin de prevenir o minimizar los posibles riesgos derivados del manejo y el uso de productos transgénicos en nuestros ecosistemas.

Si se tiene en cuenta que el área sembrada con la mayoría de los cultivos convencionales es mayor en los países en desarrollo que en los industrializados (14.5 veces mayor la de arroz, tres veces mayor la de algodón, dos veces mayor la de maíz, y casi toda el área sembrada de yuca y

batata), se puede inferir que en los próximos años las compañías multinacionales productoras de semillas intensificarán su interés en aumentar la demanda por sus cultivos transgénicos en estas latitudes.

Este incremento en la producción y uso de plantas transgénicas en el mundo permite predecir que, a pesar de algunas consideraciones de tipo ético, político, económico o ambiental, en los próximos cinco años más del 80% de las áreas sembradas comercialmente con los principales cultivos será con variedades transgénicas de éstos. Los países de la Región deben aprovechar tales productos; si no desean rezagarse en el desarrollo tecnológico, pero lógicamente también deben hacer una evaluación técnica y objetiva de los posibles riesgos para la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria que implica su introducción en nuestros ecosistemas tropicales.

Es importante destacar que en los países de ALC, principalmente en los del ecosistema tropical, es necesario desarrollar investigaciones que permitan conocer las formas de expresión y la estabilidad de los genes incorporados en nuestros ecosistemas. También deben realizarse estudios sobre la botánica y la distribución geográfica de las especies de las que somos el centro de origen, así como sobre las bases técnicas en que se deben fundamentar los estudios de evaluación y manejo del riesgo para la salud humana, el medio ambiente y la producción agropecuaria, cuando se solicite la introducción, la producción y la comercialización de plantas transgénicas. Llevar estas estrategias a la práctica requiere infraestructura, personal capacitado y monitoreo adecuado de los campos, a fin de identificar tempranamente los problemas potenciales.

La adopción de biotecnologías y el aumento de su uso han venido dinamizándose en ALC en los últimos años. Uno de los puntos de referencia usados para medir los progresos de la agricultura biotecnológica es la cantidad de ensayos de campo que se ha realizado en cultivos transgénicos, estimada aproximadamente en 870 en los últimos tres años. Sin embargo, los cultivos transgénicos destinados a los agroecosistemas latinoamericanos, con pocas excepciones, han sido desarrollados en los países industrializados del Norte.

Como un reflejo de las tendencias mundiales, en la Región se observa un proceso de adquisiciones y fusiones de empresas nacionales productoras de semillas por parte de las compañías multinacionales. Ello se agudiza con el paulatino debilitamiento de las instituciones estatales dedicadas al desarrollo científico y tecnológico agropecuario, lo cual, como es natural, hace más vulnerable la capacidad de los países para agregar un valor a los cultivos autóctonos, pues las prioridades de estos grupos internacionales se enfatizan en comercializar los productos desarrollados en el país sede de su casa matriz. Es claro que se debe tener en cuenta que los cultivos que están siendo genéticamente modificados internacionalmente hacen parte del comercio mundial de productos para la alimentación y la agroindustria.

Asimismo, la mayoría de las fusiones de las compañías multinacionales productoras de agroquímicos con empresas de semillas no sólo tienen como objetivo lograr un mayor control de los derechos de propiedad intelectual, sino también utilizar el germoplasma tropical para transferir genes simples y, de esta manera, agregarles valor a cultivos que han sido adoptados localmente, después de más de 30 ó 40 años de investigación por parte de los institutos nacionales de investigación. Es en este aspecto en el que los países de ALC deben estudiar

formas jurídicas que les permitan conservar sus derechos de propiedad intelectual y contar con mecanismos de acceso a sus recursos genéticos.

6.2. Protocolo de bioseguridad

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), adoptado el 22 de mayo de 1992, entró en aplicación en diciembre de 1993; ya lo han firmado y ratificado 174 países. Su artículo 19.3 establece que “los países parte considerarán la necesidad y modalidades de un protocolo jurídicamente vinculante que regule procedimientos en el campo de la transferencia, manejo y uso de OVMs que puedan tener un efecto adverso en la biodiversidad y sus componentes”.

6.2.1. Desarrollo del protocolo

La primera conferencia de los países partes del convenio (COP 1), celebrada en Nassau, Bahamas, a finales de 1994, conformó un grupo de 15 expertos, para que estudiaran la necesidad y las modalidades de un protocolo jurídicamente vinculante y recomendaran su adopción si fuese del caso.

El grupo de expertos se reunió nuevamente en mayo de 1995 en El Cairo, Egipto, y recomendó a los países parte del CDB desarrollar un marco jurídico internacional, en que se incluyeran todas las actividades relacionadas con OVMs que pudieran tener efectos adversos en la biodiversidad. Se previó que este documento contendría los siguientes componentes:

- Movimientos transfronterizos de OVMs
- Liberación de éstos en centros de origen o de diversidad genética
- Mecanismos para la evaluación y el manejo de riesgos
- Procedimientos del Acuerdo Fundamentado Previo
- Intercambio de información
- Definición de términos
- Consideraciones socioeconómicas
- Indemnización y compensación
- Aspectos financieros

Este informe se discutió y aprobó en Madrid en julio de 1995.

La segunda reunión de los países parte del CDB realizada en Yakarta, Indonesia, en noviembre de 1995, estableció un grupo de trabajo de composición abierta, al que se le encargó elaborar las modalidades de protocolo, con base en los elementos del informe de El Cairo aprobado en Madrid, con alcance únicamente en los movimientos transfronterizos de OVMs. De esta forma, se restringe el compromiso internacional del CDB que en su artículo 19.3 se extiende a los campos de “la transferencia, manejo y uso de OVMs, que puedan tener un efecto adverso en la biodiversidad y sus componentes”.

El proceso de negociación del CDB y, a su vez, de un Protocolo de Bioseguridad se hace en términos de consenso. Dado que en la práctica es muy difícil armonizar las regulaciones

nacionales de cada uno de los países parte, se abrió paso a la idea de dejar la regulación nacional al ejercicio soberano de cada país.

Lo anterior significa que la acción de evitar y minimizar los riesgos potenciales para la biodiversidad y sus componentes que implican la transferencia, el manejo y el uso de los OVMs solo podrá ser eficiente, si los países que firman el Protocolo de Bioseguridad, especialmente los “megabiodiversos” (potenciales importadores de tecnología), tienen la capacidad institucional interna requerida para la supervisión, la ejecución y el seguimiento de los estudios que conlleven este objetivo.

El Protocolo de Bioseguridad pretende regular, desde el punto de vista técnico, los movimientos transfronterizos de OVMs, entre otros aspectos. Muchas de las posiciones asumidas por los países encierran un trasfondo de intereses estratégicos, económicos y políticos.

Dentro del proceso de negociación del Protocolo, se presentaron algunas tendencias claras de agrupamiento: las de los países industrializados (como potenciales exportadores de tecnologías); las de los países ricos en diversidad biológica (a los cuales se les estima en un futuro como importadores de OVMs); el grupo de países que están en el proceso de desarrollar su industria biotecnológica; y aquellos países con desarrollo científico y tecnológico incipiente, ricos en biodiversidad; y con una posición moderada, los cuales podrían llegar a constituir los núcleos aglutinadores del consenso.

El Grupo de Trabajo de Preparación del Protocolo celebró varias reuniones previas: la primera en Aarhus, Dinamarca en 1996 y las otras cinco en Montreal, Canadá. En estas reuniones se discutieron los capítulos que debería contener el Protocolo y se avanzó en la elaboración de un texto borrador consolidado, el cual sería la base para la negociación.

La sexta reunión se llevó a cabo en Cartagena, Colombia, del 14 al 19 de febrero de 1999. Acto seguido se realizó la Primera Reunión Extraordinaria de la Conferencia, en la cual se tenía previsto adoptar el Protocolo para posteriormente abrirlo a la firma de los países. A estas reuniones asistieron delegaciones de 134 países y un número significativo de observadores. Para la negociación los países se agruparon así: Unión Europea (UE); el Grupo de Miami (Estados Unidos, Canadá, Australia, Argentina, Chile y Uruguay); el Grupo *Like-Minded* (China y los países en desarrollo de África, Asia, América Latina y el Caribe, con excepción de México, Argentina Chile y Uruguay); Europa Central y Oriental; y el Grupo de Compromiso (Suiza, Noruega, Nueva Zelandia, México, Japón y Corea del Sur).

Como se observa, la conformación de los grupos no se constituyó sobre la base de la tradicional división entre el Grupo de los 77 (G-77) y China, los países desarrollados y los países con economías en transición. El agrupamiento de Argentina, Chile y Uruguay con Estados Unidos impidió que el Grupo de América Latina y el Caribe (GRULAC) tuviera una posición coordinada y que el G-77 y China desempeñaran la vocería de los países en desarrollo.

6.2.2. Tendencias y posicionamientos

Como se comentó anteriormente, una de las dificultades del proceso de negociación ha sido la modalidad establecida de la aprobación por consenso, lo que significa que con sólo que una delegación presente objeciones a un artículo, éste no puede ser aprobado. La mecánica para solucionar ese problema ha llevado a la conformación de grupos de países con intereses comunes.

Además, en la configuración de los grupos se reflejan las posiciones generales sobre los temas. En el Grupo de Miami, por ejemplo, predomina el interés comercial, dado que está constituido por países exportadores de productos agrícolas; en los países en desarrollo del Grupo *Like-Minded* prevalece, en cambio, el interés ambiental y social, debido a que la biodiversidad del planeta se concentra en ellos. La UE, por su parte, ha asignado igual prioridad a los dos aspectos, aun cuando ha estado más inclinada a lo social. Los demás grupos muestran una mayor flexibilidad en sus posiciones.

Los países en desarrollo, como impulsores del Protocolo desde cuando esta iniciativa fue planteada en el texto mismo del CDB, tenían como prioridades centrales para incluir en el texto las consideraciones socioeconómicas, la creación de capacidades institucionales mediante una efectiva transferencia de tecnología y de recursos financieros, el intercambio de información y una definición clara de los procedimientos de notificación en la importación de los OVMs. En la parte final de la reunión, una vez logrados sus objetivos respecto de los temas antes señalados, se centraron principalmente en conseguir que el ámbito del Protocolo cubriera sin excepciones todos los organismos.

La estrategia del Grupo de Miami estuvo orientada a lograr dos objetivos básicos: la exclusión de los alimentos del ámbito del Protocolo y el ajuste de éste para que las normas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) tuvieran una mayor aplicación en la regulación del comercio de los productos amparados por el Protocolo. Este grupo sostuvo que el Protocolo no debía constituirse en una restricción al comercio, validando de esta forma su posición de países exportadores. Con base en esta consideración, presentaron bastantes enmiendas al proyecto y mantuvieron su posición hasta el final de la reunión, pues sabían que si no se unían al consenso, el Protocolo tenía pocas posibilidades de ser adoptado, por lo que no dudaron en aceptar el costo político que les significaba asumir esta posición.

La posición de la UE estuvo determinada, en gran medida, por las diferencias comerciales que recientemente ha tenido con Estados Unidos, país que ha llevado sus litigios con la UE al seno de la OMC; por ello se dio el interés europeo de eliminar del Protocolo cualquier vínculo a otros tratados multilaterales.

Luego de extenuantes jornadas, que se extendieron durante todos los días de las reuniones, 128 de las 134 delegaciones participantes (el 95%) convinieron la estructura y el contenido completo del Protocolo de Bioseguridad, pero como el Grupo de Miami no se unió al consenso, al final no se logró la adopción del Protocolo.

Es importante destacar que todas las delegaciones, incluido el Grupo de Miami, llegaron a un acuerdo en 24 de los 39 artículos que conforman el proyecto del Protocolo. Las diferencias críticas estuvieron en el artículo 5, en lo relativo a incluir los alimentos dentro de los

procedimientos de importación, y en el artículo 31, concerniente a la relación entre el Protocolo y otros acuerdos internacionales, en particular la OMC. Las diferencias en los otros artículos pendientes fueron de menor intensidad respecto de los dos artículos mencionados.

Con el fin de considerar los pasos requeridos para concluir las negociaciones que permitirán establecer el Protocolo, el Presidente de la Conferencia Extraordinaria y el Bureau se reunieron en Ginebra (mayo de 1999) y Montreal (julio de 1999), y destacaron la importancia de continuar realizando consultas informales entre los grupos negociadores que se habían presentado en las sesiones de Cartagena.

En la reunión de Viena (septiembre de 1999), participaron representantes de 115 países y 70 representantes de ONGs y de la industria. Los temas de discusión fueron *commodities* (productos agrícolas para la alimentación humana y animal y para la agroindustria), la relación con otros convenios internacionales, y el ámbito y las aplicaciones al procedimiento del Acuerdo Fundamentado Previo. El objetivo de la reunión fue buscar soluciones de consenso para los temas en desacuerdo; sus resultados se tuvieron en cuenta cuando en enero del 2000 se dio continuación a la Reunión Extraordinaria en Montreal, Canadá.

La continuación de la Reunión Extraordinaria de los países que forman parte del CDB-Excop se llevó a cabo en Montreal, Canadá, del 20 al 28 de enero del 2000. En ella se contó con dos días para realizar consultas informales entre los grupos, un día para que cada grupo se comunicara con sus gobiernos, dos días para celebrar negociaciones y uno o dos días para llevar a cabo reuniones de alto nivel.

6.2.3. Puntos álgidos en las negociaciones

Debido a los diferentes intereses de tipo comercial, estratégico y político que tienen los 165 países que forman parte del CDB, los cuales eventualmente serán los firmantes del Protocolo, y a pesar de los ingentes esfuerzos realizados durante casi cinco años de negociaciones, aún persisten asuntos sin resolver:

El Principio de Precaución. Como los efectos ambientales a largo plazo de liberar OVMs al ambiente y a la cadena alimentaria todavía son desconocidos, los países principalmente importadores consideran indispensable contar con instrumentos que les permitan, ante la ausencia de información científica inequívoca, poder tomar una acción "precautelativa", encaminada a evitar o reducir al mínimo la amenaza a la biodiversidad, incluida la salud humana.

El Acuerdo Informado Previo. Es el derecho que deben tener los países importadores de examinar por adelantado las potenciales consecuencias de recibir un OVM en su territorio, de aprobar o no su importación y de establecer las condiciones respectivas.

El ámbito en el procedimiento del Consentimiento Fundamentado Previo. La exclusión de OVMs y productos derivados cuyo uso sea para la alimentación humana, animal e industrial (*transgenic commodities*) dejaría sujetas a este procedimiento únicamente a las semillas, y quedarían por fuera del Protocolo la mayoría de los productos transgénicos actualmente comercializados.

Indemnización. La regulación internacional en los campos de la indemnización y la compensación por los eventuales daños que el uso y la comercialización de OVMs pueden producir en el ambiente, la producción agrícola y la salud humana, es un factor indispensable para asegurar la responsabilidad industrial en las prácticas agrícolas del Protocolo.

Etiquetado y separación. Permite la identificación y el monitoreo indispensables para tomar medidas adecuadas orientadas al control de los efectos potenciales adversos en los ecosistemas y la cadena alimenticia. En el ámbito regulatorio nacional, Australia, Brasil, Noruega, Nueva Zelanda, Suiza y los 15 países de la UE tienen establecido el etiquetado; Colombia lo tiene reglamentado para el caso de las semillas transgénicas.

Relación con otros convenios internacionales. Algunos países consideran que el Protocolo no debe estar subordinado a regulaciones comerciales internacionales, sino que a los países se les debe permitir aplicar sus decisiones en el marco de consideraciones estrictamente nacionales.

Países que no son parte del CDB. Los Estados Unidos, el mayor productor y exportador de OVMs, no ha ratificado el CDB, por lo que no puede ser parte del Protocolo, circunstancia que hace a éste muy vulnerable, pues el actor protagonista está por fuera del reparto de la película.

6.2.4. Adopción del protocolo

La reanudación de la Conferencia Extraordinaria iniciada en Cartagena, Colombia, en febrero de 1999, entre todos los países que hacen parte del CDB, orientada a la transferencia, manejo y uso seguro de los organismos transgénicos que puedan tener un efecto adverso en la biodiversidad y en la salud humana, y especialmente enfocada a movimientos transfronterizos, tuvo lugar en Montreal, Canadá entre el 24 y el 28 de enero del 2000, presidida por el Ministro del Ambiente de Colombia.

Después de cinco años de negociaciones, más de 750 participantes, entre ellos representantes de 133 países, más de 40 ministros del medio ambiente, representantes de ONGs, industriales y científicos, el 29 de enero del 2000 adoptaron un protocolo jurídicamente vinculante para proteger el medio ambiente de los eventuales riesgos del movimiento transfronterizo de los OVMs, lo que significó el primer compromiso internacional en el campo ambiental del nuevo milenio.

La decisión consiste de cuatro partes: adopción del Protocolo, formación del respectivo comité intergubernamental, establecimiento de un registro de expertos para la evaluación y el manejo del riesgo, y aspectos presupuestales y administrativos.

En este marco jurídico, que en adelante se conocerá como Protocolo de Cartagena, en honor a la ciudad colombiana en donde se inició la Conferencia Extraordinaria, los gobiernos firmarán si aceptan o no el ingreso de *commodities* que puedan contener OVMs, y comunicarán su decisión a la comunidad internacional por medio de un mecanismo de intercambio de información vía Internet.

Procedimientos estrictos de Consentimiento Fundamentado Previo se aplicarán a OVMs que intencionalmente se liberen al ambiente; en estos casos, el exportador debe suministrar información previa detallada a cada país importador del primer embarque. El objetivo es asegurar que los países importadores tengan la oportunidad y la capacidad de realizar el análisis de riesgo respectivo. También permite a las partes importadoras a invocar el Principio de Precaución; es decir, que actividades potencialmente peligrosas pueden ser restringidas o prohibidas, aunque no se cuenta aún con una evidencia científica que pruebe que causan daño.

El documento estará disponible para la firma de los países y las organizaciones de integración económica, entre el 15 y el 26 de mayo del 2000 en las oficinas de las Naciones Unidas en Nairobi, Kenia, en ocasión de la Quinta Conferencia de las Partes del Convenio de Diversidad Biológica (COP 5), y del 5 de junio del 2000 al 4 de junio del 2001 en la sede central de las Naciones Unidas en Nueva York. Entrará en vigencia legal 90 días después de que 50 países y organizaciones de integración económica lo hayan ratificado.

Este marco jurídico incluye, por primera vez en un acuerdo internacional, el etiquetado de los cargamentos de los productos para la alimentación humana y animal o para procesamiento industrial (*commodities*) que “puedan contener transgénicos”; también establece que, en un lapso de dos años, la Conferencia de las partes precisará los requerimientos y la información que puede contener la etiqueta.

Otra preocupación, principalmente de los países en desarrollo, es la necesidad de apoyo financiero institucional, técnico y humano para conducir apropiadamente las evaluaciones de riesgo y, por lo tanto, el Protocolo insta a las partes a establecer sistemas adecuados de información y a apoyar el fortalecimiento de instituciones nacionales, principalmente en los países con menos desarrollo en estos campos.

El Protocolo fue bien recibido tanto por los grupos de industriales como por los ambientalistas. David Sandalow, asistente de la Secretaría de Estado de los Estados Unidos para la Ciencia, los Océanos y el Ambiente comentó a la prensa: “Pensamos que es un convenio que protege el ambiente sin romper el comercio mundial de alimentos”. Willy De Greef, Director de Regulaciones y Aspectos Gubernamentales de la empresa suiza productora de transgénicos Novartis señaló que “lo que necesitábamos era un marco jurídico y el Protocolo lo suministra”. Benediky Haerlim del grupo ambientalista Greepeace, que ha sido el líder en las campañas en contra de la biotecnología, también bendijo el Protocolo diciendo: “Éste es un paso histórico para proteger el ambiente y los consumidores de los daños de la ingeniería genética”. El Ministro del Medio Ambiente del Reino Unido comentó: “Es un paso tremendo hacia delante; después de cinco años y al final de dos semanas de negociación intensiva, tenemos una ley internacional que va a permitir a países industrializados y en desarrollo a proteger su biodiversidad. En el Reino Unido nosotros estamos conduciendo ensayos de campo en las fincas para obtener información adicional sobre los eventuales efectos colaterales en la biodiversidad del Reino; el Protocolo va a permitir a otros países beneficiarse de la experiencia europea y proteger sus ecosistemas”.

El Subsecretario de Estado para Relaciones Globales y jefe de la delegación de los Estados Unidos en la Conferencia, señor Frank E. Loy, en un comunicado de prensa establece que “el

Protocolo crea un marco internacional que evaluará los posibles impactos de los productos biotecnológicos. Asimismo, el intercambio de información y experiencia bajo este sistema ayudará a los gobiernos a la evaluación de los riesgos ambientales y los beneficios de la biotecnología de una manera más consistente y predecible; de igual forma asegura que cada país tendrá la oportunidad de conseguir información previa a que estos productos entren en su mercado”.

No hay duda de que el principal conflicto encontrado en las negociaciones del Protocolo es su interrelación con otros convenios internacionales, sobre todo con aquellos de la OMC, pues mientras los convenios ambientales tienen como premisa el Principio de Precaución (el cual establece que la realización de actividades potencialmente peligrosas puede ser restringida o prohibida, incluso sin tener una evidencia científica que pruebe que causan daño), las decisiones en el marco comercial requieren suficiente evidencia científica. Dentro del marco aprobado, el Protocolo de Bioseguridad y la OMC deben apoyarse mutuamente; además, el Protocolo no debe afectar los derechos y las obligaciones de los gobiernos en el marco de cualquier convenio internacional vigente.

7. CONSIDERACIONES FINALES SOBRE EL USO Y LA COMERCIALIZACIÓN DE PLANTAS TRANSGÉNICAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

7.1. Realidades y opciones para la acción

Es importante considerar algunos aspectos relevantes para analizar y evaluar el mejoramiento de la producción y la productividad agrícola mediante el cambio técnico en América Latina y el Caribe (ALC), concretamente en el área de las plantas transgénicas.

El primer aspecto es la importancia de la agricultura y su incidencia tanto en los países industrializados como en desarrollo. En el caso de ALC, un poco más del 8% del producto interno bruto (PIB) corresponde a las actividades agrícolas (CEPAL 1998). Aún más, su contribución, en el marco de una concepción ampliada, llega a estar cerca del 25% de dicho PIB (IICA 1999). Por ejemplo, en Brasil la agricultura y la agroindustria contribuyen con cerca de un 40% del valor económico de la producción del país. Por lo tanto, el efecto del cambio técnico agrícola, derivado de la investigación e innovación tecnológica, como es el caso del desarrollo, uso y aplicación de las nuevas biotecnologías, es de singular impacto para la Región. Hay consenso en la comunidad científica mundial de que la tecnología convencional no permitirá, por sí sola, aumentar la cantidad y la calidad de la producción de alimentos, para poder alimentar una población que casi se duplicará en los próximos 50 años (Bongaarts 1998).

El segundo aspecto corresponde al medio ambiente, al hombre y a su salud, como principal componente, a los recursos naturales y, dentro de éstos, a la diversidad biológica. En efecto, la riqueza en biodiversidad y recursos genéticos de ALC es estratégica para el desarrollo agrícola sostenible. Su conservación y uso seguro se proyectan desde diferentes ángulos. Además de los servicios ambientales que brinda la biodiversidad como un todo, el buen o el mal manejo de ésta afecta a la agricultura en múltiples aspectos. Gracias a la utilización de germoplasma vegetal, tanto nativo como exótico, en los programas de mejoramiento, los países han logrado reducir el déficit de alimentos, pues han elevado los rendimientos de los cultivos y ampliado la diversificación de la agricultura. Cada vez pesan más en la balanza comercial las

exportaciones de productos no tradicionales, sobre todo en los países con ecosistemas tropicales. Según datos estimativos del IICA, las exportaciones de productos agropecuarios de las Américas prácticamente se duplicaron de 1985 a 1995. Sin tomar en cuenta el consumo local, que asciende a cifras millonarias, a mediados de la década de los noventa, las exportaciones de los países del continente de tan sólo cinco cultivos originarios de las Américas (maíz, papa, tabaco, tomate y algodón) superaron los US\$26 000 millones.

El tercer aspecto se relaciona con la importancia del mejoramiento genético y, por ende, de los recursos genéticos. Existen diversas formas de alterar el comportamiento, y en general la producción y productividad, de plantas y animales: a) mediante la modificación de las condiciones ambientales que los rodean, bien en el sitio donde se encuentran o moviéndolos a un hábitat diferente; b) por medio del uso de nuevas prácticas de cultivo o manejo de animales (uso de fertilizantes o mejores dietas en los animales); y c) mediante la modificación de sus características genéticas. Esta última forma de alterar la producción ha generado los impactos más significativos en la agricultura contemporánea, tal como lo demostró la Revolución Verde, a principios de la segunda mitad del siglo XX.

En el caso de ALC, el énfasis de la investigación agrícola pública nacional e internacional ha sido en aspectos relacionados con el mejoramiento genético, sobre todo vegetal. Éstos van desde la introducción de especies y cultivares, pasando por la aplicación de métodos específicos de selección de genotipos superiores, hasta llegar a la aplicación de técnicas más sofisticadas. La utilización de las agrobiotecnologías más modernas (las técnicas de la "ingeniería genética") es aún reducida, aunque en ALC han empezado a expandirse las áreas sembradas con cultivos transgénicos producidos fuera de la Región. Los países de ALC con sistemas nacionales de investigación más desarrollados, al igual que los centros internacionales del Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) que tienen su sede en la Región (el Centro Internacional de Agricultura Tropical --CIAT--, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo --CIMMYT-- y el Centro Internacional de la Papa --CIP--) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), empezaron a implementar programas de biotecnología a finales de los ochenta y principios de los noventa. De igual forma lo han venido haciendo instituciones nacionales públicas y privadas, universidades y empresas transnacionales (Jaffé 1996).

El cuarto aspecto es que las nuevas biotecnologías y sus productos, además de que exigen contar con una adecuada institucionalidad nacional para su aprovechamiento, requieren relacionarse con los acuerdos internacionales que firmen los países, dada su incidencia transnacional. En el ámbito externo a la Región, se hace referencia al desarrollo de las plantas transgénicas por compañías transnacionales, la mayoría privadas que, como ya se dijo, están en procesos de fusión permanente con "puntos de venta" en varios países y que buscan el establecimiento de acuerdos con contrapartes nacionales para ejecutar ensayos de campo, comercializar las semillas y, en algunos casos, realizar investigaciones colaborativas, tal como sucede con Monsanto-Cinvestab en México y Novartis-Cenargen en Brasil. El otro caso se refiere a los acuerdos internacionales de alcance regional y mundial que han suscrito la mayoría de los países, como el Protocolo de Bioseguridad adoptado en enero en Canadá, el Compromiso de Recursos Genéticos auspiciado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y los acuerdos comerciales en el ámbito de la Organización Mundial de Comercio (OMC), para citar algunos.

Lo anterior implica que las acciones y las medidas que se adopten en el ámbito nacional y los acuerdos que un país suscriba internacionalmente tienen incidencias recíprocas. Algunos acuerdos de cierta manera son vinculantes entre sí y pueden hasta llegar a tener interpretaciones diferentes, tanto en su contenido como en su forma de instrumentación. A ello se deben la importancia y el protagonismo que la Región ha tenido en las negociaciones internacionales ya mencionadas, así como en las correspondientes a las medidas fito- y zoonosanitarias y a los aspectos de los derechos de la propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC). Consecuentemente, la multidisciplinariedad y la intersectorialidad, en los aspectos de la información, el desarrollo de conocimientos y las capacidades para la negociación, son críticas en cualquier sector pero sobre todo en el agrícola. Esto requiere especial atención por parte de los ministerios de agricultura de la Región y de la institucionalidad que los acompaña.

7.2. Tendencias sobre el uso de las nuevas biotecnologías

Indudablemente, las tendencias de desarrollo global, regional y nacional serán influenciadas por el surgimiento de las nuevas biotecnologías. Como se ha anotado anteriormente, los impactos significativos en la producción y la productividad de los cultivos que ya se han desarrollado comercialmente han traído beneficios reconocidos, pero también fuertes controversias sobre los probables impactos adversos en la dirección del cambio técnico, en los recursos naturales, en el medio ambiente, en el comercio y en la salud humana.

El aprovechamiento de los beneficios podrá ser maximizado y el impacto de los riesgos potenciales podrá ser manejado y minimizado, si se instrumentan programas nacionales para el desarrollo científico-tecnológico que cuenten con medidas apropiadas de bioseguridad, y si se compatibilizan los compromisos internacionales jurídicamente vinculantes, como los derivados del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), con los de la OMC.

Este incremento en la producción y el uso de plantas transgénicas en el mundo permitiría, si los patrones de mercado y consumo no cambian drásticamente, como parece ser, que en los próximos diez años un alto porcentaje de las áreas sembradas comercialmente con los principales cultivos comerciales en los cuales se vienen incorporando biotecnologías, lo estén con plantas transgénicas. Los países de la Región deben desarrollar una capacidad para el desarrollo y el aprovechamiento seguro de estos productos, si no quieren rezagarse en el desarrollo tecnológico y disminuir su competitividad frente a otros en el mundo. Por supuesto, los países de la Región también mediante el uso de otras tecnologías y el manejo de los sistemas productivos en forma eficiente y sostenible, también pueden alcanzar niveles adecuados de competitividad. Este es el caso de tecnologías como la siembra directa, la agricultura orgánica, producción de variedades bajo técnicas convencionales para especies subutilizadas, entre otras.

Como un reflejo de las tendencias mundiales, en la Región se observa un fuerte interés comercial por parte del sector privado, tal como lo evidencia el proceso de adquisiciones y fusiones de empresas nacionales productoras de semillas por parte de las compañías multinacionales. Esto es manejable, si el sector público también se fortalece para promover el

cambio tecnológico en aquellos aspectos de menor interés para el sector privado y en otros que son estratégicos para la Región y combina esfuerzos con el sector privado. Dicho fortalecimiento es urgente, dado el paulatino debilitamiento de las instituciones estatales dedicadas al desarrollo científico y tecnológico agropecuario, lo cual, como es natural, hace más vulnerable la capacidad de los países para generar un valor agregado a los cultivos autóctonos.

Algunos países de ALC cuentan con mecanismos reguladores vigentes en bioseguridad, pero la mayoría no los tiene. Lo que es más crítico es que no cuentan con la masa multi- e interdisciplinaria para ejecutar adecuadamente un análisis y un manejo de riesgos, dentro de un marco metodológico y reglamentario moderno y efectivo de estas nuevas biotecnologías, de manera que puedan aprovechar sus beneficios potenciales, asegurando el cumplimiento de las condiciones de seguridad necesarias para la protección del medio ambiente, de la salud humana, de la producción agropecuaria y de la distribución equitativa de los ingresos para el bienestar de sus habitantes.

7.3. Los productos de las nuevas biotecnologías son una realidad

Por si acaso todavía persisten los escépticos de finales de los años ochenta, cuando empezó el *boom* popular, a partir de los noventa las nuevas agrobiotecnologías empezaron a ser una realidad comercial. El desafío ahora está en mostrar sus beneficios, no solo para los productores, sino para los consumidores. *Es decir el hecho es demasiado importante como para pretender ignorarlo.* El mejoramiento convencional es aún válido, sobre todo mediante las prácticas y las evaluaciones de campo para establecer, en ambientes específicos, las bondades de los nuevos cultivares o variedades. Sin embargo, es necesario reconocer que las posibilidades y los instrumentos derivados de las nuevas biotecnologías inciden drásticamente en el mejoramiento genético. Por lo tanto, se deben diseñar políticas e intensificar el fortalecimiento institucional, tanto para la investigación como para la producción y el comercio, a fin de incorporar, en forma útil, rentable y segura, las nuevas biotecnologías y sus productos en la agricultura y en el sector consumidor, al igual que se ha hecho en los productos farmacéuticos. El asunto es decidir, de una vez por todas, cómo los sistemas de investigación públicos y privados de los diversos sectores involucrados de los países de ALC acuden a dichos instrumentos y cómo el sector regulatorio y fiscalizador se prepara para afrontar estos nuevos retos.

7.4. Una nueva concepción para lograr el cambio tecnológico

Si el desarrollo de los cultivos transgénicos, que son producto del avance científico y tecnológico de instituciones públicas y privadas, se concibe desde la perspectiva de la innovación tecnológica⁸ y de los sistemas constituidos para lograrla, se comprenderá mejor por qué se están suscitando, desde diversos ángulos, reacciones respecto de su utilización y comercialización.

Las nuevas exigencias tecnológicas, presentes en un mercado cada vez más competitivo, obligan a una reconversión de la agricultura, lo que implica ampliar y diversificar las

⁸ En el contexto de este documento, se entiende por "innovación" la introducción de nuevas combinaciones de conocimiento en forma de nuevos productos, nuevas técnicas y procesos productivos, nuevos mercados, nuevas organizaciones, mejoras a los sistemas existentes y la difusión de estos nuevos conocimientos en la economía y en la sociedad. La difusión de las innovaciones está íntimamente relacionada con su aplicación y uso. Se entiende, de esta manera, que se ha instrumentado una innovación cuando el nuevo conocimiento se ha introducido en el mercado.

innovaciones tecnológicas demandadas por el sector productivo. Para satisfacer estas necesidades, *es necesario apropiarse de un nuevo paradigma del cambio técnico* en la agricultura, que al mismo tiempo reconozca la existencia de una verdadera revolución científica y tecnológica, el surgimiento de nuevos actores institucionales, los nuevos roles del sector público y del privado y de los receptores de los productos que incorporan las tecnologías (los compradores), así como el requerimiento de nuevas capacidades, que van más allá de los procesos de generación y transferencia de tecnología que han sido tradicionales en el marco de la institucionalidad que en ALC se constituyó para tal fin.

El concepto de innovación tecnológica se halla en el centro del nuevo paradigma para la comprensión y gestión del cambio técnico en todos los sectores productivos. Aunque surgió dentro del ámbito industrial, se está aplicando crecientemente en la agricultura. Desde 1994 el IICA ha venido haciendo esfuerzos teóricos y prácticos para adaptarlo y operacionalizarlo en el contexto de la agricultura de ALC. La instrumentación de dicho concepto busca modificar el modelo anterior de generación y transferencia como única vía de cambio por otro modelo, que, involucrando a los usuarios (desde los productores a los consumidores) de los resultados de la investigación desde las etapas más tempranas del proceso, permita una mejor atención a las demandas del sector productivo y de la sociedad en general. En otras palabras, se cambia el enfoque de la innovación centrado solamente en la investigación agropecuaria, y dentro de ésta, prioritariamente en la solución de problemas de producción, por otro en que se incluyen los nuevos actores y fuentes de investigación y en que hay una visión de cadena agroindustrial, tomando en cuenta a todos los actores involucrados en las distintas fases del proceso, hasta que los productos estén en el mercado y en manos de los consumidores.

Con razón o sin ella, diversos grupos preocupados por los impactos ambientales y la reacción de los consumidores están influyendo, en gran medida, en la comercialización y el comercio de productos derivados de las nuevas tecnologías, como es el caso de las plantas transgénicas. Ello conlleva la reflexión de adoptar modelos institucionales y mecanismos para el desarrollo y promoción del cambio tecnológico que incorporen estos actores de una manera participativa en el desarrollo de las innovaciones.

Una de las razones fundamentales es que se está introduciendo una nueva cultura y nuevos productos que requieren sistemas apropiados de información y de seguimiento a su uso. Además, es importante que la sociedad participe en las discusiones sobre los impactos de dichos productos.

Con base en lo anterior, los actores de la innovación tecnológica, conjuntamente con otros actores públicos, la industria biotecnológica, los gremios de productores y los grupos representativos del sector consumidor, deberían pensar en disminuir la aprensión que existe en torno a los productos transgénicos. Quizás al principio no se logre una total aceptación, pero podría llegarse a por lo menos un consenso en torno a los puntos más álgidos y convencer a un grupo razonable de usuarios de que los creadores y utilizadores de las nuevas biotecnologías son parte del equipo que busca el bienestar de los diferentes sectores interesados, desde los productores hasta los consumidores.

En Suiza, según información personal provista a los autores de este documento, las preocupaciones e incertidumbres en torno a la seguridad de los alimentos transgénicos

condujeron a una actitud más proactiva de la comunidad científica y al desarrollo de programas educativos sobre los aspectos cruciales del tema. El objetivo es desmitificar la biotecnología, evitar las percepciones extremas de “buena” o de “mala” per se y buscar que la sociedad comprenda que, si se la utiliza apropiadamente, traerá grandes beneficios a la humanidad.

7.5. Desafíos para el desarrollo de la investigación y sus actores

La posibilidad de transferir genes mediante el uso de estas técnicas pareciera estar confinada por ahora sólo a los países desarrollados y a algunas pocas instituciones de investigación internacional o nacional de algunos países de ALC, tales como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba y México. Por lo tanto, es fundamental seguir propendiendo por fortalecer la capacidad de investigación en los países de la Región desde dos perspectivas: a) el uso de las técnicas con miras a producir avances científico-tecnológicos, y b) la provisión de bases científicas sólidas para la evaluación del impacto de estos productos.

Lo anterior, por supuesto, requiere el diseño y la instrumentación de políticas tecnológicas que reconozcan esta nueva realidad y sus características, una cantidad mínima de investigadores preparados para abordar los temas citados, las capacidades institucionales necesarias para desarrollar las evaluaciones y el establecimiento de redes institucionales de investigación público-privadas. Una alianza entre los sectores público y privado y las redes institucionales nacionales y transnacionales puede proporcionar importantes beneficios a la agricultura y al bienestar de la sociedad. Ello es todo un desafío para ALC, donde lamentablemente, en comparación con otros continentes, la tasa de crecimiento de las inversiones en investigación pública es negativa.

7.6. Protección a la obtención de variedades derivadas de las nuevas biotecnologías

En los países desarrollados, los derechos de propiedad intelectual están diseñados para crear incentivos que motiven el desarrollo de innovaciones tecnológicas que sean incorporadas en el mercado, lo que prueba el valor de éstas a quienes las han creado. Esta es una de las razones por las cuales los actores de la innovación, mayoritariamente privados, de los países desarrollados están interesados en el sistema de patentes.

En el caso de la agricultura, los países de la Región se encuentran en la ruta de llegar a cumplir con sus compromisos de los aspectos de los derechos de la propiedad intelectual relacionados con el comercio (ADPIC) y de los derechos del obtentor. No obstante, se debe analizar y tomar en cuenta el sistema de patentes, aun cuando no está del todo diseñado para innovaciones biotecnológicas ni productos de la agricultura y áreas relacionadas, y prever las adecuaciones del caso. En ALC, salvo la excepción de naciones grandes con mayor desarrollo científico y la incursión del sector privado nacional y transnacional. La cantidad de inventiva endógena en el campo de las nuevas biotecnologías no es muy grande. No es de sorprenderse que en los países de la Región las solicitudes de patentes provengan más de no residentes que de ciudadanos de los países de ALC. De esta manera, regímenes de protección más complejos pueden beneficiar en mayor grado a firmas extranjeras para que exporten su material protegido, en lugar de producirlos en los países en desarrollo. Sin embargo, esta situación se podría revertir, si en ALC se incrementan las inversiones en la producción de nuevos conocimientos.

8. LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL

8.1. Antecedentes

En prácticamente todos los acuerdos internacionales, así como en las normativas para el comercio, la bioseguridad, la diversidad biológica, etc., se promueve la transferencia de tecnología y la cooperación entre países, sobre todo de parte de los desarrollados a aquellos menos avanzados. Por otro lado, existen varias instituciones de carácter regional y mundial que cubren los temas relacionados con las biotecnologías. Otro aspecto es que, aunque con asimetrías marcadas, algunos países de la Región han venido desarrollando de manera importante sus capacidades institucionales para el tratamiento de los productos transgénicos y en general de las nuevas biotecnologías. Por ejemplo, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), por medio de sus acciones en biotecnología realizadas en la primera mitad de los noventa, impulsó, en el ámbito del Consejo Consultivo de Cooperación Agrícola del Área Sur (CONASUR) y el Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la Subregión Andina (PROCIANDINO), el desarrollo de capacidades institucionales nacionales y regionales en el manejo de la bioseguridad. Asimismo, promovió la movilización de recursos técnicos para iniciar la instrumentación de sistemas de bioseguridad, en cooperación con la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Comité de Sanidad Vegetal para el Área Sur (COSAVE), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), el International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAAA), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Cooperación Holandesa, entre otros. Estas acciones culminaron en 1996, aunque algunas continuaron en menor escala, mediante las redes de recursos fitogenéticos en el marco de los programas cooperativos de investigación y transferencia de tecnología (PROCI) u otras, tal como la Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos (REMERFI).

Más allá de las acciones adelantadas por los países y el Secretariado del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) sobre el Protocolo de Bioseguridad, de reuniones internacionales sobre el desarrollo de las biotecnologías como la celebrada en Cuba en 1999, de acciones específicas de cooperación internacional en algunos países, de la acción de CamBioTec y de la realización de seminarios del Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR), no existen, para las organizaciones gubernamentales de cooperación técnica en agricultura, proyectos regionales o subregionales de envergadura orientados al fortalecimiento institucional (políticas, estrategias) para el desarrollo de las biotecnologías y el manejo de la bioseguridad.

La cooperación técnica internacional se justifica en la medida en que responda a necesidades y problemas que los países no pueden resolver individualmente o al aprovechamiento de oportunidades que transbordan los límites geográficos. Dicha cooperación estaría orientada, de un lado, a proveer información y marcos conceptuales y metodológicos de orden general para apoyar el diseño y la instrumentación de políticas y, del otro, a facilitar el relacionamiento internacional de los países y la cooperación mutua entre ellos agregando valor y complementando las acciones nacionales en marcha.

8.2. Propósitos y líneas generales de acción en materia de bioseguridad

Los propósitos de la cooperación multinacional en América Latina y el Caribe (ALC) se orientarían a:

- Disponer de información fehaciente y de conocimientos mejorados en el área de la bioseguridad y establecer líneas estratégicas que contribuyan a la formulación de políticas, a su instrumentación y al logro de una cultura adecuada en esta área.
- Difundir, en el ámbito del sector productivo, las nuevas biotecnologías para su adopción segura y, en la sociedad en general, los avances de la biotecnología en la producción de alimentos, sus desafíos y los interrogantes generados en el ámbito mundial y en los países de la Región.
- Analizar la situación actual en el sector agrícola regional, de las políticas públicas referidas al tema, la posición de los distintos agentes públicos y privados vinculados a este tipo de tecnologías y el uso de éstas.
- Evaluar las implicaciones económicas, sociales, políticas y ambientales de la utilización de las biotecnologías para la producción de alimentos y productos agroindustriales.
- Promover e instrumentar foros permanentes de seguimiento de los avances e impactos de la biotecnología en la Región, aprovechando los mecanismos cooperativos existentes tales como los programas subregionales de cooperación en investigación agrícola entre países de ALC (el PROCIANDINO, el PROCISUR, el PROCITROPICOS, el PROCICARIBE y el SICTA) y el FORAGRO, en el ámbito de las Américas.
- Fomentar en la Región el desarrollo de actividades conjuntas entre los sectores académico, público, privado y productivo para fortalecer la aplicación de la biotecnología y la bioseguridad como medios para impulsar el desarrollo.
- Suscribir acuerdos conjuntos de lineamientos dirigidos a establecer sistemas de seguimiento, evaluación y formulación de estrategias permanentes de bioseguridad en los ámbitos nacional y regional.

Si bien son los países, de acuerdo con sus necesidades y capacidades, los que deben identificar prioridades para recibir apoyo de la cooperación internacional y ayudarse recíprocamente entre ellos, como ha sido la política del IICA, a continuación se destacan algunas líneas de acción que se consideran importantes para la acción multinacional:

- Información con un enfoque “clearing house”.
- Apoyo al diseño de políticas y normativas de bioseguridad mediante elementos conceptuales y metodológicos.

- Educación y capacitación a negociadores.
- Apoyo a la armonización de políticas entre países.
- Gestión de la propiedad intelectual.
- Desarrollo de foros para discutir las bases técnicas y las políticas que faciliten el establecimiento de acuerdos nacionales e internacionales.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcón, E; González, LG; Carls, J. 1998. Situación institucional de los recursos fitogenéticos en América Latina y el Caribe. San José, CR, IICA-GTZ. 87 p. (Serie de Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible No. 6).
- _____. *Et.al.* Innovación tecnológica para el cambio técnico en la agricultura: marco de referencia para la acción. 35 p. (Serie de Documentos Técnicos).
- Alston, JM; Pardey, PG; Roseboom, J. 1998. Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives. *World Development* 26(6): 1057-1071.
- Artunduaga, SR. 1995a. Biosafety, report to the panel of experts on biosafety. El Cairo, EG. 25 p.
- _____. 1995b. Son las plantas transgénicas una amenaza a la biodiversidad. Leticia, Amazonas, CO, Instituto Sinchi. 75 p.
- _____. 1998a. Agro en el siglo XXI. El rol de las plantas transgénicas en el desarrollo del sector. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 21 p.
- _____. 1998b. Las inversiones futuras en biotecnología, su mercado mundial. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 35 p.
- _____. 1999. Los elementos centrales de la negociación del Protocolo de Bioseguridad. Bogotá, CO, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 27 p.
- ATSAF, EV.1994. Council for tropical and subtropical agricultural research, Biotechnologies and developing countries. Report on research work of institutes in Germany, USA, European Union. Bohn. 57 p.
- Bongaarts, J. 1998. Global population growth: Demographic consequences of declining fertility. *Science* 282: 419-420.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. Santiago. 778 p.
- CID (Center for International Development). 1999. Agricultural research in Africa: technological opportunities and institutional challenges. Report of a seminar. US, CID, Harvard University.
- Doyle, D; Persley, G. 1996. Enabling the safe use of biotechnology: principles and practice. Washington, D.C., US, The World Bank. 74 p. (Environmentally Sustainable Development Studies and Monographs Series No 10).

- Fielding, M *et al.* 1992. Pesticides in ground and drinking water. Commission of the European Communities. 27 p. Water Pollution. Research Report.
- Greenpeace. 1994. A selection of transgenic plant patent applications from three database searches using the world patents index. Database patents on line 1991, 1992, 1994. 30 p.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). 1996. Global review of the field testing of transgenic plants.
- Jaffé, W. 1996. Armonización de la bioseguridad en las Américas. Construyendo capacidades institucionales. San José, C. R., IICA. 21 p. (Serie Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos).
- James, C; Krattiger, A. 1997a. Global review of the field testing and comercialization of transgenic plants. s.l., US, ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). 31 p.
- _____. 1997b. Insect Resistance in crops: A case study of *Bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to developing countries. s.l, US, ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). 42 p.
- Kaveira, P; Parker, I. 1994. Environmental risk of genetically engineered organisms and key regulatory issues.
- Koziel, MG; Beland, MG; Bowman, C; Carozzi, NB; Crenshaw, R; Crossland, L; Dawson, J; Desal, N; Hill, M; Kadwell, S; Launis, K; Lewis, K; Maddox, D; McPherson, K; Meghji, MR; Merlin, E; Rhodes, R; Warren, GW; Wright, M; Evola, SV. 1993. Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from *Bacillus thuringiensis*. *Bio/Technology* 4(11): 194-200.
- MATEO, N., E. Alarcón, J. Ardila, E. Moscardi. 1999. La Investigación Agropecuaria en ALC y la Paradoja de su financiamiento. Secretarías de FORAGRO y FONTAGRO. 27 p.
- Mihm, JA. Ed. 1997. Insect resistant maize: recent advances and utilization. International Symposium held at the International Maize and Wheat Improvement Center (1997, Mexico DF). Proceedings. 302 p.
- NCB (Nuffield Council on Bioethics, UK). 1999. Genetically modified crops: the ethical and social issues. London, UK, Nuffield Foundation.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1994. Field releases of transgenic plants. 1986-1992 analysis. 85 p.
- Presidencia de la República de México. 1999. Organismos vivos modificados en la agricultura mexicana: desarrollo biotecnológico y conservación de la diversidad biológica. México, D.F., CONACYT, CONABIO. 32 p.

UNEP/CBD/BSWG. 1996-1998. Informes y documentos relacionados con cada una de las reuniones de trabajo respectivas.

UNDP (United Nations Development Programme). 1999. Human development report globalization with a human face. New York, US.

UNESCO (United Nations Scientific, Educational, Scientific and Cultural Organisation), 1998. World science report.

GLOSARIO

ADN (ácido desoxirribonucleico): Molécula larga que contiene toda la información genética y que está localizada en la célula.

Alelo: Alguna de las formas alternativas del par de genes en cada cromosoma.

Aminoácido: Unidad estructural de una proteína. Existen 20 posibles aminoácidos que conforman las diferentes proteínas.

Apomixis: Desarrollo de embriones que contienen la misma información genética de la planta madre y que efectivamente son clones. En las plantas superiores, la producción de semilla es el resultado de la reproducción sexual, pero las plantas apomícticas producen la semilla sin fertilización.

ARN (ácido ribonucleico): Molécula que está relacionada con la síntesis de una proteína.

Base: El componente nitrogenado que hace parte de la molécula de ADN. Existen cuatro tipos de bases nitrogenadas, conocidas como adenina (A), guanina (G), timina (T) y citosina (C). La secuencia de las bases determina el código genético, la secuencia de tres bases codifica un aminoácido, y varios aminoácidos configuran una proteína.

Biología molecular: El estudio de las proteínas y los ácidos nucleicos, de las sustancias que conforman el mundo viviente, de sus estructuras, su relación con la actividad bioquímica, de su información genética y de los agentes de comunicación de una generación con la siguiente.

Biotecnología: Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

Célula: La más pequeña unidad estructural de todos los organismos vivos, la cual es capaz de crecer y reproducirse independientemente.

Clon: 1. Grupo de células que descienden de una célula parental. 2. Organismo genéticamente idéntico que desciende de un parental. 3. Secuencias idénticas de ADN (genes) que han sido producidas por bacteria u otros organismos.

Code: La secuencia de bases de ADN que forma la instrucción para una característica dada.

Condiciones “in situ”: Condiciones en que existen recursos genéticos dentro de ecosistemas y hábitat naturales y, en el caso de las especies domesticadas o cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas.

Cromosoma: Partícula microscópica que contiene miles de genes (ADN) localizada principalmente en el núcleo de las células. El ser humano tiene 23 pares de cromosomas en cada célula somática; 22 son pares (homólogos) y son llamados autosomas. Los dos restantes son cromosomas sexuales: en las hembras hay dos cromosomas X, mientras en los machos

uno X y otro Y. Un cromosoma de cada par más uno sexual viene de la madre; los otros 23 vienen del padre. Cada cromosoma es una cadena doble de ADN empacado en proteína.

Desoxirribosa: Azúcar de cinco carbonos constituyente del ADN.

Diferenciación: Proceso de desarrollo de una célula o un tejido celular, mediante el cual se especializa para realizar una función particular.

Diploide: Presencia del par de cromosomas en la célula.

Diversidad biológica: Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros elementos, los ecosistemas terrestres y marinos y los complejos ecológicos de los que forman parte.

Doble-helix: Estructura física del ADN, conformado por dos hilos paralelos retorcidos en forma helicoidal.

Ecosistema: Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.

Enzima: Proteína que acelera la tasa de una reacción química, que de otra manera no se realizaría. A menudo se la denomina un catalizador biológico.

Especie domesticada o cultivada: Especie en cuyo proceso de evolución han influido los seres humanos para satisfacer sus propias necesidades.

Expresión (del gen): El dogma central de la biología molecular establece que los genes (ADN) son transcritos en ARN mensajero, el cual a su vez se traduce en proteínas, las que a su vez confieren a la célula sus características estructurales y funcionales.

Fenotipo: Expresión externa de un gen (una característica visible de un organismo).

Gameto: Célula reproductiva o sexual portadora de las características hereditarias que se transmiten de padres a hijos.

Gen: Unidad biológica de herencia; segmento de ADN que provee la información genética necesaria para codificar una proteína.

Genetic fingerprinting: Técnica que establece relaciones genéticas entre organismos o que los identifica genéticamente.

Genoma: La totalidad de los genes en un organismo.

Genotipo: La característica de un organismo es de dos tipos: genotipo y fenotipo. El genotipo es la carga genética en sí misma.

GMO (*genetically modified organism*): Organismo que ha sido modificado genéticamente mediante las técnicas de la ingeniería genética, a menudo llamado transgénico.

Hábitat: Lugar o tipo de ambiente en el que existe naturalmente un organismo o una población.

Haploide: Célula que tiene la mitad del número usual de cromosomas.

Herbicida: Compuesto químico usado para controlar malezas.

Híbrido: La progenie del cruzamiento entre individuos parentales de diferente tipo genético o de diferente especie.

In vitro: Proceso biológico conducido por fuera del organismo vivo, en un tubo de ensayo.

In vivo: Proceso biológico que ocurre en un organismo vivo.

Mapa genético: Cuerpo de información sobre las posiciones relativas de los genes en el cromosoma.

Material genético: Todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.

Microorganismo: Organismo microscópico.

Mitosis: División de células somáticas, producto de la cual cada célula hija recibe ambos cromosomas de cada una de las células del estado diploide.

Molécula: La unidad más pequeña de una sustancia química que puede tener una existencia separada y retener sus propiedades.

Mutación: Cambio en el código genético (ADN) de un gen en particular. Un gen que ha tenido una mutación es llamado un mutante, así como un organismo en que se expresa un gen mutante.

Núcleo: Lugar en la célula que contiene los cromosomas.

Nucleótido: La base nitrogenada constituyente del ADN.

Organismo: Planta, animal o microorganismo que en forma independiente puede tener funciones vitales.

País de origen: País que posee determinados recursos genéticos en condiciones *in situ*.

Polipéptido: Una cadena de aminoácido, del cual es necesario más de uno para constituir una proteína.

Proteína: Sustancia química compuesta de carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno que configura la estructura de un tejido viviente (por ejemplo, un músculo) o que ayuda a que las reacciones se realicen (por ejemplo, una enzima).

Reacción de cadena de la polimerasa (PCR): Proceso de laboratorio en que una secuencia específica es amplificada millones de veces.

Replicación: Proceso mediante el cual el ADN realiza copias múltiples cuando la célula se divide. Las dos fibras del ADN se separan y cada una de ellas actúa como molde para la síntesis de una fibra complementaria.

Ribosa: Azúcar de cinco carbonos constituyente del ARN.

Transferencia genética horizontal: Transferencia de genes por encima de las barreras de especie.

Transgénico: Organismo que tiene incorporado en su genoma uno o varios genes, por medio de técnicas de ingeniería genética.

Zigoto: Un óvulo fecundado.

**Esta edición se terminó de imprimir
en la Imprenta del IICA
en Coronado, San José, Costa Rica,
en el mes de agosto del 2000,
con un tiraje de 300 ejemplares.**



