Maíz y biodiversidad:
efectos del maíz transgénico en México

Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte

Informe del Secretariado conforme al Artículo 13 del ACAAN

31 de agosto de 2004

Índice

Prefacio **3**

Agradecimientos **5**

Introducción **6**

El contexto *6*

Mandato y alcance del estudio *7*

El proceso *8*

Marcos y enfoques considerados en las recomendaciones del Grupo Asesor sobre Maíz de la CCA *11*

Principales conclusiones **15**

Contexto del maíz GM en México 15

Flujo génico *15*

Flujo génico entre variedades de maíz y sus parientes silvestres en México 15

Presencia y fuentes de transgenes en México 16

Persistencia de transgenes en razas locales y en teocintles 17

Efectos esperados de los transgenes en la diversidad genética de razas locales y teocintles 18

Biodiversidad *19*

Salud *20*

Aspectos socioculturales *20*

El sistema del maíz en México 20

Importancia cultural del maíz y percepciones públicas del maíz GM 21

Instituciones y procesos públicos 22

Ambiente de política en México en relación con el maíz GM 23

Recomendaciones **25**

Flujo génico *25*

Biodiversidad *26*

Salud *27*

Aspectos socioculturales *27*

Apéndice: Solicitud a la Comisión para la Cooperación Ambiental de elaborar un informe conforme al Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (Resumen ejecutivo) **30**

Glosario de términos útiles **36**

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) fue creada por Canadá, Estados Unidos y México en 1994, cuando las Partes suscribieron el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN). La CCA tiene como misión contribuir a la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente de América del Norte a través de la cooperación y la participación ciudadana. En el contexto de los crecientes vínculos económicos, comerciales y sociales entre los tres países, la CCA trabaja para beneficio de las generaciones presentes y futuras.

El presente informe fue elaborado por el Secretariado de la CCA en conformidad con el artículo 13 del ACAAN. Las recomendaciones incluidas son las del Grupo Asesor y no pretenden reflejar los puntos de vista del Consejo de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México. El informe se publica en los tres idiomas de la Comisión: español, francés e inglés. Sin embargo, el texto se redactó originalmente en inglés y luego se tradujo, por lo que en caso de cualquier controversia relacionada con el sentido, deberá hacerse referencia a la versión en inglés.

Prefacio

Cuando en 2001 se informó de la propagación de maíz genéticamente modificado entre variedades criollas en los valles elevados de Oaxaca, la consabida controversia y el debate en torno a los cultivos genéticamente modificados, o transgénicos, se arraigaron de pronto en México. Más recientemente, las pruebas auspiciadas por el gobierno de México han confirmado la presencia de material transgénico en los maizales de la región de la Sierra Norte y de otros lugares.

Al igual que muchas otras personas, los campesinos saben bien que las plantas de polinización abierta como el maíz intercambian sus genes con gran facilidad, por lo que era natural que se preocuparan y tuvieran dudas en torno a los efectos de los transgenes. ¿Es seguro el maíz transgénico? ¿Qué impacto tendrá la propagación de transgenes en razas nativas —y tal vez también en sus parientes silvestres—, tanto en la rica diversidad genética de México como en tan importante recurso mundial?

En 2002, el Secretariado de la CCA respondió a las solicitudes de representantes de la sociedad civil mexicana, organizaciones internacionales y, en particular, grupos indígenas y campesinos de Oaxaca y Puebla, en cuanto a que iniciáramos un estudio independiente para determinar los hechos.

Teniendo en mente que los tres países de América del Norte comparten un medio ambiente único, el Secretariado de la CCA aceptó estudiar el asunto y elaborar un informe con arreglo al artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Este artículo autoriza al Secretariado preparar para el Consejo de la CCA, los secretarios de Estado de medio ambiente o su equivalente en cada país, informes ocasionales sobre asuntos ambientales de relevancia.

Este informe, el quinto que el Secretariado elabora en términos del artículo 13, coincide con el décimo aniversario de la CCA. Tiene lugar luego de la reciente *Declaración de Puebla*, en la que el Consejo de la CCA refrendó su apoyo a nuestra labor para identificar y evaluar temas de reciente importancia. Al igual que los estudios anteriores conforme al artículo 13, el presente informe constituye un ejemplo de cómo el Secretariado de la CCA puede convocar a expertos de América del Norte y de otras partes del mundo en torno a tan importante tema ambiental.

Nuestro trabajo reviste un carácter urgente. En todo el mundo, la modificación genética representa esperanzas de mejorar la productividad agrícola, aumentar la resistencia a las enfermedades y disminuir la dependencia de plaguicidas. Si los agricultores tienen acceso a variedades transgénicas que perciben como valiosas, las entrecruzarán con variedades tradicionales, con lo que los transgenes y sus rasgos se propagarán en los campos de cultivo de maíz criollo. Por otro lado, se desconocen los efectos de largo plazo que ello pueda tener en el medio ambiente, la salud y las razas locales y especies silvestres en México.

La complejidad del asunto y la falta de acuerdo al respecto entre los científicos pueden con facilidad resultar más que desconcertantes. En México —centro mundial de origen y diversidad del maíz— la problemática se torna especialmente grave. A pesar de la considerable controversia al respecto, nos anima el hecho de que las recomendaciones que este informe plantea al Consejo de la CCA representan las conclusiones unánimes de nuestro Grupo Asesor internacional, independiente y multisectorial. Confiamos en que este

informe contribuirá a un mejor conocimiento y a respuestas bien fundadas en torno al maíz transgénico, por parte tanto de la ciudadanía como de los responsables de la toma de decisiones.

William V. Kennedy

Director Ejecutivo, Secretariado de la CCA

Agradecimientos

El Secretariado de la CCA desea agradecer a las numerosas personas y organizaciones que contribuyeron con su tiempo y energía a la realización satisfactoria de este informe del Artículo 13. Especial mención merecen los esfuerzos del Grupo Asesor de la CCA sobre Maíz y Biodiversidad, presidido por el doctor José Sarukhán, cuyos integrantes trabajaron con un plazo muy apretado para llegar a acuerdos sobre las principales conclusiones y recomendaciones al Consejo de la CCA que constituyen la parte medular del documento (véase la lista de los integrantes del Grupo Asesor en el cuadro 1). La intervención de cada miembro fue esencial para la elaboración del informe y el Secretariado agradece a cada uno su extraordinaria dedicación y actitud colegiada durante los pasados dos años. También se reconoce con gratitud a los autores de los cuatro documentos de antecedentes elaborados al principio del proceso (véase el cuadro 2), los 18 autores que escribieron los diez capítulos que integran el volumen de referencia en el que este informe se basa y los 25 revisores externos de tales capítulos (véase el cuadro 3). Además, el Secretariado de la CCA agradece a los numerosos funcionarios gubernamentales y comentaristas que aportaron sus opiniones —orales o por escrito— durante el simposio.

Asimismo, la CCA desea reconocer y agradecer a los numerosos ciudadanos de Canadá, Estados Unidos y México que respondieron a nuestras convocatorias para la presentación de comentarios, asistieron a las reuniones públicas y mejoraron nuestro trabajo y proceso. Gracias por su interés, compromiso y confianza en la CCA.

Esta iniciativa, emprendida en términos del Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), que autoriza al Secretariado para abordar temas clave en materia ambiental, de ninguna manera habría sido posible sin la labor de coordinación de la jefa del programa Medio Ambiente, Economía y Comercio de la CCA, Chantal Line Carpentier, y sin el apoyo del jefe del programa Conservación de la Biodiversidad de la Comisión, Hans Herrmann, así como de numerosos colegas en la CCA, entre ellos Vic Shantora, Tim Whitehouse, Manon Pepin, Doug Wright, Hernando Guerrero y William Kennedy. Por último, el Secretariado agradece al personal del Departamento de Comunicaciones de la CCA por su profesionalismo, paciencia y presteza de siempre en la edición y traducción de los diversos documentos elaborados para esta iniciativa.

Introducción

Este informe presenta las principales conclusiones y recomendaciones al Consejo de la CCA sobre maíz y diversidad genética en México. El contexto, el mandato, el proceso y el marco de trabajo que condujeron a estas recomendaciones se resumen a continuación. Además, se incluye un glosario de términos técnicos. Para obtener mayor información sobre el contexto histórico y contemporáneo, así como los documentos de antecedentes y los capítulos del volumen de referencia elaborados a lo largo del estudio, se recomienda consultar la página de la CCA en Internet: <http://www.cec.org/maize/index.cfm?varlan=english>.

El contexto

En abril de 2002, la CCA recibió una solicitud de 21 comunidades indígenas de Oaxaca y tres grupos ambientalistas mexicanos —Greenpeace México, el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (Cemda) y la Unión de Grupos Ambientalistas (Ugam)—, solicitud que luego fue apoyada por más de 90 cartas de organizaciones e instituciones de los tres países miembros del TLCAN y en la que se exhortaba a realizar un análisis de los efectos de la introgresión transgénica en las variedades de maíz criollo en México. (Véase el apéndice con el resumen ejecutivo de la petición original.) Se consideró que este asunto podía revestir gran importancia ambiental, toda vez que México es un centro de origen y diversidad del maíz y el grano está intrínsecamente ligado a la cultura mexicana, sobre todo de las comunidades indígenas.

La redacción de este informe no fue tarea fácil. Persisten numerosas cuestiones en torno del maíz transgénico que la ciencia no ha resuelto, entre ellas incluso el alcance regional de la introgresión de material transgénico en las razas locales o variedades criollas de México. Asimismo, persisten profundas diferencias respecto de los posibles riesgos que esos organismos genéticamente modificados (OGM) pueden representar para el medio ambiente y la salud humana y animal, así como sobre las posibles ventajas asociadas a ellos. Los efectos sociales, culturales, económicos y comerciales de los avances tecnológicos y otros cambios en la agricultura son también objeto de debates dinámicos. Estos efectos adquieren particular relieve en el caso de México, donde el maíz se creó a partir de la domesticación del teocintle y en cuyo territorio el grano conserva actualmente una enorme diversidad genética. En reconocimiento de tales dificultades, y a fin de orientar la elaboración del informe, la CCA conformó un grupo asesor representativo de los sectores académico e industrial, organizaciones no gubernamentales (ONG) y grupos comunitarios e indígenas (véase el cuadro 1). Los 16 miembros que integran el Grupo Asesor se eligieron con base en la experiencia y los conocimientos en su campo de estudio, y no en representación de organización o institución alguna en particular. Al comienzo de la iniciativa, todos los integrantes del Grupo Asesor suscribieron una declaración de ausencia de conflicto de intereses.

Cuadro 1. Grupo Asesor sobre Maíz y Biodiversidad

Nombre	Organización	País
José Sarukhán, Presidente	Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México	México
David A. Andow	Departamento de Entomología, Universidad de Minnesota	Estados Unidos
Mindahi Bastida Muñoz	Consejo Mexicano para el Desarrollo Sustentable; integrante del Comité Consultivo Público Conjunto de la CCA	México
Andrew Baum	SemBioSys Genetics Inc.	Canadá
Susan Bragdon	International Plant Genetic Resources Institute	Estados Unidos
Conrad G. Brunk	Departamento de Filosofía, Centro de Estudios sobre Religión y Sociedad, Universidad de Victoria	Canadá
Don S. Doering	Winrock International	Estados Unidos
Norman Ellstrand	Departamento de Botánica y Fitología, Centro sobre Efectos de la Biotecnología, Universidad de California en Riverside	Estados Unidos
Amanda Gálvez Mariscal	Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México	México
Luis Herrera Estrella	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	México
Julian Kinderlerer	Instituto de Legislación y Ética en Biotecnología, Facultad de Derecho, Universidad de Sheffield	Inglaterra
Lilia Pérez Santiago	Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecas-Chinantecas de la Sierra Juárez, Uzachi	México
Peter Phillips	Departamento de Economía Agrícola, Universidad de Saskatchewan	Canadá
Peter H. Raven	Jardín Botánico de Missouri	Estados Unidos
Allison A. Snow	Departamento de Evolución, Ecología y Biología de los Organismos, Universidad del Estado de Ohio	Estados Unidos
José Luis Solleiro Rebolledo	Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (Cecadet), Universidad Nacional Autónoma de México	México

Mandato y alcance del estudio

El presente informe analiza los efectos probables de los usos actuales y futuros del maíz transgénico, en comparación con la producción de maíz no transgénico, en: la diversidad genética de las razas locales y los parientes silvestres del maíz, la biodiversidad agrícola y natural, la salud humana[1] y los valores sociales y la identidad cultural.

El informe se centra en los posibles efectos que el cultivo de variedades comerciales de maíz transgénico —existentes y de próximo desarrollo— puede tener en las razas tradicionales de maíz y los teocintles, así como en el impacto de la posible introgresión de transgenes en esas entidades taxonómicas. Además, a fin de garantizar que el presente

[1] Originalmente el Grupo Asesor se propuso examinar también los posibles efectos en la salud animal, pero esto demostró ser impráctico.

documento contribuya a la definición de políticas y la investigación científica, se toman en consideración las probables variedades futuras de maíz transgénico.
Al examinar los efectos del cultivo de maíz transgénico, el Grupo Asesor procuró identificar y evaluar tanto los riesgos como los beneficios para las partes interesadas y afectadas y para la biodiversidad del maíz en México. Varios de los diez capítulos que conforman el volumen de referencia en el que este informe se basa analizan cuestiones relacionadas con el flujo de genes —directo e indirecto— de variedades transgénicas hacia maíces criollos y sus parientes silvestres, y con la conservación de la diversidad biológica del maíz en las inmediaciones de su centro de origen. También se ocupan del contexto y los antecedentes del maíz silvestre y cultivado en México; presentan un marco para juzgar y comprender los posibles riesgos y beneficios; contribuyen al entendimiento de la biología del maíz y de los valores comunitarios para mejorar la comunicación y la participación, y examinan opciones para manejar los riesgos potenciales e incrementar los posibles beneficios. Otros capítulos aluden a asuntos relacionados con los posibles efectos del maíz transgénico en la biodiversidad, la diversidad genética, la agricultura, la sociedad, la cultura y la salud humana. Las limitaciones en tiempo y dinero impidieron completar un análisis económico sobre el maíz transgénico en México.
Se examinan también aspectos relacionados con la distribución de riesgos y beneficios entre las partes afectadas. El Grupo Asesor reconoció que tales evaluaciones y estrategias de manejo deben tomar en cuenta el conocimiento científico, un sistema agrícola y social complejo y la incertidumbre inherente. Los capítulos que integran el volumen de referencia no pretenden reflejar las opiniones del Grupo Asesor, el Secretariado o el Consejo de la CCA. De hecho, en los textos pueden reflejarse diferentes interpretaciones e incluso perspectivas contrastantes.

El proceso

El Grupo Asesor sobre Maíz y Biodiversidad asumió el compromiso de procurar los más altos niveles de precisión científica y objetividad, transparencia, comunicación y participación de los interesados en la elaboración y revisión de este informe. Se trataba de que el Grupo orientara al Secretariado en el proceso de análisis y brindara a los tres países del TLCAN recomendaciones que reflejen las diversas perspectivas, se caractericen por su rigor analítico y propuesta conceptual, y sirvan de base para la acción de las dependencias nacionales científicas y responsables de la definición de políticas. Para ello se emprendieron los siguientes pasos: a) elaboración de documentos de antecedentes para ayudar a definir el alcance y amplitud del trabajo (véase el cuadro 2); b) en función de ello, definición de los temas y bosquejos de los capítulos; c) selección de los autores y aporte de directrices claras respecto del alcance de sus capítulos, así como supervisión editorial; d) entrega de los textos de los capítulos para la revisión de especialistas y garantía de una adecuada atención a los comentarios derivados de dicho proceso de revisión; e) organización de un simposio abierto al público para dar a conocer los resúmenes de los capítulos y recoger y tomar en consideración los comentarios y reacciones, y f) elaboración de un informe que incluyese las principales conclusiones y recomendaciones. Las conclusiones y recomendaciones que integran este informe se derivaron, pues, de diversas fuentes, incluidos los capítulos del volumen de referencia elaborado para el Secretariado y sometido a revisión externa, la experiencia profesional de sus propios integrantes y los

comentarios recibidos durante el simposio público y posteriormente, así como los comentarios de las Partes del ACAAN en torno a los capítulos de referencia y al borrador preliminar del informe.

Cuadro 2. Documentos de antecedentes

Título	Autores
Resumen temático	Chantal Line Carpentier y Hans Herrmann, CCA
Aspectos ecológicos, biológicos y de agrobiodiversidad de los impactos del maíz transgénico	Elena R. Álvarez Buylla, Laboratorio de Genética Molecular, Desarrollo y Evolución de Plantas, Instituto de Ecología, UNAM
Aspectos socioculturales de la diversidad del maíz nativo	Miguel A. Altieri, Departamento de Ciencias, Políticas y Gestión del Medio Ambiente, Universidad de California, Berkeley.
Valoración económica	Scott Vaughan, Unidad para el Desarrollo Sustentable y el Medio Ambiente, Organización de Estados Americanos

Los esquemas detallados de los capítulos se formularon bajo la dirección del Grupo Asesor, y el 6 de mayo de 2003 se les incorporó en la página de la CCA en Internet para comentarios públicos. Luego se solicitó al propio Grupo Asesor y a la ciudadanía proponer nombres de los posibles autores para cada capítulo. A continuación, el Grupo Asesor seleccionó, mediante un proceso de votación secreta, a los mejores autores disponibles para la redacción de los capítulos. Se hizo un esfuerzo para asegurar la participación de expertos mexicanos como autores o coautores a efecto de captar en toda su complejidad la producción, el consumo y la apreciación del maíz en México. Se seleccionó, en total, a 18 autores y coautores para los diez capítulos de referencia. Se designó a un coordinador del Grupo Asesor encargado de revisar cada capítulo antes de remitirlo a revisión externa (véase el cuadro 3). Se responsabilizó a los coordinadores del Grupo de asegurarse de la debida atención a todos los comentarios, ya fuera directamente en el capítulo o mediante una respuesta a los revisores junto con el comentario original en un apéndice en el sitio en Internet de la CCA. En todos los casos se siguió un proceso de revisión riguroso y transparente, similar al de los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático o al del próximo informe Evaluación del Milenio sobre los Ecosistemas. Los nombres de los autores y revisores se presentan en cada capítulo. Además de los miembros del Grupo Asesor, se contó con la participación de un total de 23 revisores externos; en promedio, cada capítulo fue revisado por cuatro o cinco revisores externos. Esta transparencia en el proceso de revisión contribuyó a poner de relieve áreas en las que no existe consenso científico, y permite presentar los diversos puntos de vista en áreas específicas de investigación. Todos los comentarios y revisiones a los capítulos, junto con los capítulos originales, pueden consultarse en la página de la CCA en Internet, <www.cec.org/maize>, y se publicarán como volumen de referencia.

Cuadro 3. Volumen de referencia — Títulos, autores y revisores de los capítulos

Capítulo	Autor	Coautor	Revisores del Grupo Asesor	Revisores externos
Capítulo 1 Contexto y antecedentes del maíz silvestre y el cultivado en México	Antonio Turrent (INIFAP)	José Antonio Serratos Hernández (Cimmyt)	José Sarukhán (coordinador)	Flavio Aragón Garrison Wilkes Al McHughen Margaret Smith

				Rafael Ortega Paczka
Capítulo 2 Identificación de los posibles beneficios y riesgos	Paul Thompson (Universidad del Estado de Michigan)		Don Doering (coordinador) José Luis Solleiro Lilia Pérez Santiago Conrad G. Brunk	Elena Álvarez Buylla Al McHughen Maarten Chrispeels Barry Commoner
Capítulo 3 Evaluación de los efectos en la diversidad genética	Julien Berthaud (IRD)	Paul Gepts (Universidad de California, Davis)	Norman Ellstrand (coordinador) Allison Snow José Luis Solleiro Peter Raven	Lesley Blancas Rafael Ortega Paczka Marilyn Warbuton Garrison Wilkes
Capítulo 4 Evaluación de los efectos en los ecosistemas naturales	Lillian LaReesa Wolfenbarger (Universidad de Nebraska, Omaha)	Mario González Espinosa (Ecosur)	Peter Raven (coordinador) José Sarukhán	Deborah Letourneau Angelika Hilbeck Garrison Wilkes Daniel Piñero
Capítulo 5 Evaluación de los efectos biológicos en la agricultura	Major Goodman (Universidad del Estado de Carolina del Norte)	Luis Enrique García Barrios (Ecosur)	David Andow (coordinador) José Luis Solleiro Peter Raven David Andow	Angelika Hilbeck Elena Álvarez Buylla Flavio Aragón Eric Van Dusen Garrison Wilkes Mark E. Whalon
Capítulo 6 Evaluación de los efectos sociales y culturales asociados con la producción de maíz transgénico	Stephen Brush (Universidad de California, Davis)	Michelle Chauvet (Universidad Autónoma Metropolitana)	Julian Kinderlerer (coordinador) José Luis Solleiro Mindahi Bastida Muñoz José Sarukhán	Rafael Ortega Paczka Kirsten Appendini Garrison Wilkes
Capítulo 7 Evaluación de los efectos en la salud	Héctor Bourges (UNAM)	Samuel Lehrer (Centro Médico de la Universidad de Tulane)	Amanda Gálvez Mariscal (coordinadora) José Luis Solleiro Peter Raven Luis Herrera-Estrella	David Miller Barry Commoner Armando Sadajiko Shimada
Capítulo 8 Marco para analizar los beneficios y riesgos potenciales	Mauricio Bellon (Cimmyt)	George Tzotzos (ONUDI) Paul Thompson	Peter Phillips (coordinador) José Luis Solleiro Amanda Gálvez Mariscal Julian Kinderlerer Conrad G. Brunk	Kathleen McAfee Eric Van Dusen Gary Comstock Michelle Marvier
Capítulo 9 Comprendiendo biología compleja y valores comunitarios: comunicación y participación	Jorge Larson (Conabio)	Michelle Chauvet (Universidad Autónoma Metropolitana)	Julian Kindelerer	Bill Hallman Rosa Luz González Aguirre
Capítulo 10 Prevención de riesgos potenciales y capitalización de beneficios posibles: identificación y análisis de las herramientas de manejo y las opciones de política	Reynaldo Ariel Álvarez (Cinvestav)	John Komen (ISNAR)	David Andow (coordinador) Amanda Gálvez Mariscal Don Doering Susan Bragdon	Marilyn Warbuton Stuart Smyth George Khachatourians Luciano Nass Michelle Marvier

Las versiones preliminares de los capítulos se presentaron en el simposio de la CCA sobre maíz y biodiversidad, el 11 de marzo de 2004 en Oaxaca, México, para recibir comentarios y opiniones de la ciudadanía que habrían de tomarse en consideración tanto en la versión final de los capítulos cuanto en las recomendaciones. El simposio contó con 384 asistentes: 280 de México, 51 de Estados Unidos y 43 de Canadá, con representación de todos los sectores sociales. Fue una de las raras ocasiones en que compañías productoras de semillas híbridas, instituciones académicas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales, grupos comunitarios *y* campesinos se reunieron bajo el mismo techo para aprender y debatir el tema en México. Además, hasta el 10 de abril de 2004 se recibieron comentarios adicionales sobre los capítulos y sobre posibles recomendaciones, mismos que se hicieron llegar a los autores y a los miembros del Grupo Asesor.

El informe final del Secretariado se presentó al Consejo de la CCA el 14 de mayo de 2004, para revisión técnica. Aun cuando dicha revisión dio lugar a ciertas modificaciones, las principales conclusiones y recomendaciones unánimes del Grupo Asesor se conservan sin cambios.

Los apartados que presentan las principales conclusiones y recomendaciones han sido organizados por temas: 1) maíz transgénico y flujo de genes, 2) efectos en la biodiversidad, 3) consecuencias en la salud y 4) efectos socioculturales en México. Al formular sus recomendaciones, el Grupo Asesor tuvo presentes los enfoques nacionales para la vigilancia de la biotecnología de cada país, y también que las Partes han suscrito diversos acuerdos y tratados internacionales relacionados con el maíz transgénico (véase el cuadro 4). Si bien en todo momento se rigió por el mejor conocimiento científico disponible para los distintos aspectos, el Grupo reconoce que son muchos los aspectos sociales y culturales de relevancia que están en juego, por lo que ha procurado hacer su mejor evaluación de los elementos socioculturales pero, al mismo tiempo, establecer una clara distinción entre tales consideraciones y las evidencias científicas respecto de los efectos en la salud y el medio ambiente.

Marcos y enfoques considerados en las recomendaciones del Grupo Asesor sobre Maíz de la CCA

El Grupo Asesor consideró que las opciones de política pueden incluir los siguientes enfoques no excluyentes para eludir, mitigar y tolerar riesgos. Entre los ejemplos de enfoques para eludir riesgos están las opciones que restringen la importación y el cultivo comercial de maíz genéticamente modificado (GM). La mitigación de riesgos puede incluir políticas para eliminar transgenes de variedades de maíz afectadas. Las opciones de tolerancia de riesgos incluyen la comunicación al respecto y la participación de las partes interesadas y afectadas en la formulación de estrategias de manejo que mantengan los riesgos dentro de límites aceptables para las partes.

Cuadro 4. Acuerdos y obligaciones internacionales de los países signatarios del TLCAN

	Canadá	Estados	México

		Unidos	
Tratado de Libre Comercio de América del Norte	Parte	Parte	Parte
Convenio sobre la Diversidad Biológica	Parte	Signatario	Parte
Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad	Signatario	—	Parte
CODEX ALIMENTARIUS: Grupo de Acción Intergubernamental Especial sobre Alimentos Obtenidos por Medios Biotecnológicos	Miembro	Miembro	Miembro
Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura	Signatario	Signatario	—
Convenio de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (Convenio de la UPOV)	Signatario (Ley de 1978)	Signatario (Ley de 1991[2])	Signatario (Ley de 1978)
Organización Mundial de Comercio (incluido Acuerdo ADPIC)	Parte	Parte	Parte

[2] Con una reserva en términos del artículo 35(2).

Canadá, Estados Unidos y México son miembros de la Organización Mundial de Comercio. Cualquier política recomendada debe ajustarse a los principios del Acuerdo sobre Aplicación de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (Acuerdo MSF), por ejemplo, los que especifican que las medidas MSF deben respetar el principio de la no discriminación, ser lo menos restrictivas del comercio y ajustarse a las principales normas internacionales. Asimismo, ha de considerarse el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (Acuerdo OTC), que establece que las normas técnicas deben ser no discriminatorias (artículo 2.1) y no más restrictivas del comercio que lo estrictamente necesario para el cumplimiento de un objetivo legítimo (artículo 2.2). Se exhorta a los gobiernos a procurar equivalencias en aspectos técnicos y el reconocimiento mutuo de procedimientos de evaluación del cumplimiento con el propósito de reducir lo restrictivo de las medidas.

El Grupo Asesor ha tomado en consideración el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), ratificado por México y Canadá, y suscrito pero no ratificado por Estados Unidos, que alienta el respeto por las comunidades indígenas, así como una mayor aplicación de sus conocimientos tradicionales y una participación equitativa de los beneficios de ellos derivados [en conformidad con el artículo 8(j)], y refrenda un enfoque de precaución para la evaluación del riesgo [en el artículo 8(g)].

Dicho enfoque precautorio se promueve en el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad, del CDB, aplicable al movimiento transfronterizo, el tránsito, la manipulación y la utilización de todos los organismos vivos modificados (OVM) (artículo 4), en las disposiciones de los artículos 10.6 "Procedimiento de adopción de decisiones"[3] y 11.8[4] y, en particular, en el anexo III del Protocolo, que sugiere que la evaluación del riesgo se realice caso por caso, en función del organismo vivo modificado, su uso previsto y el probable medio receptor. México y Canadá suscribieron ya el Protocolo, y México lo ha ratificado, comprometiéndose con sus requerimientos y obligaciones. Si bien ni Canadá ni Estados Unidos son partes del Protocolo, ambos países han señalado que colaborarán con las partes para hacer frente a las preocupaciones relacionadas con el comercio de OVM. El Protocolo establece los aspectos socioeconómicos que deben tomarse en consideración para la reglamentación del movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados: las partes "podrán tener en cuenta, de forma compatible con sus obligaciones internacionales, las consideraciones socioeconómicas resultantes de los efectos de los organismos vivos modificados para la conservación y la utilización sustentable de la diversidad biológica, especialmente en relación con el valor que la diversidad biológica tiene para las comunidades indígenas y locales" (artículo 26).

---

[3] El artículo 10.6 del Protocolo establece: "El hecho de que no se tenga certeza científica por falta de información o conocimientos científicos pertinentes suficientes sobre la magnitud de los posibles efectos adversos de un organismo vivo modificado en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica en la Parte de importación, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, no impedirá a la Parte de importación, a fin de evitar o reducir al mínimo esos posibles efectos adversos, adoptar una decisión, según proceda, en relación con la importación del organismo vivo modificado de que se trate como se indica en el párrafo 3 *supra*."

4 El artículo 11.8. señala: "El hecho de que no se tenga certeza científica por falta de información y conocimientos pertinentes suficientes sobre la magnitud de los posibles efectos adversos de un organismo vivo modificado en la conservación y utilización sustentable de la diversidad biológica en la Parte de importación, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, no impedirá a esa Parte, a fin de evitar o reducir al mínimo esos posibles efectos adversos, adoptar una decisión, según proceda, en relación con la importación de ese organismo vivo modificado destinado para uso directo como alimento humano o animal o para procesamiento."

El Grupo Asesor tomó en cuenta los principios formulados por el Comité Consultivo Canadiense sobre Biotecnología en cuanto a que las medidas precautorias deben: 1) ser eficaces y proporcionales a la posible gravedad del riesgo en cuestión, considerando los beneficios y costos de la adopción de medidas o de la falta de intervención; 2) estar sujetas a reconsideración sobre la base de los avances de la ciencia, la tecnología y la opinión de la sociedad respecto del nivel de protección aceptable; 3) ser no discriminatorias entre situaciones que presentan riesgos similares, y congruentes con las medidas adoptadas en circunstancias similares; 4) constituir la opción menos restrictiva del comercio en los casos en que existe más de una opción, y 5) administrarse en una forma transparente y responsable, que incluya la participación pública.

Asimismo, el Grupo consideró los principios y las prácticas puestos en marcha por el gobierno de Estados Unidos para la regulación y vigilancia de la biotecnología, de acuerdo con la propuesta de la Oficina de Política Científica y Tecnológica (*Office of Science and Technology Policy*, OSTP) de 1986, y luego modificados por la OSTP, el Departamento de Agricultura, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Administración de Alimentos y Fármacos (*Food and Drug Administration*, FDA).

El Grupo Asesor tomó también en cuenta las disposiciones del artículo 282 de la Ley General de Salud, cuya aplicación recae en la Secretaría de Salud de México y que establece como requisito obligatorio la notificación de la intención de introducir en el mercado un producto biotecnológico. A efecto de cumplir con este requisito, el exportador debe presentar un expediente de análisis de la seguridad del alimento para revisión de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris). La Cofepris comunica la resolución final de la evaluación y publica una "lista definitiva" del cultivo transgénico y los rasgos específicos aprobados para el consumo (véase <http://www.cofepris.salud.gob.mx/pyp/biotec/biotec.htm>).
Asimismo, se consideró el acuerdo trilateral "Requisitos de Documentación para Organismos Vivos Modificados para Alimentación, Forraje o Procesamiento OVM/AFP", que Canadá, Estados Unidos y México suscribieron en octubre de 2003, con el propósito de aclarar los requisitos de documentación que cumplen con el Protocolo de Bioseguridad de Cartagena sin interrumpir innecesariamente el comercio de mercancías (véase <http://www.cibiogem.gob.mx/normatividad/Documento Trilateral/Trilat-arrgmt Esp.htm>).
Finalmente, el Grupo Asesor consideró también que, hasta finales de 2003, Estados Unidos registró o liberó alrededor de 20 variedades de maíz transgénico para uso comercial, en tanto que Canadá tiene registradas actualmente diez variedades y México no ha autorizado ninguna para cultivo comercial pero sí seis para importación con fines de alimentación, forraje o procesamiento. Por consiguiente, las importaciones pueden contener una mezcla de variedades autorizadas y no autorizadas. Estas discrepancias denotan una evidente necesidad de desarrollo de la capacidad en el sector salud de México en lo que se refiere a detección y evaluación del riesgo para el consumo (véase <http://bch.biodiv.org/database/record.aspx?searchid=122521&recordid=1358>>).

Principales conclusiones

Contexto del maíz GM en México

Los elevados niveles de pobreza; el que grandes porciones de la población dependan exclusivamente de la agricultura para su ingreso y seguridad alimentaria, y una considerable población indígena son factores que distinguen al México rural del agro en Estados Unidos o Canadá. México enfrenta una "crisis rural" de pobreza, migración y desplazamiento conforme la economía mexicana transita de una base rural y agrícola hacia una mayoría urbana sustentada en la manufactura y los servicios. En regiones donde se cultiva el maíz criollo, la memoria cultural y la historia política reciente han contribuido entre las comunidades indígenas a la percepción de inequidades e injusticias en manos de mexicanos mestizos, estadounidenses y las élites de poder. El asunto del impacto del maíz transgénico en el maíz criollo se ha visto entrelazado con problemas y agravios históricos que afectan al campesinado mexicano y que no están directamente asociados con el maíz mejorado o con las variedades tradicionales. Por otra parte, es posible que quienes defienden un uso extendido de la ingeniería genética y un comercio sin restricciones tengan intereses creados en aspectos del desarrollo científico y tecnológico, el comercio, la influencia política o la agricultura industrializada en Canadá, Estados Unidos y México.

Todas estas cuestiones se entretejen en el debate sobre los efectos de la presencia de transgenes en las razas locales de maíz mexicano. Los responsables de la toma de decisiones deben tener cuidado de reconocer el impacto de asuntos más amplios en las opiniones e intereses tanto de quienes defienden como de quienes se oponen al maíz transgénico en México. Así, la controversia en torno al maíz GM puede ya sea reflejar importantes posiciones subyacentes o bien ser aprovechada con fines políticos por defensores y opositores de los cultivos transgénicos.

Flujo génico

Flujo génico entre variedades de maíz y sus parientes silvestres en México

1. Se ha demostrado experimental y teóricamente que el flujo de genes entre razas de maíz criollo —y también entre variedades tradicionales y modernas— tiene lugar. Todas las variedades de maíz, *Zea mays* ssp. *mays*, son interfértiles y producen progenie fértil.
2. Diversos estudios descriptivos han demostrado que el flujo génico entre maíz y teocintle ocurre, pero no se sabe a ciencia cierta cuánto tiempo persisten los genes de maíz en las poblaciones de teocintle luego de que la hibridación ha tenido lugar en el campo. El ritmo con que los genes de variedades cultivadas se introducen en las poblaciones de teocintle puede estar limitado por barreras genéticas parciales y posteriormente por la aptitud relativa de los híbridos.
3. El flujo de genes es importante en el dinámico proceso por el que los recursos genéticos del maíz se manejan en las milpas (*in situ*) en México. Los campesinos mexicanos a menudo intercambian semillas; siembran mezclas de semillas de distintas fuentes, incluidas ocasionalmente variedades híbridas modernas, y con

frecuencia permiten y procuran la polinización cruzada entre diferentes variedades cuando éstas se cultivan en cercanía. A pesar del flujo génico, los campesinos tienen la capacidad de seleccionar y perpetuar diversas variedades criollas y cultivares.

Presencia y fuentes de transgenes en México

4. Los transgenes se han introducido en algunas variedades tradicionales de maíz en México. Ello fue confirmado mediante investigaciones científicas auspiciadas por el gobierno mexicano. Sin embargo, no se han publicado resúmenes de este trabajo revisados por especialistas y la información difundida hasta ahora ha sido vaga. En todo caso, no cabe duda de que los transgenes están ya presentes en el maíz mexicano y se propagarán.

5. Se prevé que, una vez presentes en cierta región, los transgenes —al igual que otros alelos de variedades modernas— se incorporarán en las variedades locales. Si con el tiempo los nuevos alelos (transgénicos o no) se incrementan, o bien disminuye su frecuencia, dependerá de una variedad de factores (véase más abajo).

6. Constantemente entra en México maíz transgénico vivo, sobre todo a través de las importaciones del grano, pero también llevado por los trabajadores migratorios que regresan de Estados Unidos. La principal fuente probable de los transgenes presentes en las razas de maíz mexicano es el grano cultivado en Estados Unidos.

7. Con base en la proporción de maíz transgénico que hoy día se cultiva en Estados Unidos, se calcula que las importaciones mexicanas de maíz estadounidense son transgénicas en una proporción de 25 a 30 por ciento. En Estados Unidos, luego de la cosecha no se etiqueta ni se separa el maíz transgénico, sino que éste se mezcla con el grano no transgénico. Las dos variedades de maíz transgénico más cultivadas en ese país poseen, respectivamente, dos rasgos genéticamente modificados: 1) transgenes Bt para la resistencia a ciertas larvas de insectos, y 2) otros transgenes para la resistencia a ciertos herbicidas (véase <http://www.isb.vt.edu/>). Asimismo, el cultivo de unas cuantas variedades transgénicas con esterilidad masculina ha sido desregulado en Estados Unidos, donde también se permite el cultivo de ciertas variedades de maíz utilizadas para la producción comercial de compuestos industriales. El cultivo de maíz transgénico está en constante aumento en Canadá y Estados Unidos. Actualmente se desarrollan nuevas clases de maíz transgénico y es probable que en los próximos años se liberalice su cultivo en estos países.

8. El cultivo de una clase de maíz transgénico (Bt) denominado Starlink™ se prohibió en Estados Unidos. En 2000, luego de que se le aprobara para uso exclusivo en la alimentación animal, el maíz Starlink™ se cultivó ampliamente; sin embargo, en forma inadvertida se introdujo en el suministro de alimentos estadounidense. No se han asociado a este evento efectos dañinos en la salud o el medio ambiente. El transgén Bt Starlink™ aún se encuentra en frecuencias bajas en el sistema de granos estadounidense, mas no se sabe si está presente en variedades mexicanas de maíz criollo, aunque ello parece improbable. A la fecha no se han publicado trabajos al respecto revisados por especialistas.

9. En Estados Unidos y en Canadá se han producido en cultivos experimentales de pequeña escala variedades de maíz no reguladas y no comercializadas con docenas de otros rasgos transgénicos (véanse <http://www.isb.vt.edu/> y <http://www.inspection.gc.ca/english/sci/biotech/gen/pntvcne.shtml>). En comparación con los transgenes de amplio cultivo comercial, es mucho menos probable que estos otros transgenes se propaguen en México, ya que se les cultiva en pequeñas parcelas y tanto el Departamento de Agricultura estadounidense como la Agencia Canadiense de Inspección de los Alimentos (dependencias encargadas de regular los cultivos experimentales en esos países) imponen estrictos requisitos de confinamiento de los transgenes experimentales. No se sabe si transgenes de los primeros cultivos experimentales en México (anteriores a 1998) están presentes en el maíz mexicano; sin embargo, ello se considera muy poco probable.

10. Una ruta probable de introgresión transgénica (es decir, de propagación y persistencia de transgenes) en razas nativas consiste en que campesinos de comunidades rurales siembren granos transgénicos importados que han llegado a sus manos a través de una dependencia gubernamental (por ejemplo, Diconsa, S.A. de C.V.). De hecho, se sabe que los campesinos ocasionalmente siembran semillas de Diconsa junto con sus variedades locales de maíz criollo. La polinización cruzada puede tener lugar entre cultivares modernos y maíces tradicionales que crecen en proximidad y florecen al mismo tiempo. Los campesinos almacenan e intercambian los granos, algunos de los cuales pueden ser transgénicos, y así el ciclo del flujo de genes puede repetirse, y los transgenes propagarse aún más.

Persistencia de transgenes en razas locales y en teocintles

11. Los nuevos alelos introducidos por flujo génico pueden persistir o no en las poblaciones receptoras, dependiendo de: 1) si el flujo de genes es un evento único o recurrente; 2) la tasa de flujo génico, y 3) el tamaño de la población receptora y si el nuevo alelo resulta localmente perjudicial, benéfico o neutral. Estos principios se aplican lo mismo a los genes convencionales que a los transgenes.

12. Los transgenes benéficos y neutrales en términos de selección tienen el potencial de persistir indefinidamente en las variedades criollas de maíz. Se prevé que la frecuencia de los transgenes aumente si los campesinos muestran preferencia por estos rasgos o si los transgenes confieren a la planta una ventaja reproductiva.

13. Los transgenes Bt pueden verse favorecidos en los procesos de selección de las poblaciones receptoras si protegen a las plantas del daño de ciertas plagas de insectos. Por su parte, los transgenes que expresan tolerancia a herbicidas serán neutros para la selección a menos que la población receptora sea tratada con el herbicida en cuestión, en cuyo caso le conferirían una ventaja adaptativa. Estos pronósticos se sustentan en la premisa de que, aparte del rasgo buscado, la variedad transgénica no registra ningún otro cambio en su fenotipo.

14. La remoción de transgenes con introgresión extendida en variedades tradicionales puede resultar sumamente difícil, si no es que de hecho imposible.

15. No se sabe a ciencia cierta si los transgenes u otros genes de los cultivos pueden persistir de manera permanente en poblaciones de teocintle luego de ocurrida la hibridación.

Efectos esperados de los transgenes en la diversidad genética de razas locales y teocintles

16. No hay razón alguna para prever que un transgén habría de tener efectos mayores o menores en la diversidad genética de razas nativas o teocintles que otros genes de cultivares modernos empleados en forma similar.[5] La definición científica de diversidad genética alude a la suma de todas las variantes de cada gen en la reserva genética de una población, variedad o especie dadas. La reserva genética del maíz consiste en decenas de miles de genes, muchos de los cuales varían en y entre las poblaciones. Puesto que el maíz es una planta de fertilización cruzada con una muy elevada frecuencia de recombinación genética, resulta poco probable que los transgenes lleguen a desplazar —si acaso ello ocurre— más que a una porción sumamente pequeña de la reserva genética nativa. En cambio, los transgenes se agregarían a la mezcla dinámica de genes presentes en las razas locales, entre los que se incluyen los genes convencionales de cultivares modernos. Así, la introgresión de unos cuantos transgenes individuales difícilmente tendrá algún efecto biológico significativo en la diversidad genética de las variedades criollas de maíz.

17. Nota: En otro apartado de este informe se examinan los posibles efectos ecológicos de los transgenes que *podrían* diferir de los de otros genes del cultivo, junto con el hecho de que algunas personas piensan que los transgenes podrían ser perjudiciales para la salud humana, las propias razas nativas o el medio ambiente, y por lo tanto, perciben a los transgenes como una forma de contaminación genética. Ambas cuestiones son distintas de lo que se refiere a cómo los transgenes afectan la diversidad genética y el futuro cultivo del grano.

18. Las prácticas agrícolas modernas tienen efectos reales e importantes en la diversidad genética de las razas criollas de maíz mexicano. Por ejemplo, las presiones económicas asociadas a la agricultura moderna y las actuales asimetrías y economía del intercambio comercial de maíz entre México y Estados Unidos podrían provocar que campesinos y pequeños agricultores abandonaran el uso de razas nativas. El problema específico de la erosión genética en el maíz es producto de la interacción de muchos factores socioeconómicos, y en ello los efectos potenciales, directos e indirectos, del maíz transgénico no resultan claros.

19. Se requiere una combinación de prácticas de conservación *in situ* y *ex situ* para mantener en forma óptima la diversidad genética de las razas criollas de maíz. La conservación *ex situ* de la diversidad de las razas locales resulta insuficiente por sí sola, puesto que las variedades tradicionales son entidades en constante evolución. De manera similar, no basta con la pura conservación *in situ* (por los campesinos)

[5] Bellon, M.R. y J. Berthaud. 2004. "Transgenic maize and the evolution of landrace diversity in México. The importance of farmers' behavior". *Plant Physiol.* 134(3).

para preservar la diversidad genética, debido a que no necesariamente abarca toda la diversidad del pasado.

Biodiversidad

1. Biodiversidad es un término que se aplica a todas las especies, su variabilidad genética y las comunidades y ecosistemas en los que éstas existen.
2. De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la biodiversidad tiene "valores ecológicos, genéticos, sociales, económicos, científicos, educativos, culturales, recreativos y estéticos" esenciales para la vida humana.
3. La diversidad del maíz en México se mantiene fundamentalmente gracias a las comunidades rurales locales e indígenas. Este sistema permite la conservación de los recursos genéticos del maíz que constituyen la base de la alimentación y de la producción agrícola. En las seis o siete décadas pasadas, diversas instituciones en México, tales como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (Cimmyt), las instituciones de educación superior y algunas instituciones extranjeras, sobre todo de Estados Unidos, han contribuido a esta diversidad genética mediante la generación de gran cantidad de nuevas variedades de maíz.
4. Las razas de maíz criollo en México se han producido en forma dinámica y cambian continuamente como resultado de la selección humana y natural. No se trata de entidades estáticas o separadas, sino que el término "maíz criollo" corresponde a las diferentes variedades regionales en México.
5. En lo que respecta específicamente a la biodiversidad del maíz en México, tres áreas revisten particular interés:
    a. La diversidad genética del maíz y de las especies de teocintle, todas miembros del género *Zea*.
    b. Las diversas agrupaciones de plantas y animales que regularmente tienen lugar en los campos donde se cultiva maíz.
    c. La biodiversidad de las comunidades naturales y ecosistemas circundantes.
6. Estos tres aspectos plantean, todos, cuestiones importantes y llevan a las siguientes conclusiones:
    a. No existe evidencia alguna que sugiera que los mecanismos de la herencia de transgenes en el maíz mexicano o en los teocintles difieran de los patrones presentes en otros organismos o del comportamiento de genes y elementos genéticos en general.
    b. No se han registrado efectos negativos ni positivos del maíz transgénico en las plantas y animales que se agrupan o viven en las milpas o parcelas mexicanas; sin embargo, todavía es preciso realizar estudios específicos.
    c. Las características biológicas del maíz y de los teocintles son tales que parece poco probable que se propaguen en comunidades vecinas, sin importar si son transgénicas o no. Sin embargo, se desconocen los efectos del maíz GM en insectos —tanto especies objetivo como no previstas— que

se desplazan de una milpa a otra y entre comunidades naturales adyacentes en México.

d. La agricultura, no importa la forma en que se le practique, reduce el nivel general de la biodiversidad en relación con lo que era su condición prístina. Sigue abierta la interrogante de si la agricultura intensiva y concentrada afecta más a la biodiversidad que los sistemas productivos menos intensivos, menos productivos y más dispersos.

7. Las investigaciones y análisis científicos de los últimos 25 años han demostrado que el proceso de transferencia de un gen de un organismo a otro no entraña ninguna amenaza intrínseca, a corto o a largo plazo, para la salud, la biodiversidad o el medio ambiente. Por consiguiente, lo que debe examinarse a fin de determinar los riesgos o beneficios de un organismo o raza son sus características, independientemente de si los nuevos genes son transgenes o no.

Salud

1. No existe evidencia empírica alguna de que el proceso de producir cultivos GM sea dañino o benéfico *en sí* para la salud animal o humana. Lo que debe evaluarse son los efectos negativos o positivos de los productos de las plantas transgénicas, así como los de cualquier forma de cultivo mejorado, incluso por métodos de producción convencionales.
2. El volumen y la forma en que se consume el maíz difieren enormemente entre México y la mayoría de los demás países. El grano es fundamental para la dieta mexicana, razón por la que tanto los transgenes ya aprobados como los propuestos para futura introducción en México requieren especial consideración.
3. La producción de ciertos fármacos y compuestos industriales no aptos para el consumo humano y animal en cultivos de alimentos entraña riesgos para la salud humana únicos en su género. Esta cuestión reviste particular preocupación en el caso del maíz, que es un alimento básico producido mediante polinización abierta.
4. El sentir público expresado en el simposio de la CCA y en los comentarios escritos recibidos sugiere niveles de preocupación sobre la toxicidad del maíz GM entre la población mexicana considerablemente elevados, tanto como para ameritar una respuesta de política que podría incluir investigaciones específicas además de procesos de información y educación pública.

Aspectos socioculturales

El sistema del maíz en México

1. Decisiones de política nacional y los efectos de los mercados mundiales del maíz, sobre todo en relación con las exportaciones estadounidenses hacia México, dan cuenta del hecho de que México no sea hoy día autosuficiente en la producción de maíz.

2. La industria del maíz en México es un sistema altamente complejo y estructurado (en el que participan actores tan variados como molineros, importadores, transportistas y operadores de tortillerías de pequeña y de gran escala). La cadena del abasto de maíz en México incluye una amplia mezcla, reserva e intercambio de semilla y de grano entre los actores.
3. El cultivo y la selección experimentales de semillas de maíz son tradiciones milenarias gracias a las cuales se han generado las numerosas variedades locales del grano. Los maíces mexicanos no son ni estáticos ni homogéneos, en términos genéticos: constantemente están siendo modificados por quienes los utilizan y producen. Como parte de este proceso, en ocasiones se introducen en el maíz criollo, deliberada o inadvertidamente, genes de variedades mejoradas o modernas.
4. Los campesinos —pequeños productores que cultivan parcelas de menos de cinco hectáreas, generalmente en tierras de temporal, y que incluyen tanto propietarios privados como usufructuarios de tierras comunales, ejidos y comunidades indígenas— constituyen dos terceras partes de los productores de maíz en México.
5. Los campesinos tienen acceso a granos fértiles almacenados en silos del gobierno para el procesamiento industrial y el consumo animal, y pueden sembrarlos y experimentar con ellos en forma intencional o no deliberada.
6. Los campesinos consideran que la libertad de intercambiar semillas, almacenarlas para su cultivo posterior y experimentar con nuevas semillas es fundamental para la conservación no sólo de sus variedades locales, sino también de su identidad cultural y sus comunidades.
7. En general, entre los campesinos no ha habido sistemas formales para la conservación del maíz criollo *in situ* o *ex situ* con el propósito expreso de preservar la diversidad genética. Sin embargo, en las comunidades indígenas existen algunos sistemas formales de mantenimiento *in situ* de variedades específicas para su cultivo y reproducción.
8. No se ha demostrado específicamente que los rasgos de tolerancia a herbicidas y resistencia a insectos de las actuales variedades de maíz GM sean benéficos para los campesinos en México y, en sí, no parecen atender sus necesidades más urgentes.

Importancia cultural del maíz y percepciones públicas del maíz GM

9. El maíz tiene importantes valores culturales, simbólicos y espirituales para la mayoría de los mexicanos, lo cual no ocurre en Canadá y en Estados Unidos. La evaluación del riesgo del maíz transgénico en México está necesariamente ligada a estos valores.
10. Aunque hay quienes consideran al teocintle una maleza que reduce la productividad, en muchas zonas se le conserva en las milpas pues se considera la planta “madre del maíz”. De ese manera, el teocintle es una fuente de variabilidad genética para las distintas especies silvestres del género *Zea* y para las razas o variedades cultivadas de maíz.

11. Parte de la población oaxaqueña, sobre todo campesinos, considera que la presencia de cualquier transgén en el maíz constituye un riesgo inaceptable para las prácticas agrícolas tradicionales, así como para los valores cultural, simbólico y espiritual del maíz. Dicha percepción de amenaza es independiente de los efectos potenciales o reales, científicamente estudiados, en la salud humana, la diversidad genética y el medio ambiente.

12. Asimismo, para muchas personas en el México rural, la introgresión de un transgén en el maíz es inaceptable y se le considera una "contaminación", como se expresó por escrito en documentos y presentaciones durante el proceso del Artículo 13.

13. La evaluación del riesgo del maíz transgénico en México está inextricablemente ligada al papel central del maíz en la historia y la cultura mexicanas, incluidos los sistemas de creencias y valores de las comunidades indígenas.

14. Las iniciativas de los obtentores de nuevos cultivos o del gobierno mexicano para comunicar o demostrar los posibles beneficios del maíz GM para los campesinos y pequeños productores han sido escasas e insuficientes.

15. Hasta ahora no hay evidencia alguna de que la introgresión de los rasgos de las actuales variedades de maíz GM entrañe daños significativos para la salud o el medio ambiente en Estados Unidos y en México. Sin embargo, esta cuestión no se ha estudiado en el contexto de los ecosistemas mexicanos.

16. Muchos de los campesinos y organizaciones comunitarias que más han hecho oír su preocupación por el flujo génico de transgenes perciben al maíz GM como una amenaza directa para la autonomía política, la identidad cultural, la seguridad personal y la biodiversidad. Muchos campesinos no perciben ningún beneficio directo de las actuales variedades de maíz transgénico.

Instituciones y procesos públicos

17. Así como en las comunidades rurales el nivel de información sobre los fundamentos de la genética vegetal y las tecnologías transgénicas es muy bajo, al interior de las comunidades científica y política la información en torno a las preocupaciones sociales y culturales del medio rural también resulta sumamente reducida. Estas brechas de conocimiento frustran la generación de políticas con una sólida base científica y socialmente aceptables.

18. La introgresión de maíz transgénico en México a través de la importación legal y oficialmente autorizada de granos de Estados Unidos ha ocurrido en ausencia de procesos formales de información o de consentimiento al interior de las comunidades rurales. La falta de consulta es comprensible puesto que la introducción de maíz GM en las comunidades rurales fue resultado imprevisto de su importación como alimento o del intercambio informal de semillas, y de ninguna manera formó parte de un plan gubernamental para introducir tales cultivos.

19. Muchas personas que viven en comunidades rurales y muchas ONG desconfían de los gobiernos y de las instituciones encargadas de la bioseguridad (según se expresa en las conclusiones del proceso del Artículo 13). Los organismos reguladores

mexicanos se han visto frenados en la instrumentación de leyes, *en parte* debido a que algunas ONG se oponen a los cultivos experimentales de plantas transgénicas. Con todo, no se ha difundido entre los interesados información confiable ni oportuna acerca de las posibles implicaciones de las tecnologías de la modificación genética.

20. Las respuestas registradas en el simposio público organizado por la CCA sugieren que foros como los que el gobierno mexicano ha auspiciado para la expresión de las preocupaciones ciudadanas en torno al maíz GM o para la comunicación de información sobre los posibles beneficios, no han sido adecuados para los campesinos en Oaxaca y en zonas aledañas.

Ambiente de política en México en relación con el maíz GM

21. Las capacidades de los tres países del TLCAN para la investigación científica, la evaluación reglamentaria y la aplicación de políticas difieren profundamente, aun cuando la capacidad de México mejorará gracias a un proyecto de más de un millón de dólares estadounidenses financiado por el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), con el propósito de asistir a México en la instrumentación de sus políticas sobre bioseguridad. La ciudadanía desconoce o no comprende la postura oficial del gobierno mexicano en torno al maíz transgénico, y las funciones y responsabilidades de dependencias gubernamentales específicas en su regulación.

22. Las instituciones públicas mexicanas no efectuaron evaluaciones de riesgos ambientales, de salud, sociales o económicos de los transgenes de maíz que han logrado introducirse en México, a diferencia de lo que ha ocurrido en Estados Unidos y Canadá. Las dependencias reguladoras estadounidenses y canadienses no realizan evaluaciones formales de las consecuencias de los transgenes más allá de los límites de sus fronteras.

23. En México no existen actualmente mecanismos para el monitoreo sistemático de transgenes.

24. La política de moratoria a la siembra comercial de maíz transgénico se ha visto mermada por el cultivo no autorizado de maíz importado, y no cumple con su objetivo si se permiten las importaciones de maíz GM fértil, no etiquetado y no separado proveniente de Estados Unidos.

25. Al ratificar el Protocolo de Bioseguridad, México demostró su compromiso con la aplicación del "enfoque precautorio" a la *regulación del movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados*.

26. Aun cuando puede efectuarse un análisis convencional de riesgos para el caso del maíz GM *importado* a México, dado el contexto mexicano resulta conveniente incorporar premisas precautorias en la evaluación científica y el manejo de todos los riesgos, así como reconocer la importancia que el consentimiento fundamentado reviste en relación con la aceptabilidad de tales riesgos.

27. En el contexto de los acuerdos internacionales de comercio, si México desea atender las preocupaciones socioeconómicas de los productores campesinos, existen firmes argumentos, al menos *prima facie,* para considerar que sería "socialmente aceptable" proteger al campesinado y sus variedades tradicionales de maíz, así como resguardar las necesidades de otros grupos que podrían verse afectados por cambios en la política actual. Resulta claro que la reducción máxima de los riesgos de la introgresión de transgenes en las razas locales de maíz mexicano se lograría mediante la prohibición total de la importación de organismos vivos modificados en la forma de maíz transgénico. Sin embargo, los costos económicos y restricciones comerciales de esta medida, tanto para EU como para México, resultarían al parecer inaceptablemente elevados.

Recomendaciones

Las siguientes recomendaciones unánimes al Consejo de la CCA se derivaron no sólo de las principales conclusiones que les preceden, sino también del volumen de referencia, de los comentarios recibidos a lo largo del proceso —incluidos los del simposio de marzo de 2004— y del mejor criterio profesional del grupo asesor interdisciplinario y multisectorial encargado de formularlas.

Flujo génico

1. Es preciso realizar investigaciones adicionales para determinar qué transgenes específicos y con qué frecuencia se han introducido en las variedades locales de maíz mexicano, y tal vez en las poblaciones silvestres de teocintle, además de divulgar y explicar con toda amplitud los resultados e impulsar la publicación en revistas científicas especializadas con revisión de pares.
2. A efecto de formular políticas de bioseguridad, estrategias para la conservación de la biodiversidad y planes para la posible aplicación futura de la ingeniería genética en México, es necesario determinar hasta qué grado los genes de cultivares modernos (incluidos transgenes) se han introducido, entrecruzado e introgresado en variedades locales y teocintles mediante la dispersión de polen y los flujos de semilla en el contexto de los sistemas modernos y tradicionales de maíz. La investigación teórica y experimental deberá probar específicamente si la presencia de genes individuales de cultivares modernos (incluidos transgenes) tiene efectos biológicos importantes en la diversidad genética de las razas locales de maíz o los teocintles. Además, los investigadores han de demostrar en forma explícita la hipótesis de que el material transgénico en granos suministrados por diversos distribuidores, como Diconsa, han sido y continúan siendo la principal fuente de los transgenes presentes en los maíces criollos.
3. Las dependencias reguladoras de los tres países han de formular y poner en práctica mejores métodos para detectar y monitorear la propagación de transgenes específicos, tales como genes marcadores únicos (incluido el locus específico del transgén) y los productos del transgén (por ejemplo, proteínas Bt específicas) que puedan reconocerse en forma fácil, confiable y económica.
4. Para formular políticas de regulación y estrategias de conservación de la biodiversidad adecuadas se requieren investigaciones ulteriores que permitan determinar las consecuencias de la acumulación de genes (múltiples genes nuevos, incluidos transgenes), vía el flujo génico, en la aptitud y el rendimiento de las plantas receptoras, toda vez que los efectos acumulativos de múltiples genes pueden tener consecuencias distintas de las de los genes individuales, y ello a su vez podría influir en la persistencia de los transgenes en las poblaciones receptoras de maíz criollo y teocintle.
5. En tanto no se realicen investigaciones y evaluaciones adecuadas sobre riesgos y beneficios de los efectos del flujo de genes de maíz transgénico hacia razas locales y teocintle, y se difunda mayor información entre los campesinos y comunidades

rurales, deberá seguirse aplicando la actual moratoria[6] a la siembra comercial de maíz transgénico en México. Sin embargo, esta moratoria no deberá aplicarse a cultivos experimentales cuidadosamente planeados y controlados si se ha de procurar información científica sólida para dar respuesta a la mayoría de las interrogantes referentes a la evaluación del riesgo de las variedades de maíz transgénico y sus posibles efectos.

6. Dado que la persistencia y la propagación de nuevos genes dependen en forma tan marcada de la tasa del flujo génico, el gobierno mexicano deberá fortalecer la moratoria al cultivo comercial de maíz transgénico minimizando las importaciones de maíz transgénico vivo de países que lo cultivan comercialmente. Por ejemplo, algunos países han hecho frente a esta problemática al moler los granos transgénicos en el puerto de entrada.
7. El gobierno mexicano ha de notificar directamente a los campesinos locales la probabilidad de que el maíz distribuido por Diconsa contenga materiales transgénicos y que, por tanto, y en conformidad con la reglamentación vigente, no deben sembrarlo. Esta iniciativa ha de incluir un etiquetado claro y explícito de los costales, contenedores y silos en los que Diconsa almacena y transporta el grano, así como el firme compromiso de educar al respecto a los campesinos afectados.
8. Deberán evaluarse y desarrollarse posibles métodos para eliminar los transgenes de las razas locales en caso de que se decida que tal acción es deseable. La participación de los pequeños agricultores en el desarrollo de estos métodos será importante.
9. Ninguna política para controlar la propagación de transgenes en el maíz deberá interferir con las formas tradicionales de flujo génico en las razas locales, ya que este flujo promueve la diversidad genética y es la base de la seguridad alimentaria local.
10. Se requieren programas más eficaces para la conservación, tanto *in situ* como *ex situ*, de la diversidad genética del maíz.

Biodiversidad

1. La naturaleza genética cambiante de las poblaciones de maíz y teocintle en México ha de monitorearse en forma permanente, tanto para tener registro de los genes

[6] En junio de 2003, ante la necesidad de responder interrogantes científicas específicas respecto a la posible presencia de maíz GM en territorio mexicano, el gobierno de México levantó la moratoria *de facto* para el cultivo experimental de maíz transgénico. El Instituto Nacional de Ecología (INE), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) se encuentran en el proceso de generar recomendaciones para definir lineamientos y condiciones sobre cómo llevar a cabo liberaciones experimentales de maíz genéticamente modificado. En julio de 2004, el INE puso en circulación un borrador de estas directrices para su revisión entre los expertos que participaron en diciembre del año pasado en un taller sobre el tema. De manera paralela, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) ha solicitado al Subcomité Especializado de Agricultura (SEA), perteneciente a la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados (Cibiogem) y encargado de las evaluaciones de riesgo en materia de bioseguridad, formular directrices específicas para la liberación experimental de maíz GM. Actualmente no se aceptan solicitudes de autorización para la liberación de maíz con fines comerciales en México.

presentes —transgénicos o no— como para detectar nuevos genes que se establecen en el futuro. El sistema de monitoreo deberá aportar al público información oportuna.

2. La diversidad genética de las razas locales de maíz mexicano y teocintle ha de conservarse, lo mismo en la naturaleza que en la agricultura, así como en los cultivos *ex situ* y en los bancos de semillas. A esta cada vez más importante iniciativa deberán destinarse recursos financieros mexicanos, internacionales y del sector privado.
3. Deberá apoyarse el desarrollo de la capacidad humana en México para contar con especialistas en todas las áreas del estudio y el mejoramiento del maíz, desde la genética molecular hasta la ecología, incluidas la economía y las ciencias sociales.
4. Muchos aspectos del cultivo y el mejoramiento del maíz en México requieren de mayor estudio, con particular atención al papel y las necesidades de los campesinos, que hasta ahora han sido en buena medida desatendidas.
5. Es urgente examinar y evaluar los efectos directos e indirectos del cultivo de maíz genéticamente modificado en las agrupaciones florísticas y faunísticas —muchas muy útiles— que se forman en torno al maíz en las milpas y otros sistemas agrícolas mexicanos, y en la biodiversidad de las comunidades naturales vecinas.
6. Los nuevos avances en el cultivo de maíz en México deberán tener en cuenta las necesidades, así como posibles beneficios y riesgos, para los campesinos, pequeños productores y agricultores comerciales de gran escala.
7. Los productores agrícolas de toda clase deberán participar en el desarrollo de nuevas prácticas agrícolas desde el principio del proceso.

_S_alud

1. Es urgente investigar las formas en que el consumo de grandes cantidades de maíz podría ampliar los hipotéticos efectos positivos o negativos de variedades particulares o razas modificadas genéticamente.
2. La modificación del maíz para producir fármacos y ciertos compuestos industriales no aptos para el consumo humano y animal deberá prohibirse, en conformidad con las intenciones expresadas por el gobierno mexicano. Asimismo, deberá considerarse seriamente la posibilidad de prohibir tales usos del maíz en otros países.

Aspectos socioculturales

1. El Grupo Asesor recomienda que las Partes del TLCAN adopten políticas para reducir los riesgos identificados hasta un nivel "tan bajo como razonablemente sea posible o alcanzable (*as low as is reasonably achievable*, ALARA)". Este enfoque ALARA es una norma de seguridad o regulación ampliamente reconocida y utilizada en relación con los riesgos para la salud y ambientales en los países del

TLCAN y en otras partes del mundo.[7] Dado que ciertos transgenes están ya presentes en el maíz mexicano y que el nivel de riesgo nulo no es ya una norma alcanzable, parecería ser que el enfoque ALARA es en este momento el más razonable.

2. Han de adoptarse medidas para reducir las probabilidades de que en México se siembre maíz GM no autorizado apoyando la moratoria vigente al cultivo comercial de maíz transgénico. Una reducción importante y "razonablemente alcanzable" de *cualesquiera* riesgos que pudieran demostrarse se lograría si se pusieran en marcha las siguientes medidas:

   a. Un requisito de que el maíz importado de Estados Unidos y Canadá esté etiquetado, ya sea con indicación de su posible contenido de maíz GM o bien certificado como *sin transgénicos* (actualmente Canadá no exporta maíz a granel a México).

   b. Un requisito de que todo el maíz importado a México desde Canadá y Estados Unidos que no esté certificado como *sin transgénicos* sea enviado directamente, y sin excepción, a molinos para su procesamiento. Un mecanismo de instrumentación podría ser un sistema obligado de "certificados de uso final" para la totalidad de dichas importaciones.

   c. Programas educativos dirigidos a los campesinos para que no siembren semillas que puedan contener transgénicos y no planten ninguna semilla traída de Estados Unidos o de otros países donde se cultiva maíz GM.

   d. Procedimientos para garantizar la participación de los pequeños productores en el desarrollo de nuevas políticas mexicanas sobre biotecnología, adecuadas y aceptables para todas las partes.

3. El gobierno mexicano deberá poner en marcha un programa de comunicación y consulta al campesinado respecto de los beneficios y riesgos del maíz transgénico.

4. Es preciso apoyar a los campesinos en la protección y conservación de la biodiversidad única de las razas locales de maíz mexicano. Esto puede entrañar pagos directos a campesinos dispuestos a mantener sus prácticas agrícolas tradicionales y adoptar prácticas de reproducción que preservan las variedades locales, de manera que impidan o minimicen la introgresión de genes de otras fuentes y localidades.

[7] El enfoque ALARA se utiliza para el control o manejo de las exposiciones (tanto individuales como colectivas, de trabajadores y de la ciudadanía en general) y las emisiones al medio ambiente, en niveles tan bajos como las consideraciones sociales, técnicas, económicas, prácticas y de política pública lo permitan. El ALARA no es un límite de exposición, sino una práctica cuyo objetivo es lograr niveles de exposición tan abajo de los límites aplicables como sea posible. Ello ofrece un margen de error más amplio en caso de que el control fallara o no fuera el adecuado: es decir, podría aumentar el nivel de la exposición a la que una persona está sometida, pero aún así se encontraría por debajo del límite aceptable. Este enfoque se basa en el sentido común y significa que la exposición de trabajadores y de la ciudadanía en general se mantiene por debajo de los límites reglamentarios. El ALARA es mucho más que una mera frase: es un principio de trabajo, una forma de pensar, una cultura de excelencia profesional. En un mundo ideal, uno podría reducir a cero la exposición a materiales peligrosos. En la realidad, reducir la exposición a un nivel nulo no siempre es posible, pues ciertas consideraciones sociales, técnicas, económicas, prácticas o de política pública darán lugar a un nivel de riesgo bajo, pero aceptable. La Comisión de Regulación Nuclear de Estados Unidos se rige por prácticas ALARA para determinar los niveles de radiación a los que los trabajadores pueden estar expuestos.

5. Se requiere desarrollar y poner en marcha un programa de garantía de la calidad de las semillas de maíz criollo. Los campesinos podrían hacer llegar sus propias semillas y cualesquiera otros materiales que se propongan utilizar para el cultivo a laboratorios designados para investigar la presencia de cualquier rasgo transgénico. Esta medida puede también precisar un registro nacional de campesinos reproductores y la creación de un sistema de manejo (que podría servir de base para que los campesinos protejan sus conocimientos tradicionales, y para crear un producto alimenticio diferenciado). De llevarse a cabo, ello limitaría la introgresión de nuevos transgenes y además detectaría y permitiría eliminar cualquier transgén presente en las semillas de los campesinos.

6. Es necesario aumentar el apoyo público a la conservación *in situ* de la diversidad del maíz criollo: respaldar bancos de semillas comunitarios, programas de capacitación y extensión para los campesinos, el registro y la certificación de conocimientos tradicionales y locales, así como una mayor investigación científica de la naturaleza e identidad de las razas tradicionales de maíz.

7. Es preciso homologar la evaluación y el manejo de riesgos en materia de bioseguridad mediante una mayor coordinación de políticas de investigación y regulación en Canadá, Estados Unidos y México, según propone la Iniciativa de América del Norte sobre Biotecnología. Se deberá contar con información y conocimientos sobre los atributos y riesgos de cualquier cultivo nuevo producido en los tres países antes de proceder a su comercialización, a efecto de determinar cuáles —si alguno— métodos de confinamiento podrían requerirse para impedir el movimiento de ciertos OVM a través de las fronteras internacionales. En lo ideal, ello incluiría que los proponentes de nuevos productos hicieran solicitudes simultáneas de revisión reguladora en los tres mercados, aun cuando en muchos casos pudiera no resultar conveniente en términos comerciales la introducción simultánea del nuevo producto en todos los mercados. A efecto de garantizar un pleno control del cumplimiento de la legislación, deberá haber un mayor intercambio de información entre los responsables de la regulación en los tres países, de manera que no se libere ningún producto sin el conocimiento de los tres gobiernos. Lo ideal es que la armonización abarque tanto los riesgos específicos para alguno de los países en lo individual como aquellos que son comunes a dos o más de los países.

Apéndice: Solicitud a la Comisión para la Cooperación Ambiental de elaborar un informe conforme al Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (Resumen ejecutivo)

24 de abril de 2002

Los peticionarios, comunidades afectadas por la contaminación genética, solicitamos que el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) prepare un informe, con fundamento en el Artículo 13 del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), sobre los posibles efectos ambientales, directos e indirectos, de la liberación de semillas de maíz genéticamente modificado en la biodiversidad del estado de Oaxaca, México.

Antecedentes sobre la contaminación del maíz

En septiembre de 2001, funcionarios gubernamentales mexicanos informaron sobre la contaminación de variedades locales de maíz con secuencias transgénicas en comunidades de los estados de Oaxaca y Puebla. En enero de 2002 el gobierno mexicano informó que en 11 comunidades los niveles de contaminación detectados eran de entre tres y 13 por ciento, en tanto que en cuatro localidades se había registrado una contaminación mucho más elevada, de entre 20 y 60 por ciento. En las tiendas de Diconsa (dependencia del gobierno mexicano encargada de la distribución de alimentos), 37 por ciento de los granos resultaron ser transgénicos.

Esta contaminación no puede considerarse un problema estrictamente nacional. Los efectos en la diversidad genética del maíz mexicano podrían tener repercusiones directas en la diversidad del maíz y los ecosistemas en toda América del Norte y el resto del mundo. México es uno de los centros de origen del maíz. Perder una variedad del grano en México significa perderla en todo el planeta.

Más aún, los genes contaminantes sin duda tendrán mayores impactos en la diversidad biológica de México. Uno de los posibles genes contaminantes expresa un plaguicida —la toxina Bt— que se sabe produce efectos en otros organismos aparte de las plagas objetivo que suelen encontrarse en Estados Unidos.

Dada la naturaleza internacional de los efectos de esta contaminación genética, los peticionarios han decidido plantear el caso ante la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA), el organismo ambiental regional establecido con arreglo al TLCAN.

¿Qué es la Comisión para la Cooperación Ambiental?

Establecida en conformidad con el Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), convenio paralelo del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en materia de medio ambiente, la Comisión para la Cooperación Ambiental es un organismo integrado por los funcionarios ambientales de más alto rango de Canadá, Estados Unidos y México. El propósito del ACAAN es asegurar que cada gobierno aplica con efectividad [sus] leyes y reglamentos ambientales.

Puesto que posee autoridad para examinar las amenazas ambientales que pueden ocurrir en el ámbito regional o a través de las fronteras nacionales, la CCA brinda un importante

mecanismo para que la ciudadanía plantee sus preocupaciones sobre la aplicación de la legislación ambiental al interior de los tres países del TLCAN.

¿Qué es el proceso del Artículo 13 y por qué está siendo aplicado en este caso?
El Artículo 13 del ACAAN confiere al Secretariado de la CCA autoridad para iniciar investigaciones independientes y preparar informes sobre cualquier asunto ambiental en el ámbito de su amplio programa de trabajo. En años anteriores se han elaborado varios informes del Artículo 13, incluidos algunos que dieron inicio como consecuencia de una petición de ciudadanos y organizaciones no gubernamentales; por ejemplo, el informe de 1995 sobre la muerte masiva de aves en la presa Silva, en el estado de Guanajuato, México. La CCA también puede ocuparse de asuntos fuera de su programa de trabajo, a menos que dos de las tres partes del TLCAN se lo impidan.
Para preparar un informe del Secretariado con arreglo al Artículo 13, corresponde a la CCA recabar información de diversas fuentes, incluidas consultas públicas con las comunidades afectadas y alegatos presentados por organizaciones no gubernamentales. Una vez concluido el informe, el Secretariado lo presentará al Consejo de la CCA, que normalmente lo hará público en los 60 días siguientes a su recepción, a menos que el Consejo decida otra cosa.
Aun cuando el ACAAN no estipula la imposición de responsabilidades jurídicamente obligatorias, el proceso generará atención internacional hacia los efectos directos e indirectos de la contaminación genética —en este caso, la contaminación producida por la introducción en el medio ambiente mexicano de maíz transgénico—, y ello puede ser útil para ejercer presión pública en los países infractores.

¿Qué es específicamente lo que los peticionarios solicitan de la CCA?
La petición que se presenta es una solicitud al Secretariado de la CCA de elaborar, conforme al Artículo 13 del ACAAN, un informe por el que se examinen los efectos ambientales, directos e indirectos, que podrían tener lugar en caso de que el maíz transgénico escapara de las fronteras del estado de Oaxaca. En particular, los peticionarios solicitan considerar en el informe los siguiente puntos:
1. Llevar a cabo una valoración de los posibles impactos ambientales en la biodiversidad del maíz y los ecosistemas de las comunidades de Oaxaca que presentan contaminación por la liberación de maíz genéticamente modificado.
2. Llevar a cabo un análisis de los efectos directos e indirectos del flujo de genes de maíz transgénico en la diversidad genética del maíz existente en las comunidades afectadas en Oaxaca.
3. Llevar a cabo una valoración de los impactos ambientales que la presencia de semillas de maíz transgénico provoca en la biodiversidad del ecosistema donde se registra la contaminación.
4. Detectar las fuentes por las cuales existe contaminación de razas de maíz nativo por variedades del grano genéticamente modificadas.
5. Analizar el riesgo existente de propagación de la contaminación del maíz nativo por la liberación no intencional de semillas de maíz transgénico.
6. Formular recomendaciones al gobierno mexicano para enfrentar el daño causado a las variedades nativas de maíz por la liberación de maíz transgénico.

[Petición original suscrita por las siguientes personas:]

_____
Sr. Miguel Ramírez Domínguez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Capulalpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca
Domicilio conocido, Capulalpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca.
Tel: 01(951) 539 2040

_____
Sr. Román Manuel Aquino Matías
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Ixtlán de Juárez, Oaxaca
Planta Baja del Palacio Municipal, Ixtlán de Juárez, Oaxaca.
Tel: 01(951) 553 6146

_____
Sr. Edgar Julián Hernández Hernández
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, Santiago Comaltepec, Ixtlán, Oaxaca.
Tel: 01(951) 534 1632

_____
Sr. Francisco Casaos Martínez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Santiago Xiacuí, Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, Santiago Xiacuí, Ixtlán, Oaxaca.
Tel: 01 (951) 553 6061

_____
Sr. Fausto Leyva Martínez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de La Trinidad, Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, La Trinidad, Ixtlán, Oaxaca.
Tel: 01(951) 514 4507

_____
Sr. Perfecto Mesinas Contreras
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Pueblos Mancomunados, Ixtlán, Oaxaca.
Niño Perdido s/n, Sta. María Ixcotel.
Oaxaca, Oaxaca.
Tel: 01(951) 515 5949

Sr. Miguel Álvarez Hernández
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Atepec, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Atepec, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Efraín Palacios Palacios
Tesorero del Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Teponaxtla, Distrito de Cuicatlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Teponaxtla, Distrito de Cuicatlán, Oaxaca.

(no firmó)

Sr. Gildardo Maldonado F.
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Andrés Yatuni, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Andrés Yatuni, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Luis Ruiz López
Secretario del Comisariado de Bienes Comunales de San Pedro Nexicho, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Pedro Nexicho, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Fausto Martínez Leyva
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de la Trinidad, Ixtlán, Oaxaca.
Planta alta del Palacio Municipal, La Trinidad, Ixtlán, Oaxaca.

(no firmó)

Sr. Juan Cuevas Sánchez
Secretario del Consejo de Vigilancia de San Pedro Yólox, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Pedro Yólox, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

(no firmó)

Sr. Esteban López Cruz
Secretario del Consejo de Vigilancia de San Miguel Abejones, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Miguel Abejones, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

(no firmó)

Sr. Ignacio Reyes Méndez
Secretario del Consejo de Vigilancia de San Juan Analco, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Analco, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Inocencio Mendoza B.
Presidente de Bienes Comunales de Santa María Zoogochi, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido Santa María Zoogochi, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Amado Velasco Martínez
Presidente de Bienes Comunales de Santo Domingo Cacalotepec, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, Santo Domingo Cacalotepec, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Crecencio Pérez Sánchez
Grupo Michiza
San Juan Tepanzacoalcos, Distrito de Cuicatlán, Oaxaca.

Sr. Epitacio Juárez Sánchez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Chicomezúchil, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicio conocido, San Juan Chicomezúchil, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Heriberto Pérez López
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Yagila, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Yagila, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Raymundo Pérez García
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Francisco La Reforma, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Francisco La Reforma, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

(no firmó)

Sr. Jesús Pérez Pacheco
Tesorero del Comité de Pequeños Propietarios de Río Verde, San Juan Teponaxtla, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Teponaxtla, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Luis Hernández Luna
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Santa María Jaltianguis, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, Santa María Jaltianguis, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Agustín Bulmaro López Jiménez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de San Juan Luvina, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Juan Luvina, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Artemio Pérez Pérez
Presidente del Comisariado de Bienes Comunales de Santa María Totomoxtla, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, Santa María Totomoxtla, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

Sr. Carmelo Cruz Rosales
Presidente del Comisariado de San Martín Buena Vista, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.
Domicilio conocido, San Martín Buena Vista, Distrito de Ixtlán, Oaxaca.

José Pablo Uribe Malagamba
Asesor jurídico
Centro Mexicano de Derecho Ambiental, A.C. (Cemda)
Atlixco 138, colonia Condesa, Delegación Cuauhtémoc. C.P. 06140 México D.F.
Tel: (52) 555 211 2457
(no firmó)

Raúl Benet
Director Ejecutivo
Greenpeace México, A.C.
Andalucía 218, colonia Álamos, Delegación Benito Juárez, México, D.F.
Tel: (52) 555 590 6868

Martha Delgado Peralta
Presidenta
Unión de Grupos Ambientalistas, I.A.P. (Ugam)
Zacatecas 206, P.H., colonia Roma, C.P. 06700, México, D.F.

Sr. Juan Martínez Ruiz
Presidente del Consejo de Administración,
Unión de Comunidades Productoras Forestales Zapotecas- Chinantecas de la Sierra Juárez (Uzachi)
Domicilio conocido, Capulalpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca.
Tel: 01(951) 539 2008.

Yolanda Lara Padilla
Coordinación de Proyectos
Estudios Rurales y Asesoría Campesina, A.C.
Privada Elvira núm. 20
Fracc. Villa San Luis, 68020
Oaxaca, Oaxaca.
Tel: (951) 513 5671.

Sr. Alberto Martínez Bautista
Tesorero del Grupo de Raza Indígena
Loma Larga, Tepuxtepec, Mixe

Sr. Aterogenes García Martínez
Secretario del Consejo de Vigilancia,
Nueva Zoquiapan, Ixtlán, Oaxaca.

Glosario de términos útiles

Adaptado (con autorización) de *Transgenic Crops: An Environmental Assessment,* Henry A. Wallace Center for Agricultural and Environmental Policy at Winrock International (enero de 2001), con complementos según se indica.

(Las referencias cruzadas se indican en negritas.)

Acuerdo ADPIC (Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio). Instrumento de la Organización Mundial de Comercio (OMC) por el que se rigen las patentes de los procesos biotecnológicos y ciertos productos derivados, a efecto de garantizar cuando menos las normas nacionales mínimas de protección a la propiedad intelectual en los bienes intercambiados. El artículo 27.3(b) es la cláusula que permite a los países miembro excluir de la patentabilidad nuevas variedades de plantas u obtenciones vegetales, siempre y cuando se disponga de alguna otra protección de los DPI (sistema ***sui generis***), por ejemplo, los **derechos de los obtentores**. (Véanse también **biotecnología**, **Convenio de la UPOV**.)

ADN (ácido desoxirribonucleico). El material genético básico que contienen todas las células vivas (y algunos virus), y a partir del cual se construyen las **proteínas**. Cuando no se está replicando (regenerando) en la célula, el ADN presenta la forma de la llamada "doble hélice": cadena de doble hebra formada por nucleótidos, a su vez compuestos por pares de bases nitrogenadas (las portadoras específicas de la información genética). Las moléculas de ADN se condensan en estructuras compactas a las que se denomina **cromosomas**. (Véase también **gen**.)

ADN recombinante (ADNr). Producto del empalme de **genes** mediante técnicas de **ingeniería genética** por las que se unen genes de distintas fuentes y, comúnmente, de distintas especies. (Véanse también **recombinación**, **transgénico**.)

alelo. Cualquiera de las dos o más formas alternativas de un gen que ocupan la misma posición (locus) en un **cromosoma** y que controlan las diferentes expresiones del **gen**. Una célula u organismo es homocigótico cuando contiene alelos idénticos en un locus dado, o heterocigótico cuando están presentes dos alelos diferentes. Un gen que regula la talla, por ejemplo, puede presentar dos formas alélicas: un alelo determinante de una estatura baja y otro correspondiente a una talla alta.

aptitud. Medida relativa de la eficacia reproductora de un organismo (es decir, la probabilidad relativa de que se reproduzca un genotipo); por lo general, en alusión a la aptitud darwiniana. Los elementos que determinan la aptitud incluyen la supervivencia, la velocidad de desarrollo, el éxito en el apareamiento y la fertilidad, así como la acción patógena en el caso de los microbios. La aptitud se relaciona con la **evaluación de riesgos** en el caso de organismos modificados con **genes** extraños. También se le conoce como valor adaptativo.

***Bacillus thuringiensis* (Bt)**. Grupo de bacterias del suelo, distribuidas en todo el mundo, que producen proteínas sumamente tóxicas para las larvas (formas inmaduras) de ciertos grupos taxonómicos de insectos. Las esporas bacteriales (formas resistentes) que contienen la toxina se usan como plaguicidas comerciales con la doble ventaja de no ser dañinos para el medio ambiente y de tener una elevada especificidad. Las cepas de Bt (se conocen más de 20 mil) sintetizan unas **proteínas** cristalizadas ("proteínas Cry"), denominadas también delta-endotoxinas, que alteran la función digestiva y provocan la muerte de palomillas, mariposas y algunos otros insectos, incluidos los barrenadores del maíz, las orugas de la col, los gusanos belloteros del algodón y otras **plagas**

agrícolas. Desde 1989 se han introducido en distintas plantas los genes que codifican las proteínas Cry (véase **cultivo Bt**), a efecto de conferirles resistencia a los insectos. El término Bt se refiere también a las toxinas insecticidas.

banco de semillas. Término (a menudo utilizado en forma vaga) con el que se designa una colección de semillas y otros tipos de **germoplasma** de una amplia muestra representativa de plantas, que sirve como opción de **conservación de plantas *ex situ***. También se le denomina banco de genes, aunque este último término resulta más preciso para describir muchas colecciones de plantas que, además de semillas, contienen otros materiales de propagación. (Banco de semillas se refiere asimismo a una reserva de semillas latentes y viables enterradas bajo el suelo, que han de germinar cuando las condiciones ambientales sean favorables.) (Véase también **recursos genéticos**.)

biodiversidad. Variabilidad total en y entre las **especies** de organismos vivos y sus hábitats. El término, utilizado por primera vez en 1986 para designar la diversidad biológica, se refiere usualmente a la totalidad de la variedad heredable en todos los niveles y suele dividirse en tres niveles: genética (**genes** en una población local o especie), taxonómica (las especies que conforman toda o parte de una comunidad local) y ecológica (las comunidades que integran las partes vivas de los ecosistemas). En ocasiones se considera que la diversidad cultural humana es una forma de biodiversidad. (Véanse también **erosión genética**, **recursos genéticos**.)

bioseguridad. El propósito de garantizar que el desarrollo y uso de plantas **transgénicas** y otros **organismos genéticamente modificados** (y productos de la **biotecnología**, en general) no afecten negativamente la salud de plantas, animales y seres humanos, ni tampoco los **recursos genéticos** o el medio ambiente.

biotecnología. Manipulación científica o industrial de las formas vivas (organismos) para generar nuevos productos o mejorar los organismos (plantas, animales o microbios). El término se acuñó inicialmente para hacer referencia a la interacción entre la biología y la tecnología humana. En su uso reciente alude a todas las partes de la industria que crea, desarrolla y comercializa una variedad de productos deliberadamente manipulados en nivel molecular o celular. Si bien la principal técnica de la biotecnología es el empalme de genes (véase tecnología del **ADN recombinante**), el término generalmente incluye también otras áreas, como el cultivo de tejidos vegetales, el cultivo de meristemas (tejidos embrionales) vegetales, la transferencia embrionaria, la fusión celular, los sistemas enzimáticos, la fermentación y la inmunología. (La bioingeniería suele ser sinónimo, aunque hay quienes usan este último término de manera más restringida, para referirse a la **ingeniería genética** o a la tecnología del **ADN recombinante**.)

conservación de plantas *ex situ*. Literalmente, “fuera de sitio”; se refiere a la conservación de plantas fuera de sus hábitats originales o naturales, y ello incluye los bancos de genes o **bancos de semillas**. En todo el mundo, los bancos de genes nacionales e internacionales albergan millones de muestras de plantas distintas, almacenadas a corto o a largo plazo, con fines de investigación, distribución o uso. La mayoría de las colecciones de los bancos de genes ofrecen acceso irrestricto a usuarios genuinos (por ejemplo, cultivadores u obtentores de nuevas variedades vegetales). (Compárese con **conservación de plantas *in situ***.)

conservación de plantas *in situ*. Literalmente, “en su lugar natural”, el término se refiere a un enfoque para la conservación entre cuyos métodos se incluye el mantenimiento de los **recursos genéticos** de plantas silvestres ahí donde éstas existen en forma natural, o la preservación de materiales cultivados en el lugar donde originalmente fueron seleccionados y luego desarrollados. Puede incluir la designación de parques, refugios de vida silvestre u otras áreas protegidas ya

existentes como reservas *in situ*. En general se le reconoce como una estrategia complementaria a la **conservación de plantas *ex situ***.

Convenio de la UPOV. Convenio de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales, organización intergubernamental con sede en Suiza, cuyo objetivo es proteger las obtenciones vegetales (variedades de plantas de reciente creación) mediante un derecho de propiedad intelectual, por lo que ha creado los **derechos de los obtentores**. Constituye un ejemplo de sistema ***sui generis*** para la protección de obtenciones vegetales. El Convenio de la UPOV se propone lograr un equilibrio entre la protección de los derechos de los agricultores a reproducir semillas en sus campos de cultivo, por un lado, y los derechos de los obtentores a utilizar y desarrollar **recursos genéticos** de plantas con fines comerciales, por el otro. Adoptado inicialmente en 1961, con base en los sistemas de protección de obtenciones vegetales de diversos países europeos, el Convenio fue revisado en 1978 y nuevamente en 1991. La versión de 1978 protegía el derecho de los agricultores al uso tradicional de variedades vegetales protegidas para actividades de propagación en sus propios campos de cultivo. La versión de 1991 amplía la protección de las opciones e incentivos de los obtentores para innovar, extendiendo sus derechos de propiedad intelectual a los materiales cultivados (por ejemplo, semillas) y a la propagación de materiales de variedades protegidas, al tiempo que elimina los derechos de los agricultores a reproducir, intercambiar o replantar variedades de semillas protegidas. (Véase también **Acuerdo ADPIC**.)

cromosoma. Estructura diferenciada, sumamente compacta, con forma de hebra, que contiene miles de **genes** acomodados en secuencia lineal. En organismos superiores (eucariontes o nucleados), incluidos plantas y animales, pero no bacterias, los cromosomas se presentan en pares y se localizan en el núcleo celular.

cultivar. Grupo de plantas individuales de una especie que en conjunto difieren genéticamente de cualesquiera otras, que tienen una apariencia general uniforme y cuyos atributos se mantienen estables.

cultivo Bt. Planta de cultivo genéticamente modificada para producir toxinas insecticidas a partir de la bacteria ***Bacillus thuringiensis***. Los actuales cultivos Bt comerciales incluyen algodón Bt, maíz Bt y soya Bt. (Véase también **planta protegida contra plagas**.)

cultivo tolerante a los herbicidas. Cultivo capaz de sobrevivir a la aplicación de uno o más herbicidas químicos sintéticos, muchos de los cuales resultan tóxicos lo mismo para los cultivos que para las malezas. El término abarca tanto los cultivos naturalmente tolerantes como aquellos **genéticamente modificados** a efecto de incorporar genes que los hacen insensibles a los herbicidas o bien capaces de eliminar la toxicidad de tales sustancias, como opción para el control químico de las malezas. También se les denomina cultivos resistentes a los herbicidas.

cultivo transgénico (o cultivo GM). Véanse **biotecnología**, **ingeniería genética**, **OGM**, **transgénico**.

derechos de los obtentores (DO). Derechos de propiedad intelectual que las leyes o tratados conceden legalmente a los obtentores de nuevas variedades de plantas cultivadas. Los DO exigen distinción, homogeneidad y estabilidad. También conocidos como derechos sobre obtenciones vegetales, en cierta forma equivalen a la ley de patentes para los inventores.

efecto no dirigido. En general, efecto ecológico derivado de la introducción intencionada de plantas, sustancias químicas o microbios en los ecosistemas naturales, agronómicos o forestales, y que incluye diversas consecuencias para organismos (o **especies**) no contemplados, que se ven

afectados por el producto introducido. La liberación deliberada de plantas, microbios u otras formas de vida genéticamente modificadas puede dar lugar a efectos no dirigidos. (Véanse también **flujo de genes**, **evaluación de riesgos**.)

equivalencia sustancial. Concepto creado en la década de 1990 para regular los alimentos genéticamente modificados (GM): si un alimento GM equivale sustancialmente a su antecedente "natural", entonces se puede asumir que no entraña nuevos riesgos para la salud o la seguridad (y que, consecuentemente, no requiere pruebas bioquímicas o toxicológicas adicionales), por lo que su uso comercial es aceptable. (Véanse también **bioseguridad**, **ingeniería genética**, **OGM**, **evaluación de riesgos**.)

erosión genética. En relación con los cultivos agrícolas, proceso por el que disminuye la diversidad de la dotación genética (conjunto de todos los **genes** de una población) de una planta de cultivo particular. Entre los factores que conducen a la homogeneidad genética —disminución del **germoplasma** de un cultivo— se incluyen la sustitución generalizada de **variedades criollas** (tradicionales, locales) con variedades modernas más homogéneas producidas en monocultivos (véase también **Revolución Verde**), la destrucción del hábitat y las transformaciones socioeconómicas.

especie. Categoría taxonómica de las formas vivas que comprende a organismos sexualmente compatibles que, en condiciones naturales, se cruzan libremente entre sí o pueden hacerlo. El nombre científico (en latín) de una especie incluye el nombre del género y la designación de la propia especie, en ese orden (por ejemplo, *Bacillus thuringiensis*). (Véase también **biodiversidad**.)

evaluación de riesgos. En relación con los organismos manipulados mediante ingeniería genética, proceso por el que se predice el comportamiento del organismo modificado. Con respecto de las plantas transgénicas, el término se refiere a determinar la probabilidad global de que su introducción deliberada en el medio ambiente provoque daños ambientales, incluidos efectos adversos en los ecosistemas naturales y agrícolas, o introduzca nuevos riesgos para la salud pública. Los daños pueden resultar del efecto directo de una planta modificada (por ejemplo, carácter alérgeno o aumento de las malezas) o del **flujo de genes** hacia plantas no relacionadas y sus consecuencias.

exogamia. Unión sexual entre dos miembros de la misma **especie** pero distantemente relacionados, en contraste con la endogamia, por la que se reproducen individuos estrechamente relacionados. Equivale al cruce externo o intercruzamiento. En el reino vegetal, la exogamia se da cuando polen y óvulos provienen de plantas genéticamente distintas (polinización abierta), permitiendo el **flujo de genes**. Los sistemas de reproducción de las plantas comprenden un continuo que va desde la exogamia exclusiva hasta la endogamia exclusiva (autopolinización); así, por ejemplo, algunas plantas suelen reproducirse en forma endógama, pero ocasionalmente llegan a presentar intercruzamiento (Véase también **hibridación**.)

flujo de genes (o flujo génico). Intercambio de genes (en una o ambas direcciones) a baja velocidad entre poblaciones de organismos relacionadas y sexualmente compatibles, pero distintas (por lo general). El intercambio de genes resulta de la dispersión de gametos (células reproductoras maduras, también denominadas células sexuales). En las plantas, el flujo de genes suele darse a través de la transferencia de polen (gametos masculinos), proceso mismo que subyace a la transferencia natural de **genes** de plantas genéticamente modificadas a sus parientes silvestres. Por eso es que el flujo de genes, también denominado migración de genes, puede amenazar la diversidad de las **variedades criollas**. (En ocasiones se alude al proceso, en forma menos rigurosa, como transferencia de genes, pero este término es más apropiado para referirse a la transferencia de

genes mediante métodos de **ingeniería genética**.) (Véanse también **efecto no dirigido**, **transgén**, **transgénico**.)

gen. Unidad funcional de la herencia (es decir, la base física para la transmisión de caracteres de los progenitores a sus descendientes), y unidad básica de la diversidad biológica. Un gen consiste en un segmento (locus) de un **cromosoma** que, en la mayoría de los organismos, corresponde a una secuencia específica de subunidades de **ADN** (pares de bases de los nucleótidos) y que contiene el código para un producto específico o posee una función asignada. (En los virus de ARN, los genes se componen de subunidades de ARN.) Algunos genes dirigen la síntesis de una o más **proteínas**, en tanto que otros tienen funciones reguladoras (controlan la expresión de otros genes). (Véanse también **alelo**, **biodiversidad**.)

gen marcador (o marcador genético). Todo segmento de **ADN** que pueda identificarse o cuya localización en el **cromosoma** sea conocida, de manera que resulte posible usarlo como punto de referencia para ubicar otros **genes**. Un gen marcador de selección produce un fenotipo identificable (es decir, caracteres observables) que puede utilizarse para rastrear la presencia o ausencia de otros genes (por ejemplo, genes de interés comercial) en el mismo segmento de ADN transferido a una célula. (Véase también **transformación genética**.)

genoma. Todo el material hereditario de una célula o virus, incluida la dotación completa de **genes** funcionales y no funcionales. En los organismos superiores (incluidas plantas, animales y humanos), el genoma abarca el conjunto entero de **cromosomas** contenidos en el núcleo celular. En ocasiones se refiere al juego completo (haploide) de cromosomas que porta un gameto (célula sexual).

germoplasma. Variabilidad genética total disponible para una población específica de organismos; representada por el conjunto de células germinales (gametos o células sexuales: el esperma y el óvulo) o de semillas. El término se utiliza también para describir las plantas, semillas u otras partes vegetales útiles en la reproducción, investigación y conservación de cultivos, cuando se les mantiene para efectos de estudio, manejo o uso de la información genética que poseen (igual que con los **recursos genéticos**). (Véase también **biodiversidad**.)

hibridación. Producción de descendientes (híbridos) a partir de progenitores genéticamente distintos, ya sea por procesos naturales o mediante la intervención humana (es decir, selección artificial). En la práctica agrícola incluye el proceso de cruzamiento de dos variedades distintas para producir plantas híbridas. Los híbridos pueden resultar menos o más aptos que cualquiera de los dos progenitores; a la primera condición se le llama depresión **exogámica**, en tanto que la segunda es conocida como vigor híbrido (o heterosis). El flujo de polen (**flujo de genes**) entre cultivos transgénicos y sus parientes silvestres puede dar lugar a progenie híbrida. (En biología molecular, el término se refiere a la fusión de dos células distintas para producir anticuerpos monoclonales, o también a la unión de hebras complementarias de **ADN** o RNA.)

ingeniería genética (modificación genética). Alteración selectiva y deliberada del **genoma** de un organismo, al introducir, modificar o eliminar **genes** específicos mediante técnicas de biología molecular. Incluye la alteración del material genético de un organismo a fin de producir **proteínas** endógenas (internas) con propiedades distintas de las del organismo no manipulado, o para producir proteínas totalmente diferentes (extrañas), así como los cambios producidos por métodos menos directos y precisos, como la mutación inducida por la aplicación de sustancias químicas o radiación. Hay quienes usan el término “ingeniería genética” (y sus sinónimos) para referirse al empalme de genes y la tecnología del **ADN recombinante**, aunque en un uso más preciso estos últimos se refieren específicamente a la unión de ADN de distintas fuentes o especies (por ejemplo, plantas y

microbios) y a la introducción de ADN no nativo (**transgén**) en un organismo. (Véase también **transgénico**.) Asimismo, en ocasiones se usa "ingeniería genética" en forma más amplia, para abarcar toda intervención humana, incluidas las técnicas de reproducción clásicas, convencionales, para el mejoramiento de los cultivos y otros medios de selección artificial. (Véanse también **biotecnología**, **OGM**, **OVM**.)

investigación genómica. Campo de estudio científico que busca conocer la naturaleza (es decir, secuencias de **ADN**) y funciones específicas de los **genes** en los organismos vivos. En combinación con la bioinformática, puede aplicarse al desarrollo de cultivos **transgénicos** y otras biotecnologías; incluye la integración de mapas de genes y la identificación de combinaciones genéticas.

maleza. En términos generales, cualquier planta no deseada que interfiere con las actividades humanas (incluidos los sistemas agrícolas) o los hábitats naturales. El concepto de maleza es bastante subjetivo; muy diversas plantas pueden ser consideradas maleza por distintas razones (por ejemplo, crecimiento rápido, persistencia, carácter invasor, efectos tóxicos en el ganado, etcétera). Los **cultivos resistentes a los herbicidas**, creados para permitir un mejor control de la maleza, pueden paradójicamente agravar el problema de la maleza. (Véase también **plaga**.)

OGM (organismo genéticamente modificado). Término amplio utilizado para identificar a los organismos que fueron manipulados mediante técnicas de genética molecular con el propósito de que exhiban nuevos caracteres. También se les denomina organismos transgénicos. (Véanse **ingeniería genética**, **organismos vivos modificados**, **transgénicos**.)

organismo vivo modificado (OVM). De conformidad con la definición del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (Protocolo sobre Bioseguridad), del Convenio sobre la Diversidad Biológica, cualquier organismo que posea una combinación nueva de material genético obtenida mediante el uso de la **biotecnología** moderna (es decir, técnicas de manipulación *in vitro* de ácidos nucleicos, incluidos métodos de **ADN recombinante**, y técnicas de fusión celular que permiten trascender las barreras naturales de la reproducción). En ocasiones se utiliza el término como sinónimo de organismo genéticamente modificado (**OGM**).

plaga. Cualquier especie que interfiere con las actividades, la propiedad o la salud humanas, o que resulta inconveniente por otros motivos. Las plagas de importancia económica que suelen afectar los cultivos abarcan malezas, artrópodos (incluidos insectos y ácaros), patógenos microbianos y nemátodos (gusanos), así como animales superiores (por ejemplo, mamíferos y aves).

plaguicida. Cualquier sustancia o agente empleado para destruir un organismo **plaga**. Los plaguicidas comunes incluyen insecticidas (para matar insectos), acaricidas (contra ácaros y garrapatas), herbicidas (para eliminar malezas), fungicidas (contra hongos) y nematicidas (contra nemátodos) Los plaguicidas suelen clasificarse en dos grandes grupos: compuestos químicos convencionales y bioplaguicidas (o plaguicidas biológicos), derivados de organismos o sustancias naturales y entre los que se incluyen los microbianos (es decir, organismos vivos), los bioquímicos (por ejemplo, feromonas) y las plantas con propiedades plaguicidas (por ejemplo, **cultivos Bt**). (Véase también **planta protegida contra plagas**.)

planta protegida contra plagas. Cualquier planta de cultivo modificada genéticamente, mediante tecnologías ya sea convencionales o transgénicas, a efecto de contener **genes** que expresan un carácter plaguicida. Las plantas transgénicas protegidas contra plagas de uso más extendido hoy día son los **cultivos Bt**. (Véanse también **plaga**, **plaguicida**.)

proteína. Biomoléculas formadas por polímeros de aminoácidos de elevado peso molecular. Toda proteína es resultado de la expresión de un **gen**. Las proteínas actúan de manera específica (como enzimas, reguladoras de la actividad de los genes, transportadoras, hormonas), y su especificidad radica en las formas tridimensionales características determinadas por sus subunidades: los aminoácidos, acomodados en secuencias precisas y unidos entre sí por enlaces peptídicos.

raza. Grupo de organismos de una especie que se distinguen genética o fisiológicamente de otros miembros de la especie. En antropología el término se usa para describir los distintos tipos humanos, como caucásico, negroide y mongoloide. Las razas o **variedades criollas** son variedades de plantas cultivadas que los campesinos han ido produciendo localmente mediante un largo proceso informal de selección artificial de ejemplares que muestran características que los hacen aptos para determinadas condiciones de crecimiento. Se calcula, por ejemplo, que existen más de 120 mil razas o variedades criollas de arroz. (Tomado de: *The New Penguin Dictionary of Science,* M. J. Clugston, 1998.)

recombinación. Unión de **genes** (es decir, segmentos de **ADN**), conjuntos de genes o partes de genes para dar lugar a nuevas combinaciones, ya sea biológicamente o por medio de la manipulación en laboratorio (por ejemplo, mediante **ingeniería genética**). La recombinación genética se clasifica como *intragenérica* (entre **especies** del mismo género) o *intergenérica* (más allá de los límites de las especies). En las plantas, la recombinación tiene lugar en forma natural durante la reproducción sexual en la medida en que los **cromosomas** forman nuevas asociaciones.

recursos genéticos. Material genético que sirve como fuente para el aprovechamiento humano actual y futuro. En el caso de las plantas, incluyen **cultivares** (variedades) modernos, **variedades criollas** (tradicionales) y parientes silvestres (incluidas malezas) de las especies de cultivo. Los cultivadores dependen de una amplia y diversa base genética para mejorar el rendimiento, la calidad y la adaptación a condiciones ambientales extremas de los cultivos. (Véanse también **biodiversidad**, **ADN**, **germoplasma**.)

resistencia (o protección) a través de una cubierta proteica (CP). Resistencia de una planta a infecciones virales que se obtiene al empalmar en el **genoma** vegetal un **gen** vírico por el que se expresa la cubierta proteica (cápside) de un virus (por lo general) relacionado. Es la forma de resistencia derivada de un patógeno (RDP) más ampliamente utilizada. Su eficacia ha quedado demostrada en numerosos cultivos y para una gran variedad de virus de ARN, aunque todavía no se conoce a cabalidad el mecanismo por el que opera. Las plantas modificadas que contienen **transgenes** de protección viral pueden coinfectarse naturalmente con numerosos virus, y han despertado preocupaciones en materia de **bioseguridad**, entre otras: la creación de nuevos virus, un aumento en la gama de virus que pueden alojarse en la planta y enfermedades virales de mayor gravedad.

Revolución Verde. Avances tecnológicos en la agricultura de los países en desarrollo a partir de 1960. Por lo general, el término se refiere al desarrollo y uso de variedades modernas de cereales de alto rendimiento (en especial arroz y trigo), con aplicación de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes químicos, así como de técnicas de irrigación. En ocasiones se utiliza en forma más amplia para aludir al desarrollo agrícola de capital intensivo que incorpora las innovaciones de la tecnología en materia de semillas híbridas (con el consecuente desplazamiento de las **variedades criollas** o tradicionales, adaptadas a la localidad).

sui generis. En relación con un sistema de derechos de propiedad intelectual, es una forma alternativa, única, de protección de DPI específicamente diseñada para un contexto y necesidades determinados. Literalmente, “de su género”.

teocintle. *Zea mexicana*, planta forrajera tropical americana, en la que las semillas no están unidas a una mazorca, sino que más bien la inflorescencia femenina (la espiga) consiste en una sola fila de seis o más semillas, cada una de las cuales contiene un endosperma compacto, rígido, de forma parecida a la de las rosetas o palomitas de maíz, cubierto con una cáscara dura (la cúpula). El teocintle es uno de los antecesores que contribuyó genéticamente al desarrollo del maíz moderno. (Adaptado de <http://waynesword.palomar.edu/plapr99.htm#teosinte> y otras fuentes.)

transformación genética. Proceso por el que se transfiere directamente **ADN** libre (es decir, no cromosómico y asociado a un **vector**) de un organismo donador a una célula receptora capaz de producir un organismo **transgénico**. (Véase también **ADN recombinante**.)

transgén. "Paquete" de material genético (**ADN**) que se inserta en el **genoma** de una célula mediante técnicas de empalme de genes, incluida la transferencia de genes de especies distintas en el genoma de un organismo huésped. Junto con los genes de interés (es decir, los que expresan o codifican una nueva **proteína**), el transgén puede contener material genético promotor, regulador o marcador. Un transgén puede consistir en un gen (o genes) de un organismo distinto (es decir, ADN extraño) o bien genes creados artificialmente. (Compárese con **flujo de genes**; véanse también **gen marcador**, **ADN recombinante**, **vector**.)

transgénico. Organismo que contiene material genético (**ADN**) nuevo, derivado de un organismo distinto de sus progenitores o añadido al material genético progenitor; el término incluye a la progenie de un **organismo genéticamente modificado**. El ADN extraño (no nativo) se incorpora en una etapa temprana del desarrollo; está presente en las células germinales (o reproductoras, espermas u óvulos) y en las células somáticas, y se transmite a la progenie por herencia mendeliana. Las plantas transgénicas suelen contener ADN de cuando menos un organismo no relacionado, sea un virus, una bacteria, algún animal u otra planta. (Véanse también **ingeniería genética**, **planta protegida contra plagas**.)

variedad. Categoría empleada en la clasificación de plantas y animales, inmediata inferior a la de especie. Una variedad consiste en un grupo de individuos con características distintivas genéticamente heredadas que los hacen diferir de otros ejemplares de la misma especie. Los miembros de distintas variedades de una misma especie pueden aparearse entre sí. Entre los ejemplos de variedades se incluyen las razas de los animales domésticos y las razas humanas. (Tomado de: *A Dictionary of Biology,* Oxford University Press, Market House Books, 2000.)

variedad criolla. Variedad de cultivo con una amplia base genética (marcadamente heterocigótica, en términos genéticos), que ha sido resultado de siglos de desarrollo y adaptación a tipos de suelo y microclimas particulares. Las variedades criollas se han mejorado a partir de los procesos tradicionales de selección utilizados por los agricultores locales —y no como resultado de los métodos de reproducción que usan los cultivadores profesionales (obtentores) de plantas— y constituyen una importante fuente de **genes** diversos para los cultivadores de plantas. (Véanse también **alelo**, **flujo de genes**, **recursos genéticos**, **raza**.)

vector. Agente autorreproducible por el que se introducen nuevos **genes** en las células para producir **ADN recombinante**. Los vectores incluyen plásmidos (es decir, pequeñas moléculas circulares de ADN extracromosómico que se encuentran en las bacterias), así como virus y otras formas de **ADN**. (En patología vegetal, un vector es un organismo capaz de transmitir un patógeno de un huésped a otro; por ejemplo, los insectos herbívoros portadores de virus.) (Véanse también **cromosoma**, **transgén**.)