

Transgénicos: Mitos y Verdades

Un examen –basado en evidencias–
de las proclamas sobre seguridad y
eficacia de los cultivos manipulados
genéticamente

Michael Antoniou

Claire Robinson

John Fagan

Earthopensource
Quimantú / RAP-Chile

Julio 2020

Transgénicos: Mitos y verdades

GMOS Myths and Truths

Michael Antoniou, biotecnólogo, King's College London School of Medicine, Londres

Claire Robinson, directora de investigación, Earth Open Source, editora de GMWatch

John Fagan, médico, biólogo molecular, experto en bioseguridad y certificación de transgénicos, co-fundador de Earth Open Source

Editoras (versión en español)

Lucía Sepúlveda Ruiz, María Elena Rozas

Red de Acción en Plaguicidas RAP-Chile

Editorial Quimantú



ACLARACIÓN DE LOS AUTORES

Los puntos de vista y opiniones expresados en este documento u otros publicados por Earth Open Source son los de los autores y no representan la política oficial ni la posición o puntos de vista de otras organizaciones, universidades, compañías o corporaciones a las cuales los autores puedan pertenecer.

Traducción de la versión inglesa (1.3) publicada en
www.earthopensource.org (junio 2012)
2nd Floor 145-157, St. John Street, London EC1V 4PY, Reino Unido
Publicación autorizada por ©Earth Open Source
e-mail de contacto: Claire.robinson@earthopensource.org

Versión en español 2014, Editorial Quimantú/RAP-Chile
Traducción: Lucía Sepúlveda Ruiz, Red de Acción en Plaguicidas Chile,
RAP-Chile y campaña Yo No Quiero Transgénicos en Chile

Esta publicación fue financiada con ayuda de la FRL con fondos del BMZ

rls

Fundación Rosa Luxemburg

Edición:

María Elena Rozas y Lucía Sepúlveda Ruiz
Red de Acción en Plaguicidas RAP-Chile y
Campaña Yo No Quiero Transgénicos en Chile

www.rap-chile.com

Alonso de Ovalle 1618, oficina A, secretaria@rapal.cl

Diseño y Diagramación: Lucía Paz
Impreso en Chile por Editorial Quimantú
www.quimantu.cl

Acerca de los autores

Michael Antoniou, PhD (doctor en medicina) es lector en genética molecular y dirige el Centro de Terapia y Expresión Genética del King's College de la Escuela de Medicina de Londres, Reino Unido. Tiene 28 años de experiencia en el uso de la tecnología de ingeniería genética, investigando la organización y el control de los genes, con más de 40 papers con revisión de pares de su trabajo original, y status de descubridor en varias patentes de biotecnología de expresión de genes. El Dr. Antoniou tiene una vasta red de colaboradores en la industria y el mundo académico, que están utilizando sus descubrimientos sobre mecanismos de control de los genes para la elaboración de productos seguros y eficaces de investigación, diagnóstico y terapia genética humana somática para alteraciones heredadas y adquiridas.

Claire Robinson, Master en Filosofía, es directora de investigación de Earth Open Source. Tiene un perfil en periodismo de investigación y comunicación de temas relacionados con salud pública, ciencia y políticas públicas y el ambiente. Es editora de GM Watch (www.gmwatch.org), un servicio de información pública en temas relacionados con la modificación genética, y anteriormente fue editora jefe de SpinProfiles (que ahora es Powerbase.org).

John Fagan, doctor en medicina, es una autoridad líder en sustentabilidad del sistema alimentario, bioseguridad y en pruebas de transgénicos. Él es fundador y jefe del equipo científico de una de las compañías líderes en pruebas y certificación de transgénicos, a través de la cual ha sido pionero en el desarrollo de herramientas innovadoras para verificar y hacer avanzar la pureza, seguridad y sostenibilidad de los alimentos. Fagan es cofundador de Earth Open Source, que usa colaboración con todas las fuentes, para el avance de la producción de alimento sustentable. Anteriormente él dirigió la investigación sobre el cáncer en el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos. Él es doctor en bioquímica y biología molecular y celular por la Universidad de Cornell.

Earth Open Source

Earth Open Source es una organización sin fines de lucro dedicada a asegurar la sustentabilidad, seguridad y sanidad del sistema alimentario mundial. Apoya sistemas agroecológicos basados en los productores agrícolas que conserven el suelo, el agua y la energía y que produzcan alimento saludable y nutritivo libre de toxinas innecesarias. Cuestiona el uso de plaguicidas, fertilizantes artificiales y transgénicos a partir de argumentos basados en los riesgos para la salud y el ambiente, probados científicamente, que presentan los transgénicos, y también a causa de los impactos negativos de tipo social y económico de estas tecnologías. Earth Open Source sostiene que nuestras semillas campesinas y sistema alimentario son bienes comunes que pertenecen a las manos de los agricultores y los ciudadanos y no a la industria de transgénicos y productos químicos.

Earth Open Source ha generado tres líneas de acción, cada una de las cuales desarrolla un aspecto específico de su misión:

- Plataforma de ciencia y políticas públicas
- Investigación científica
- Desarrollo rural sustentable

Ciencia y políticas públicas

Como la calidad de nuestro abastecimiento de alimentos está íntimamente conectada con decisiones de tipo político y regulatorio, por ejemplo sobre los plaguicidas y OGMS, Earth Open Source funciona como una plataforma de ciencia y políticas públicas para entregar insumos a los tomadores de decisiones sobre temas relacionados con la sanidad, seguridad y sustentabilidad de nuestro sistema alimentario. Earth Open Source ha publicado y copublicado varios informes que han tenido impacto internacional:

- Roundup y malformaciones congénitas: ¿Están dejando a la gente a oscuras?
- Soya Transgénica: ¿Sustentable? ¿Responsable?

- Conflictos en el menú: Una década de influencia de la industria en la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por su nombre en inglés).
- Reguladores de plaguicidas y seguridad alimentaria en Europa. ¿Para quién trabajan los reguladores?

Investigación científica y desarrollo rural sustentable

Earth Open Source tiene proyectos de laboratorio y de campo en curso en diversos continentes. Proyectos de desarrollo agrícola liderados por productores campesinos están en desarrollo en Asia. Se entregarán detalles de estos cuando los proyectos ya arrojen frutos.

Índice

Acerca de los autores	4
<i>Capítulo 0</i> TRANSGÉNICOS EN CHILE AL AÑO 2020	9
<i>Capítulo 1</i> LA TÉCNICA DE MANIPULACIÓN GENÉTICA	31
<i>Capítulo 2</i> LA CIENCIA Y LOS REGULADORES	63
<i>Capítulo 3</i> RIESGOS PARA LA SALUD PLANTEADOS POR LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS	97
<i>Capítulo 4</i> PELIGROS PARA LA SALUD DEL ROUNDUP Y EL GLIFOSATO	187
<i>Capítulo 5</i> CULTIVOS TRANSGÉNICOS: IMPACTOS EN EL CAMPO Y EL AMBIENTE	205
<i>Capítulo 6</i> EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL USO DE LA ENERGÍA	277
<i>Capítulo 7</i> ALIMENTAR AL MUNDO	295
Conclusiones finales	331

Capítulo Cero

Transgénicos en Chile al año 2020

En plena pandemia, con cuarentena y Estado de Emergencia, el SAG, la entidad estatal que regula las semillas en Chile, puso en consulta pública, una norma que deroga la resolución 1523 sobre transgénicos, vigente desde el 2001. La norma abre paso de forma ambigua a todo tipo de cultivos transgénicos para el mercado interno. Al redactar este capítulo, no es posible predecir el desenlace del debate abierto con la consulta pública. No se trata de un proyecto de ley. El mecanismo utilizado por SAG para emitir esta decisión es una resolución “exenta”. Este subterfugio exime a la medida del proceso de revisión con respecto a su constitucionalidad y legalidad.

La arremetida de las corporaciones agroquímicas y de biotecnología para introducir transgénicos en Chile data de 1993, cuando fueron aprobados por el SAG para su internación, según la Resolución N° 1.927. Esta resolución establecía que el Servicio Agrícola y Ganadero, SAG, según el artículo 18 del D.L. 3.557, estaba facultado para dictar normas sobre internación al país de mercaderías peligrosas para los vegetales y que la internación de material vegetal de reproducción transgénico revestía riesgos para la Agricultura. Asimismo, señalaba expresamente que la autorización sólo se otorgaría a material destinado a multiplicación para fines de exportación. Esta resolución fue derogada en el año 2001, cuando se dicta la resolución N°1523, sobre transgénicos (OGM) que permite pruebas de campo y multiplicación de semilla. Desde la década de los 90, las empresas nacionales y principalmente las corporaciones transnacionales vienen presionando a los gobiernos de turno y los organismos reguladores del Estado para ampliar la superficie de semilleros destinados la exportación, siempre con vistas a la introducción para el mercado interno.

La consulta pública fue publicada en abril de 2020 y tenía como fecha límite, el 1° de junio. Sin embargo, a raíz del masivo rechazo ciudadano, el SAG la extendió hasta el 15 de junio de 2020. Debido al carácter no vinculante de esta consulta pública, probablemente el objetivo de esta extensión del plazo no es recibir más comentarios de parte de grupos de interés de la sociedad civil y de productores agrícolas y apícolas que serán afectados por esta norma. Ello apuntaría más bien

a permitir que las autoridades, las semilleras transgénicas y las empresas transnacionales que han estado detrás de esta regulación, puedan defender sus intereses corporativos en los medios de comunicación.

En el inicio de la resolución, en los “vistos”, el SAG menciona la ley 19.300 de Bases del Medio Ambiente como si la hubiera considerado. Sin embargo no es así, puesto que el Artículo 11, letra r de esta ley, enumera los proyectos de tipo agrícola que deben obligatoriamente ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental y señala que están incluidos los “Proyectos de desarrollo, cultivo o explotación, en las áreas mineras, agrícolas, forestales e hidrobiológicas que utilicen organismos genéticamente modificados con fines de producción y en áreas no confinadas. El reglamento podrá definir una lista de especies de organismos genéticamente modificados que, como consecuencia de su comprobado bajo riesgo ambiental, estarán excluidos de esta exigencia. El mismo reglamento establecerá el procedimiento para declarar áreas como libres de organismos genéticamente modificados.” Aunque la ley data de los años 90, ese reglamento jamás ha sido elaborado, pero el espíritu de la ley indica que las iniciativas de este tipo deben ingresar al SEIA. Por tanto este decreto intenta remplazar “de facto” la evaluación de impacto ambiental que debiera hacerse de acuerdo a la Ley 19.300, por las medidas de evaluación de riesgo, lo cual es altamente irregular.

Análisis de la norma en consulta

Respecto del contenido de esta resolución, con un lenguaje ambiguo, pretende abrir **paso** a todo tipo de cultivos transgénicos para el mercado interno. **La** medida disminuye drásticamente los requerimientos de bioseguridad para los semilleros de exportación, que eran los únicos cultivos autorizados según la antigua norma. Un análisis de la nueva propuesta permite deducir que la industria biotecnológica esté tomando el control de la regulación de los transgénicos desde dentro de los organismos reguladores del Estado.

Como Red de Acción en Plaguicidas RAP-Chile, hemos rechazado el contenido de la resolución tanto por su forma como por su fondo, con una declaración que concitó el apoyo de más de 383 organizaciones campesinas, socioambientales y entidades de la sociedad civil, además de centenares de firmas (*al 6 de junio 2020*).

La nueva resolución autoriza por primera vez “la permanencia en el país para siembra, almacenamiento y acondicionamiento de OGMs importados o **desarrollados en Chile** para su uso futuro”. Ese uso futuro no está especificado en detalle (Artículo 3). Desaparecen las normas de destrucción de los remanentes de la producción de los semilleros de exportación, que apuntaban a evitar los riesgos de contaminación de otros cultivos, robos o accidentes.

El acondicionamiento incluye el tratamiento (“desinfección”) de las semillas transgénicas de maíz, raps, canola y otros con insecticidas altamente peligrosos, de la familia de los neonicotinoides producidos por Bayer entre otros. No hay en el decreto ningún otro artículo referido al resguardo o mitigación de riesgos por el impacto en los polinizadores y las abejas. Mientras que en Europa el uso o de los neonicotinoides está prohibido debido a la comprobada relación entre ese uso y el fenómeno global de desaparición de las abejas, en Chile se estimula su uso a través de resoluciones de rápido trámite. Los estudios que fundamentan la resolución europea se han desarrollado en Canadá y Europa y fueron publicados por la revista Science.

En la web del SAG puede observarse que el acondicionamiento y permanencia de las semillas ya se está haciendo, puesto que hay disponibles en línea formularios para pedir la respectiva autorización. También existen formularios para liberar “caso a caso” al medio ambiente transgénicos desarrollados en el país y eventos desarrollados con herramientas de la nueva biotecnología. Ello significa que la resolución puesta en consulta pública tiene como objetivo dar cobertura legal a conductas que hasta ahora estaban fuera de la norma, pero eran realizadas por las empresas semilleras y productoras de agrotóxicos y avaladas por SAG.

Nuevos OGMs excluidos de la norma

La nueva resolución deja fuera de toda regulación “a los materiales vegetales desarrollados por biotecnología moderna que no contienen una nueva combinación de material genético”, (Artículo 4.1), decisión contraria a la norma que rige en la Unión Europea, que exige a las variedades desarrolladas por edición génica, someter esos productos biotecnológicos a estudios de evaluación de riesgo y si son autorizados, llevar etiquetado. La edición de genes, usada ampliamente, al ser excluida de las regulaciones en Estados Unidos y ahora en Chile, libera de inmediato de toda restricción a la mayor parte de las nuevas variedades manipuladas en laboratorio.

Chile es parte desde 1995 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, el cual tiene como objetivo revertir la destrucción global de la naturaleza y la pérdida de biodiversidad. Recientemente en la reunión, efectuada en 2018, por la Conferencia de las Partes de la ONU sobre Biodiversidad (COP14), se ha reafirmado este objetivo. Además, teniendo en cuenta las incertidumbres que plantean los nuevos transgénicos, en esta última reunión, llamaron a las Partes y a otros gobiernos, a aplicar un enfoque de precaución en relación a la liberación de los impulsores genéticos, productos que se desarrollan mediante la edición génica y entre los cuales se cuentan los mosquitos transgénicos.

Decisiones previas

La nueva propuesta del SAG tiene como antecedente previo la declaración sobre Técnicas de Edición de Genes enviada por Chile, Argentina, Brasil y Paraguay a la Comisión de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la OMC, según la cual los productos generados con edición de genes no deben ser considerados diferentes a los obtenidos por mejoramiento o cruce tradicional. Estos cuatro países evitarán que se les apliquen a estos productos “obstáculos a su comercio”. Por otra parte, estos nuevos eventos se estarían ya registrando por SAG como variedades protegidas, según la minuta de gobierno enviada a la Cámara

de Diputados sobre el TPP, que sostiene: “la protección otorgada por UPOV 91 opera para nuevas variedades, sean estas producidas a través de la cruce tradicional o por otros medios, como por ejemplo la edición génica”. Según el ministro, la transgenia ha sido “superada” por estas nuevas herramientas biotecnológicas. Es justamente esa interpretación la que han sugerido las empresas, que publicitan la técnica CRISPR-CAS, como una modificación diferente de la transgenia, la cual no requiere de una evaluación de riesgo.

La nueva resolución de SAG mantiene el secreto sobre la solicitud de autorización de los OGMs, imposibilitando así toda objeción fundada a ello y haciendo inútil la consulta pública citada en el artículo 11.1 (Artículo 8).

Riesgos para semilla antigua

Además, queda en evidencia que este decreto no está estableciendo reales normas de bioseguridad y monitoreo y menos de resguardo de la semilla nativa y criolla. La resolución establece que, si un productor solicita modificar las condiciones de bioseguridad planteadas en la autorización, podría lograrlo incluso respecto de variedades de las que Chile es centro de origen, como la frutilla (*Fragaria chiloensis*), la papa (*Solanum tuberosum subespecie tuberosum*), los porotos, tomates, quinoa, entre otros, porque también se les aplica la modificación de condiciones de bioseguridad solicitadas eventualmente por las empresas. No hay ningún artículo que prohíba el desarrollo de transgénicos que sean sexualmente compatibles con ellas y por tanto, el riesgo de contaminación es altísimo (Artículo 17).

Tampoco incluye el SAG disposiciones de fiscalización y alerta a vecinos respecto del uso de plaguicidas altamente peligrosos en estos cultivos transgénicos, especialmente de aquellos del grupo de los Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs) para la salud y el ambiente, tales como el glifosato /RoundUp de Bayer/Monsanto y otros PAPs, entre ellos, 2,4-D, glufosinato de amonio y dicamba, y de los neonicotinoides que son letales para las abejas.

Sin consulta indígena

El Estado chileno, una vez más omitió la consulta indígena mandada por el tratado internacional, Convenio 169 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) sobre Pueblos, Indígenas y Tribales en Países Independientes, aun cuando la nueva resolución afecta directamente el patrimonio de estas comunidades, que han creado y resguardado ancestralmente las semillas tradicionales en sus territorios.

En síntesis, las nuevas disposiciones, cualitativamente más laxas que el decreto de 2001, vulneran la biodiversidad y el patrimonio genético de comunidades campesinas e indígenas; dañan directamente a los polinizadores y la apicultura, y ponen en riesgo agudo a las diversas formas de cultivos agroecológicos y orgánicos. Ignoran asimismo el impacto en la salud del uso intensivo de plaguicidas altamente peligrosos en estos cultivos, que afectan al mismo tiempo la salud de los niños y niñas, las mujeres y los trabajadores rurales y de las y los consumidores en la ciudad, debido a los residuos de estos agrotóxicos en alimentos y en el agua.

Los intentos fallidos previos

El nuevo decreto del SAG es una respuesta “de facto” al fracaso de los intentos del Estado y las empresas semilleras para lograr la expansión de estos cultivos. Tres iniciativas legales y un Tratado de Libre Comercio han sido los mecanismos utilizados por el Estado Chileno para ello.

La primera iniciativa legal fue el Convenio Internacional UPOV 91, la versión del año 1991 del convenio de propiedad intelectual de la semilla, ideado por la industria productora de semillas híbridas y transgénicas. Fue aprobado por el Senado en 2011 pero el gobierno no lo pudo promulgar por entrar en conflicto con la Ley de Semillas vigente.

La segunda iniciativa legal, el proyecto de Ley de Obtentores Vegetales que derogaba la Ley de Semillas, conocido como “Ley Monsanto” fue presentada por Michele Bachelet en su primer gobierno, para via-

bilizar el UPOV91. La tramitación de esta ley fue detenida en 2014 al iniciar Bachelet su segundo gobierno, gracias a un amplio movimiento social de rechazo del proyecto.

La tercera iniciativa es la Ley de Bioseguridad que utilizó Sebastián Piñera en su primer gobierno. En América Latina, todos los proyectos denominados de “BioSeguridad” han servido para remover obstáculos al avance de los cultivos transgénicos en esos países. Por ello nuestro planteamiento fue rechazar esa ley y demandar en cambio que el Congreso discutiera la moratoria a los transgénicos, pero el proyecto de moratoria nunca llegó a discutirse en el Senado.

Y un intento aún vigente, es el Tratado Transpacífico o TPP11. El tratado se refiere en uno de sus capítulos al Comercio de Productos de la Biotecnología Moderna, definidas como “mercancías agrícolas, así como peces y productos de la pesca”. Ello posibilita, por ejemplo que el salmón transgénico producido por AquaBounty en Canadá, país miembro del TPP, pueda ser producido o comercializado en Chile. El TPP crea un Grupo de Trabajo de Biotecnología para “intercambiar... información sobre cuestiones relacionadas ...con la biotecnología moderna, incluidas las leyes, regulaciones y políticas **vigentes y propuestas**” y exige homogeneizar las legislaciones internas. Asimismo el Capítulo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio podría ser utilizado para imposibilitar o eliminar normas que en algunos países han sido bloqueadas por ser “obstáculos al comercio”, tales como la moratoria a transgénicos (GM), el etiquetado de alimentos transgénicos o la advertencia de riesgo crónico en la etiqueta de los plaguicidas altamente peligrosos (como el glifosato, o la combinación de glifosato y dicamba), utilizados en los cultivos de maíz, soya o canola GM.

El TPP11 fue aprobado en 2019 por la Comisión de Constitución del Senado, el día antes del estallido social del 18 de octubre, ignorando la oposición ciudadana. Desde entonces el rechazo a la iniciativa se masificó y formó parte de las demandas sociales. Sin embargo sólo faltaría ahora la votación en pleno por el Senado para una eventual aprobación o rechazo.

El movimiento socio-ambiental y la lucha de las mujeres defensoras de la semilla y los territorios han frenado hasta ahora todas las iniciativas descritas. Pero como señalamos anteriormente, durante la discusión del TPP11, el gobierno anunció en la cámara de diputados, que la protección otorgada por UPOV 91 opera también para variedades obtenidas por técnicas como el CRISPR-CAS. Si se aprueba el TPP11, para poder ratificar el Convenio UPOV 91 como lo estipula ese tratado, el gobierno apresurará además la derogación de la Ley de Semillas y las empresas podrán registrar como propias cualquier variedad de una planta “creada o descubierta” por el obtentor, siempre que sea nueva, distinta, homogénea, estable. Fácil, porque “nueva” es que no haya sido vendida por ellos, y las variedades locales son homogéneas y estables. Los “descubrimientos” son en realidad actos de piratería y apropiación del trabajo de generaciones de campesinos e indígenas sobre la semilla. Ningún biólogo o transnacional ha creado un gen, una célula, una nueva forma de vida, solo han manipulado lo existente. Las variedades transgénicas parten asimismo de una variedad tradicional que es parte del patrimonio genético de los pueblos campesinos e indígenas. La nueva estrategia de las semilleras publicita nuevos transgénicos resistentes a la sequía. No se informa que las semillas tradicionales y las criollas son las que mejor pueden resistir el cambio climático, porque están adaptadas y evolucionan con su territorio y además no requieren los insumos químicos que encarecen los cultivos y dañan los suelos.

Consecuencias del decreto

El nuevo decreto del SAG afecta a la agricultura familiar campesina e indígena. Las tierras de la pequeña agricultura campesina e indígena son requeridas para expandir los agronegocios en general pero también para “innovar” con monocultivos de pino y eucaliptus transgénicos, así como con variedades biorreactoras generadoras de vacunas. Este tipo de cultivos transgénicos a campo abierto está prohibido en la mayor parte de los países del mundo, por el riesgo de que contaminen los cultivos de la misma variedad alimentaria. En Chile el Departamento

de Ciencias Biológicas de la Universidad Católica ha desarrollado experimentos con tomate transgénico como vacuna contra la hepatitis y el cólera. Pero últimamente varios centros de investigación de diversas universidades, junto al INIA, y otras entidades públicas asociadas a consorcios como FEDEFRUT tienen listas variedades transgénicas de uvas, carozos, limones y lechugas, entre otros, además de los pinos y eucaliptus transgénicos.

La expansión de la industria semillera posibilitada por el decreto del SAG, aumentará los riesgos de contaminación genética y química, y de pérdida de mercados para la agricultura orgánica, muy importante en las regiones de Ñuble, Biobío, Maule, Los Ríos y Chiloé. Esta es una actividad económica en expansión, que según ODEPA cuenta con más de 67.839 hectáreas certificadas como orgánicas en 2018.

Además, y por sobre todo, las prácticas orgánicas y agroecológicas requieren semillas libres de plaguicidas y transgénicos. La producción agroecológica se apoya en la biodiversidad para encarar los desafíos provenientes del cambio climático y los daños causados por el extractivismo de la agroindustria y las forestales. Asimismo, el intercambio de semillas (trafkintu en mapudungun y jatha chhalasiña en aymara), y las experiencias agroecológicas basadas en las prácticas ancestrales de cultivo de la tierra, no sólo han revivido en las comunidades de pueblos originarios, sino se están utilizando como parte de las economías territoriales, alternativas al modelo extractivista. A ello se une el florecimiento de los huertos urbanos y de iniciativas para asegurar la compra directa a campesinos por parte de organizaciones urbanas, tales como Cooperativas y Comprando Juntos. También están en curso proyectos autónomos de recuperación de semillas tradicionales en diversas regiones. Son experiencias que hoy se fortalecen en medio de la crisis sanitaria y social, porque nacen desde la resistencia de colectivos y comunidades conscientes, en busca del buen vivir.

Chile no se ha adherido al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, y aún se discute en Congreso un proyecto de Ley de Protección de la Biodiversidad. No hay protección legal para la re-

cuperación y resguardo de la semilla nativa, las semillas tradicionales locales y el patrimonio genético, que son pasos previos y fundamentales para el resguardo de esos bienes.

Países sin cultivos transgénicos

En nuestro país aún estamos a tiempo para detener los cultivos transgénicos. En el mundo hay 39 países que prohíben los cultivos transgénicos, según el medio europeo electrónico Sustainable Pulse. En África, lo hacen Argelia y Madagascar; en Asia la prohibición es efectiva en Turquía, Kyrgyzstan, Bhutan, Arabia Saudita. En el continente americano, ello está vigente en Belize, Perú, Ecuador y Venezuela. En la Unión Europea, el tercer socio comercial de Chile, está el mayor número de países que los prohíben: Escocia, Gales, Irlanda del Norte, Alemania, Francia, los Países Bajos, Malta, Chipre, Grecia, Bulgaria, Rusia, Serbia, Croacia, Italia, Dinamarca, Hungría, Moldova, Latvia, Lituania, Austria, Polonia, Eslovenia, Azerbaijón, Bosnia y Herzegovina, Luxemburgo, Ucrania, Noruega y Suiza.

Los cultivos transgénicos de exportación ocupan en Chile menos de un 2% de la superficie total cultivable del país, pero las corporaciones transnacionales han presionado por décadas a los gobiernos para expandir los actuales semilleros hacia el mercado interno, ya que inicialmente la autorización no lo permitió, atendiendo a la presión de académicos que alertaron tempranamente sobre los riesgos de aquello. Chile es conocido como exportador de semillas por las ventajas comparativas que su territorio ofrece, sin embargo, en un mundo donde la tendencia a consumir alimentos sanos está en alza, ha escogido exportar mayoritariamente semillas transgénicas al norte global, reduciendo la importancia de la exportación de semillas convencionales y perdiendo mercados como los de Rusia y otros países que no permiten los transgénicos.

Estos monocultivos transgénicos de exportación son intensivos en el uso de agrotóxicos y fertilizantes que contaminan los suelos y

el agua, generando efectos dañinos en los trabajadores y trabajadoras agrícolas y en la salud de las personas, como se ve en los capítulos de este libro. No existen cultivos comerciales de transgénicos que se utilicen sin herbicidas, y algunos de estos cultivos son además plantas insecticidas.

La situación actual

En la temporada 2018-2019, según el Servicio Agrícola y Ganadero SAG, los semilleros transgénicos cubren 10.727 hectáreas. Las regiones donde los cultivos transgénicos están más extendidos son Maule (4.616 ha), O'Higgins (2.135,16 ha), Metropolitana (1350,66) Araucanía (810,0) y Biobío (759,16 ha). El maíz transgénico se cultiva desde el norte a la zona central, en tanto que el raps está principalmente en la Araucanía y BioBio. En la temporada citada, se exportaron semillas transgénicas de maíz, raps (canola o colza), soya, tomate, y mostaza parda, según informa el Servicio Agrícola y Ganadero SAG. Estas semillas, importadas desde Estados Unidos u otro país del norte son reproducidas o multiplicadas mediante el cruzamiento del transgénico original resistente a uno o más plaguicidas, con semillas híbridas que le confieren sus características de tamaño, color y rendimiento. También se experimenta con trigo harinero transgénico, en la Región de Los Ríos.

Chile provee de semillas transgénicas a Estados Unidos y Canadá, entre otros, a través de CropScienceBayer/Monsanto, Chem/Syngenta, Corteva (Dupont/Pioneer), KWS y otras empresas agrupadas en ANPROS (Asociación Nacional de Exportadores de Semillas) que subcontratan predios agrícolas para ese fin.

La fusión de Bayer con Monsanto, autorizada en Chile en 2018, implicó la absorción por Bayer de las plantas que bajo distintos nombres compró o construyó Monsanto en Chile. La planta principal de esta transnacional está en Viluco (comuna de Buin, Región Metropolitana), y según ellos mismos, es la más importante de América Latina y

tercera en volumen a nivel global. Esta gigantesca factoría de procesamiento, embalaje y distribución de semillas de hortalizas para la exportación a toda Sudamérica, ya ampliada por Monsanto, se inauguró en septiembre de 2018. Sus instalaciones originales pertenecieron a la semillera Seminis, adquirida por Monsanto en 2005. Supliría, según Bayer/Monsanto cerca del 70% de la demanda de la región, con una inversión cercana a los US\$8,5 millones de dólares. Sin embargo la ampliación de la planta de Viluco no fue evaluada por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental según respondió oficialmente el SEIA a RAP-Chile, que consultó esto por Ley de Transparencia. A esta planta se suma la planta de tratamiento de semillas de Paine, ampliada recientemente a través de un proyecto que sí fue aprobado oficialmente por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, en el cual el Estado negó a las comunidades su derecho a presentar sus objeciones a través de la participación ciudadana. Otras instalaciones menores tienen funciones de investigación en las comunas de Mellipilla, Graneros y Lautaro. Bayer heredó así la posición monopólica de Monsanto que anteriormente había comprado la división de semillas de maíz y soya de ANASAC, la ex Empresa Nacional de Semillas (ENS) existente en el gobierno del presidente Salvador Allende. La ENS dependía en esa época de CORFO, pero fue privatizada después del golpe militar. Bayer/Monsanto encabeza así el fuerte lobby de ANPROS, la Asociación Nacional de Productores de Semillas, lobby que culmina ahora con el nuevo decreto del SAG.

Devoluciones de embarques

En mayo de 2013, Alemania, que tiene tolerancia cero al ingreso de transgénicos, rechazó una partida de maíz contaminada con maíz transgénico NK603 y Mon 803 exportado por la empresa semillera Limagrain desde Chile. No era la primera vez, ya que rechazos similares se produjeron los años 2001, 2005, 2009, 2010, 2011. Una auditoría al SAG de la agencia de la Unión Europea, la Food and Veterinary Office

detectó fallas en la vigilancia de la contaminación y el cumplimiento de los protocolos. La Fao reportó estos incidentes en 2013 en un boletín de noticias publicado el 10 de mayo de 2013.

Además, en Chile diversos estudios independientes muestran que hay razas nativas de maíz contaminadas por el maíz transgénico en zonas como la Región de O´Higgins. Actualmente en el Valle de Azapa, zona de origen del maíz lluteño, están en pleno desarrollo semilleros de exportación de maíz transgénico y cultivos de experimentación con otros maíces.

En 2012 el colapso de las exportaciones de miel chilena a Alemania y Europa por contaminación con transgénicos afectó de manera gravísima a miles de apicultores cuyos embarques fueron rechazados. La Unión Europea cumplía así una disposición de la Corte Suprema Europea que obligaba al etiquetado de la miel contaminada con polen transgénico. Los estudios realizados en Chile mostraron que la mayor parte de la producción estaba contaminada por transgénicos. Posteriormente el lobby de la industria triunfó en Europa, modificando esta disposición respecto del polen y posibilitando el ingreso de miel con polen transgénico.

Secreto versus Transparencia

En el año 2009, RAP-Chile, solicitó oficialmente al SAG información sobre la ubicación exacta y nombre de los propietarios de predios donde se cultivaba y acopiaba semilla transgénica en el país y la entrega de un informe sobre las solicitudes de internación de semillas en trámite al 20 de abril del año 2009, que hasta esa fecha era información secreta. Ante la negativa del SAG a entregar la información solicitada, el 4 de junio de 2009, RAP-Chile/Alianza por una Mejor Calidad de Vida, interpuso un recurso de amparo contra el SAG por denegación de información al Consejo de la Transparencia. Al cabo de una acuciosa investigación, el 25 de junio de 2010 el Consejo para la Transparencia falló a favor de lo demandado por RAP-Chile, notificando de su resolución a María Elena Rozas, como representante de RAP-Chile, al SAG

y a Monsanto, entre otras corporaciones transnacionales y empresas semilleras nacionales que intervinieron como terceros opuestos a la entrega de información. Los descargos empresariales sumaban aproximadamente 20.000 fojas.

El 17 de julio de 2010, Monsanto apeló ante la Corte de Apelaciones de Santiago contra el Consejo de Transparencia acusándolo de ilegalidad por la resolución dictada. Además, recurrieron en dos oportunidades al Tribunal Constitucional de Chile, sin éxito. La Corte de Apelaciones determinó que el Consejo para la Transparencia debía volver a analizar el caso y ofrecer a los terceros una audiencia para dar pruebas de los intereses vulnerados al hacer pública la ubicación de sus predios con cultivos transgénicos. Tras un segundo análisis de los antecedentes del Amparo N° A59-09 y la citación a una audiencia de prueba, realizada el 25 de enero 2020, el Consejo para la Transparencia entregó una nueva resolución. En esta nueva decisión, los consejeros por unanimidad confirmaron lo resuelto anteriormente y se obligó al SAG y a las empresas entregar la información solicitada sobre la ubicación de los cultivos transgénicos en Chile.

El fallo del Consejo para la Transparencia posibilita a los ciudadanos y ciudadanas ejercer un relativo control social sobre este negocio contaminante, sin embargo, el SAG no ha mostrado transparencia activa. Si una comunidad quiere saber la ubicación exacta de los transgénicos en su zona, debe consultarlo en forma especial a este servicio, pues el dato publicado por lo general es de temporadas pasadas. Además, **si alguna empresa** no está de acuerdo, el SAG excluye de su respuesta la ubicación de esos cultivos, yendo en contra de lo señalado en la resolución del Consejo de Transparencia.

Monsanto y la justicia

En los últimos años, dos agricultores chilenos demandaron a Monsanto y obtuvieron sentencias o acuerdos extrajudiciales luego de quedar arruinados por trabajar con semillas de esta corporación transnacional. José Pizarro, un multiplicador de semillas transgénicas en

Melipilla (Región Metropolitana), ganó su caso en todas las instancias en 2013, cuando la Corte de Apelaciones ratificó que la obligada asesoría recibida desde Anasac/Monsanto para realizar esos cultivos, lo llevó a la quiebra financiera. En el proceso y a través de denuncias públicas acogidas por RAP- Chile, Pizarro detalló las prácticas altamente contaminantes e ilegales derivadas de la asesoría de la transnacional. El agricultor, que perdió todos sus bienes y se endeudó con un banco, no podía acudir a un tribunal civil sino solo a la Cámara de Comercio, debido a una cláusula de su contrato con Monsanto. Acudir a esta instancia, es una gestión de elevado costo, ello explica que no haya otros casos similares. La Corte de Apelaciones confirmó el fallo de la Cámara de Comercio en septiembre de 2013 y ordenó a Anasac/Monsanto el pago de una suma por el daño causado.

El agricultor José Riquelme, de Chillán, por su parte logró en julio de 2014, que ante la demanda entablada contra Monsanto –también dada a conocer por RAP-Chile en 2013– la Corte Suprema llamara a una conciliación. La transnacional debió responder por los daños derivados de haber vendido al productor (a través de Seminis) una semilla híbrida de una variedad de melón diferente a su rotulado y de características diferentes a las descritas que le impidieron lograr una producción adecuada. Ello le generó graves pérdidas, por lo cual a través de la vía de la conciliación sugerida por el alto tribunal, José Riquelme recibió una indemnización. Las demandas son excepcionales debido a la notoria asimetría de las partes y su alto costo. José Pizarro y José Riquelme han declarado que sus victorias simbólicas buscan sentar un precedente de que Monsanto puede llevar a la ruina a los pequeños agricultores. Sus historias, silenciadas en Chile, encontraron acogida en el extranjero.

En Estados Unidos, diferentes tribunales de California han fallado en primera instancia en tres oportunidades contra Monsanto, considerando a la empresa como responsable por el cáncer contraído por los demandantes, que usaban glifosato (RoundUp) en sus cultivos sin que la empresa advirtiera en los envases del peligro del herbicida. Los casos de Dewayne Johnson ((2018), y la demanda de los matrimonios

Hareman (2019), y Pilliod (2019) fueron revisados exhaustivamente en audiencias que permitieron sacar a la luz las prácticas ilegales de la industria documentadas en los “Monsanto Papers”. Salieron a la luz los correos en los que se revelan las prácticas ilegales de la industria, utilizadas para lograr la aprobación de su herbicida. En el caso Pilliod el fallo fue de 3 billones de dólares. Ante las más de cien mil demandas presentadas desde entonces, Bayer, dueño de Monsanto tras la fusión, acaba de llegar en mayo de este año a acuerdos verbales extrajudiciales para resolver esas demandas por casos de cáncer en Estados Unidos sobre el uso del herbicida Roundup. Para ello tiene disponibles US\$10.000 millones. Ese es el nivel de los dineros que maneja tan solo para “arreglos”, la empresa que lidera en el mundo y también en Chile, el negocio de los transgénicos y el de los agrotóxicos.

Nuestro petitorio urgente

Por todo lo señalado anteriormente, reiteramos nuestra petición de moratoria a la introducción de los cultivos transgénicos (OGM) destinados al mercado interno debido a que los cultivos modificados genéticamente, según lo comprueban estudios científicos independientes, afectan la biodiversidad y representan un grave riesgo para la salud humana, animal y el ambiente. Después de años de uso, en el mundo y en Chile, han significado un aumento exponencial en el uso de plaguicidas, especialmente de aquellos más tóxicos que cumplen los criterios de Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAPs) para la salud y el ambiente, como son el glifosato /RoundUp (cancerígeno para animales y posible cancerígeno para humanos según la Agencia Internacional de Investigaciones del Cáncer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud, OMS) y otros PAPs, entre ellos, 2,4-D, glufosinato de amonio y dicamba, tóxico y responsable además de la pérdida de millones de hectáreas de cultivos y de mortandad de abejas en EEUU. Ello está acompañado de impactos negativos tanto en salud pública como en salud laboral, especialmente de las mujeres rurales y trabajadores (as) del campo, como en el medio ambiente de todos los países del mundo

donde se han cultivado a gran escala, entre ellos, Argentina. Allí hay suficiente evidencia científica sobre enfermedades y muertes en poblaciones directamente afectadas por el aumento del uso plaguicidas en zonas de cultivos transgénicos.

En tiempos del COVID19 enfatizamos que estamos a favor de la agricultura agroecológica porque significa un cambio transformador para nuestro sistema alimentario al proteger la salud de los campesinos, campesinas, trabajador@s del campo y consumidores de la exposición a Plaguicidas Altamente Peligrosos que deterioran nuestra salud y nuestro sistema inmunológico. La agroecología, incompatible con los cultivos transgénicos, es un factor importante de recuperación y restauración de la biodiversidad.

Los devastadores impactos agrícolas y ecológicos de la dependencia de los cultivos vinculados a las semillas OGM, han significado el desarrollo creciente de hierbas e insectos resistentes a los plaguicidas, lo que ha motivado que las empresas manipulen genéticamente las semillas para hacerlas tolerantes a herbicidas cada vez más tóxicos.

El modelo actual de agricultura y la cría industrial de ganado, además de ser un factor importante de la destrucción de la biodiversidad y del cambio climático, contribuyen a crear las condiciones para que emerjan nuevos virus y enfermedades. La producción agroecológica local, en cambio, fortalece nuestro sistema inmunológico, lo que permite enfrentar en mejores condiciones a las diversas amenazas a nuestra salud, incluido el Covid-19.

Paradójicamente, el Estado ha destinado en las últimas décadas **US\$16.253.823** a proyectos de investigación realizados por alianzas público-privadas que favorecen los intereses económicos de grandes corporaciones transnacionales, trabajando en conjunto con universidades y entidades públicas como INIA, para obtener variedades transgénicas de maíces (resistentes a sequía y/o salinidad u otros), frutales (melones, vides, carozos entre otros) y árboles (pinos y eucaliptus), sin que se financien iniciativas de importancia en áreas de investigación relacionadas con agricultura orgánica, agroecología o recuperación de semillas.

Nuestros alimentos no vienen de los cultivos transgénicos, sino de la agricultura familiar campesina y comunitaria y su diversidad de productos, donde se ha demostrado que es factible la agroecología y la agricultura orgánica. Son los pequeños campesinos y campesinas de la agricultura familiar los que alimentan al mundo, siendo ellos un factor clave en Chile en la erradicación del hambre, la conservación de la semilla como patrimonio y el fin de la dependencia alimentaria que se ha evidenciado en la crisis sanitaria. Esa es la agricultura que nos permitirá avanzar hacia la soberanía alimentaria.

Nuestras demandas

Ahora, lo que necesitamos con suma urgencia, es:

-Un Ministerio de Agricultura/SAG independiente de las empresas semilleras y de las transnacionales agroquímicas y de la biotecnología, que se comprometa a impulsar regulaciones y una legislación que establezca la moratoria a los OGMs destinados al mercado interno y proteja efectivamente la biodiversidad como un patrimonio de máxima importancia para evitar el colapso de la naturaleza, el deterioro creciente de los servicios ecosistémicos, y revertir a la disminución masiva de las abejas, polinizadores e insectos en el país.

-Un Ministerio de Salud libre del fuerte lobby de las semilleras transgénicas, nacionales e internacionales, que regule e implemente al más breve plazo el etiquetado de alimentos transgénicos, debido que se trata de una técnica inexacta sobre la cual no se tiene control de sus consecuencias. No etiquetar a los OGM significa violar el derecho a saber y a la salud de los consumidores.

-Un Ministerio del Medio Ambiente, que no se guíe solo por intereses comerciales de empresas químicas y de biotecnología transnacionales, y haga un monitoreo y evaluación de riesgos ambientales de cultivos OGM.

También es urgente que se implementen pruebas de seguridad inmediatas y a largo plazo de los alimentos transgénicos. Asimismo,

MINSAL debe dar vigencia al proyecto de Actualización de los Límites Máximos de residuos, LMR de Plaguicidas en Alimentos, que fue realizado y aprobado en 2017 por un grupo de trabajo público-privado. También, es necesario que MINSAL, realice estudios científicos independientes para comenzar a recopilar datos que ayuden a investigar el impacto de los alimentos OGM en la salud de la población, especialmente de las niñas y niños.

De igual modo, llamamos a los médicos a considerar el papel de los alimentos OGM en las enfermedades de sus pacientes y revisar las estadísticas que asocian el aumento de cáncer en las regiones al uso de plaguicidas altamente peligrosos, como el glifosato.

Solicitamos la moratoria de los OGM destinados al mercado interno, basados en el principio de precaución y responsabilidad hacia las generaciones futuras, la protección de la salud y la biodiversidad. No necesitamos transgénicos. Necesitamos alimentos naturales y saludables, libres de plaguicidas y transgénicos, producto de una diversidad de semillas criollas y nativas, que son las que nos han alimentado desde hace siglos.

Un debate pendiente

Aunque hay un número creciente de personas que demandan alimentos sanos, estamos conscientes de que son pocos los chilenos y chilenas que saben de qué hablamos cuando hablamos de transgénicos. Por eso estamos publicando este libro, ahora en edición virtual para ampliar su alcance. El impacto ambiental y de salud de los cultivos transgénicos es un problema que se discute globalmente con intensidad a nivel científico y ciudadano.

Pero en Chile este debate no encuentra espacio en la prensa tradicional ni en la televisión, salvo el facilitado para inserciones de prensa y comunicados de relaciones públicas de las empresas transnacionales vinculadas a este lucrativo y dañino negocio, que son grandes avisadores en los medios de comunicación.

Nuestra intención es que “Mitos y Verdades” sea conocido por los más amplios sectores de la sociedad y grupos de interés, incluidos parlamentarios y funcionarios que toman decisiones de políticas públicas. La publicación virtual del libro de RAP-Chile y Quimantú constituye un hito importante en esta lucha porque ensancha esa franja de posibles interesados, ya que hoy la alimentación saludable es clave para todas y todos.

Esta obra apunta a develar las falsedades que las corporaciones agrobiotecnológicas difunden en Chile y en todo el mundo, en su afán de continuar acumulando riquezas con los agronegocios. “Mitos y Verdades” ha sido elaborado con sólido fundamento, proveniente de científicos independientes, no financiados por la industria biotecnológica.

María Elena Rozas Flores, coordinadora nacional de la Red de Acción en Plaguicidas RAP-Chile, editora de la versión española de “Transgénicos, Mitos y Verdades”.

Lucía Sepúlveda Ruiz, vocera de la campaña Yo No Quiero Transgénicos en Chile YNQT, y de Chile Mejor sin TLC, traductora de la edición 2014 de “Transgénicos Mitos y Verdades”.

(Ellas son también autoras del Prólogo de la edición 2014 del libro de Quimantú “Transgénicos: Mitos y Verdades”, reemplazado ahora por este Capítulo Cero).

10 de Junio de 2020

Capítulo 1

La técnica de manipulación genética

Un vistazo al capítulo

- La manipulación genética¹ es totalmente diferente del mejoramiento² natural por selección (hibridez) y acarrea diversos riesgos. La manipulación genética y los procesos de cultivo de tejidos asociados a ella son imprecisos y altamente mutagénicos, generando cambios impredecibles en el ADN, las proteínas y la composición bioquímica del cultivo GM (genéticamente manipulado) resultante de ello, lo cual puede llevar a efectos tóxicos o alergénicos no esperados y a alteraciones nutricionales.
- Los alimentos producidos por métodos cisgénicos o intragénicos son tan riesgosos como cualquier otro cultivo GM (Genéticamente Manipulado).
- Es erróneo comparar los cultivos transgénicos con el mejoramiento por mutación inducida a través de radiación y concluir que, como los cultivos mejorados por ese método no han sido sometidos a pruebas de seguridad ni están regulados, tampoco los cultivos transgénicos (GM) deberían someterse a pruebas ni regularse.
- No es necesario correr riesgos con cultivos GM cuando el mejoramiento convencional -apoyado por tecnologías modernas de mapeo de genes - es capaz de resolver nuestras necesidades de mejoramiento de cultivos.

1 *Nota de la Traductora:* En idioma español los ambientalistas han traducido el término *Genetic Engineering* como “Manipulación Genética” buscando destacar que no se trata de una modificación genética de carácter natural. Por eso aquí también adoptamos ese criterio.

2 El término “breeding” se traduce también en ocasiones como crianza, en otras como obtención. Para la industria biotecnológica, un “breeder” es un obtentor (*Breeders'rights* son los derechos del obtentor) o criador. Aquí hemos optado por el término “mejoramiento”, más cercano al lenguaje común de los campesinos. También se podría usar hibridez o selección y cruzamiento. Los más antiguos mejoradores u obtentores son los pueblos originarios, responsables de haber mejorado los cultivares con los cuales hoy se alimenta la humanidad. El maíz y la papa son los mejores ejemplos de ello.

1.1 Mito: La ingeniería genética no es más que una extensión del mejoramiento natural.

Verdad: La manipulación genética es diferente del mejoramiento natural y presenta riesgos específicos.

Los defensores de los cultivos transgénicos (CT) proclaman que la ingeniería genética no es más que una extensión del mejoramiento natural de plantas. Dicen que los cultivos transgénicos no son diferentes de los cultivos mejorados naturalmente, excepto porque se ha insertado un gen extraño (transgen) que tiene una proteína. Pero esto es equivoco. Los CT son completamente diferentes del mejoramiento natural y presentan riesgos diferentes.

El mejoramiento natural solo puede tener lugar entre formas de vida estrechamente relacionadas (por ejemplo, gatos con gatos, no gatos con perros; no trigo con tomates o pescado). De esta manera, los genes que llevan información por todas partes del organismo se trasladan a las generaciones siguientes de manera ordenada.

Por el contrario, un CT es una técnica basada en el laboratorio que es totalmente diferente del mejoramiento natural. Los principales pasos del proceso de manipulación genética son los siguientes:

1. Se coloca en un cultivo, tejido de la planta que va a ser manipulada genéticamente. Este proceso se conoce como cultivo de tejido o cultivo celular.
2. Millones de células de cultivo de tejido de la planta son sometidas al proceso de manipulación genética por inserción de un gen. Esto da como resultado que el o los genes genéticamente manipulados son insertados en el ADN de unas pocas células de la planta en el cultivo de tejido. El ADN insertado está diseñado para reprogramar la huella genética de las células, confiriendo cualidades totalmente nuevas a la célula. Este proceso nunca sucedería en la naturaleza. Se realiza ya sea usando un artilugio llamado pistola de genes, que dispara el gen manipulado en las

células de la planta, o uniendo el transgen a una parte especial de ADN presente en la bacteria del suelo, *Agrobacterium tumefaciens*. Cuando la *A. tumefaciens* infecta una planta, el transgen es llevado a las células y puede insertarse en el ADN de las células de la planta.

3. En esta fase del proceso, los ingenieros en biotecnología vegetal tienen un cultivo de tejido compuesto por cientos de miles a millones de células de planta. Algunas han recogido el transgen y otras no. El próximo paso es tratar el cultivo con sustancias químicas para eliminar todas las células excepto aquellas que han tenido éxito en incorporar el transgen en su propio ADN.
4. Finalmente, las pocas células que sobreviven al tratamiento químico son tratadas con hormonas de crecimiento. Las hormonas estimulan estas células genéticamente modificadas de la planta para que crezcan y se diferencien formando pequeñas plantas transgénicas que puede ser trasladadas al suelo y cultivadas.
5. Sólo las plantas transgénicas crecen, el biotecnólogo (a) las examina y elimina todas las que parecen no estar creciendo bien. Él (ella) entonces hace pruebas con las plantas restantes para identificar una o más que expresen los genes transgénicos a un alto nivel. Estas son las que son seleccionadas como candidatas para su comercialización.
6. Todas las plantas de la población resultante del proceso descrito, son portadoras y expresan los genes GM de interés. Pero no han sido evaluadas respecto de su seguridad para el ambiente y la salud o su valor nutricional. Esta parte del proceso se analizará más adelante en este documento.

El hecho de que el proceso de transformación y manipulación genética es artificial no lo hace automáticamente indeseable o peligroso. Son las consecuencias de este proceso las que constituyen motivo de preocupación.

Enturbiar las aguas con términos imprecisos

Los defensores de los CT a menudo usan la terminología relacionada con la manipulación genética en forma incorrecta para hacer difusa la línea entre manipulación genética y mejoramiento convencional.

Por ejemplo, su argumento de que los mejoradores convencionales de planta han estado “modificando genéticamente” cultivos desde hace siglos atrás, por la selección de semillas, y que los CT no son diferentes a ello es incorrecto (ver 1.1). El término “manipulación genética” (*genetic engineering*) está reconocido en el lenguaje común y en las leyes nacionales e internacionales como una referencia al uso de técnicas de ADN recombinante para transferir material genético entre organismos de una forma que no podría tener lugar en la naturaleza, generando alteraciones en la composición genética y propiedades.

El término “manipulación genética” a veces se usa erróneamente para describir la selección asistida por marcadores (MAS por su sigla en inglés). La MAS es una rama de la biotecnología totalmente desprovista de controversia que puede acelerar el mejoramiento convencional a través de la identificación de genes asociados a rasgos importantes. La técnica MAS no presenta los riesgos y falta de certezas de la manipulación genética y es apoyada en todo el mundo por grupos de agricultores orgánicos y por quienes hacen agricultura sustentable.

En forma similar, el término “manipulación genética” a veces se usa erróneamente para describir cultivos de tejido, un método que se usa para seleccionar rasgos deseables o para reproducir plantas completas a partir de células de plantas en laboratorio. En realidad, mientras que las manipulaciones genéticas de plantas que se realizan actualmente dependen del uso de cultivos de tejidos (ver 1.1), los cultivos de tejidos no dependen de los CT. Los cultivos de tejidos se pueden usar para muchos fines, en forma independiente de los CT.

La utilización del término “biotecnología” como sinónimo de manipulación genética es inexacta. La biotecnología es un término “paraguas” que incluye gran número de procesos en los cuales las funciones biológicas están orientadas hacia diversos fines. Por ejemplo, la fermentación, que se usa en la vitivinicultura y en panadería, la selección asistida por marcadores (MAS), y el cultivo de tejidos, así como también la manipulación genética son todas biotecnologías. La agricultura en sí misma es una biotecnología, como lo son también los métodos que se usan en la agricultura tales como la producción de compost y el ensilaje (forraje fermentado en silos).

El uso equívoco del lenguaje por parte de los proponentes de CT puede deberse a poca familiaridad con ese campo o también, puede representar intentos deliberados de hacer difusa las líneas entre tecnologías controvertidas y otras que no lo son, de manera de avanzar en lograr la aceptación de los CT por el público.

1.2 Mito: La manipulación genética es precisa y los resultados son predecibles.

Verdad: La manipulación genética es tosca e imprecisa y sus resultados son impredecibles.

Los proponentes de CT argumentan que los cultivos transgénicos son una técnica precisa que permite que el código genético del rasgo deseado se inserte en la planta objetivo sin ningún efecto no esperado.

El primer paso en la elaboración de plantas modificadas genéticamente, el proceso de cortar y partir genes en el tubo de ensayo, es preciso, pero todos los pasos subsiguientes no lo son. Especialmente, el proceso de insertar un gen manipulado genéticamente en el ADN de la célula de una planta es tosco, no controlado e impreciso y causa mutaciones -cambios hereditarios- en el código genético del ADN de la planta (1). Estas mutaciones pueden alterar el funcionamiento de los genes naturales de la planta de manera no predecible y potencialmente dañina(2, 3). Otros procedimientos asociados a la producción de CT, que incluyen el cultivo de tejidos también producen mutaciones (1).

Además de los efectos no deseados de las mutaciones, hay otra forma en la cual el proceso de manipulación genética produce efectos no deseados. Los promotores de CT dibujan una foto de la tecnología GM que está basada en una comprensión ingenua y pasada de moda de la forma como los genes trabajan. Ellos difunden la idea simplista de que pueden insertar un solo gen con la precisión de un láser y que la inserción de ese gen tendrá un solo efecto predecible en el organismo y su ambiente.

Pero la manipulación de uno o dos genes no produce sólo uno o dos rasgos deseados. Por el contrario, un solo cambio del nivel del ADN puede hacer surgir múltiples cambios dentro del organismo (2, 4) Estos cambios se conocen con el nombre de efectos pleiotrópicos. Ocurren porque los genes no actúan como unidades aisladas sino interactúan entre sí, y las funciones y estructuras que los genes manipulados confieren al organismo interactúan con otras unidades de funciones del organismo.

A causa de estas diversas interacciones, y porque aun el organismo más simple es extremadamente complejo, es imposible predecir los impactos de incluso un solo transgen en el organismo. Es incluso más imposible predecir el impacto de los CT en su ambiente porque la complejidad de los sistemas vivientes es demasiado grande.

En resumen, durante el proceso de manipulación genética ocurren mutaciones no deseadas, y no controladas y en múltiples niveles del organismo ocurren interacciones complejas como resultado de la inserción de incluso un solo gen nuevo. Por estas razones, una aparentemente sencilla manipulación genética puede generar muchos cambios inesperados en el cultivo resultante y en los alimentos que se producen a partir del mismo. Los cambios no deseados podrían incluir alteraciones en el contenido nutricional del alimento, efectos tóxicos y alergénicos, desempeño pobre del cultivo y generación de características que dañan el ambiente.

Estos cambios inesperados son especialmente peligrosos porque son irreversibles.

Incluso la peor contaminación por sustancias químicas disminuye con el tiempo a medida que el contaminante se degrada por mecanismos físicos y biológicos. Pero los transgénicos son organismos vivos. Una vez introducidos al ecosistema, no se degradan y no pueden ser recuperados, sino se multiplican en el ambiente y traspasan sus genes a las generaciones futuras. Cada nueva generación crea más oportunidades para interactuar con otros organismos y el ambiente, generando aún más efectos no deseados y no predecibles.

¿Cómo podría predecirse y controlarse estos efectos no deseados, inesperados y potencialmente complejos? Los promotores de los CT pintan un panorama sencillo de lo que se necesita para evaluar la seguridad ambiental y efectos en la salud de un transgénico. Pero la diversidad y la complejidad de los efectos, y también su naturaleza impredecible, crean una situación en la cual incluso una evaluación detallada de seguridad podría dejar sin considerar impactos dañinos.

1.3 Mito: Los cultivos transgénicos son sólo una forma más de mejoramiento por mutación y no hay nada de qué preocuparse.

Verdad: El mejoramiento por mutación genera sus propios problemas y debería ser estrictamente regulado.

Los proponentes a menudo describen los CT como una forma más de mejoramiento por mutación, un método de mejoramiento de plantas que dicen ha sido utilizado exitosamente durante décadas y no es controvertido. Ellos argumentan que el mejoramiento por mutación no tiene una regulación diferente a la del mejoramiento convencional, dicen que la manipulación genética es sólo otra forma de mejoramiento por mutación y que por eso, la manipulación genética no debería ser regulada en forma más estricta que el mejoramiento convencional. Sin embargo la evidencia científica presenta flancos a esta lógica.

1.3.1. ¿Qué es el mejoramiento por mutación?

La forma física del código genético de un organismo es la secuencia de las cuatro “letras” del alfabeto genético estructurado dentro de las moléculas de ADN. Las mutaciones son alteraciones físicas en la secuencia de letras al interior del ADN. El mejoramiento por mutación es el proceso de exposición de semillas de plantas a radiación por iones (rayos x o rayos gamma) o a sustancias químicas mutagénicas para aumentar la tasa de mutación del ADN.

De la misma forma como se puede cambiar el significado de una frase cambiando la secuencia de letras de la frase, se puede cambiar el “significado” de un gen cambiando la secuencia de letras dentro del código genético del ADN de un organismo. Un mutageno es un agente físico o químico que causa esos cambios.

Este proceso de cambio del ADN se conoce como mutagénesis. La mutagénesis puede destruir completamente la función de un gen -o sea “suprimir”, dejar *knock out* su función, o bien puede cambiar la

secuencia de letras del código genético del gen, haciendo que la célula comience a producir una o más proteínas con funciones alteradas. La planta resultante de este proceso se denomina mutante.

1.3.2. ¿De dónde vino el mejoramiento por mutación inducida a través de rayos?

El mejoramiento por mutación que usa radiación se investigó inicialmente en los años '50, después del bombardeo de Japón con la bomba atómica norteamericana al final de la Segunda Guerra Mundial en 1945. Al amanecer de la devastación, surgió el deseo de encontrar uso pacífico para el átomo, hacer que fuera útil a la humanidad. Se hicieron Jardines Atómicos en Estados Unidos y Europa con el fin de crear cultivos de alto rendimiento y resistencia a enfermedades. Estaban dispuestos en círculo con una fuente de irradiación en el medio que exponía a las plantas y sus semillas a la radiación. Esto causaría mutaciones en las plantas que se esperaba fueran beneficiosas. Esto se describió hacia la población no informada con eufemismo diciendo que las plantas estaban “energizadas” con átomos. Los resultados fueron documentados escasamente y ciertamente no califican como investigación científica y no está claro si alguna variedad de planta útil surgió de los proyectos de Jardines Atómicos (5).

Actualmente se hace en laboratorio mejoramiento por mutación inducida por radiación, pero esta rama del fitomejoramiento conserva fuertes vínculos con la industria nuclear. FAO y la Agencia Internacional de Energía Atómica mantienen la principal base de datos de variedades de cultivos generadas usando mejoramiento por mutación inducida por radiación y sustancias químicas (6). Muchos estudios e informes que recomiendan mejoramiento por mutación inducida por radiación, son patrocinados por organizaciones que promueven la energía nuclear (7, 8).

1.3.3. ¿Se usa en forma extensiva el mejoramiento por mutación?

El mejoramiento por mutación no es una forma de mejoramiento de cultivos que sea usada ampliamente o en forma importante, aunque unas pocas variedades de cultivos aparentemente se han beneficiado de ello. La base de datos que mantiene FAO y la Agencia Internacional de Energía Atómica sigue la huella de variedades de plantas que han sido generadas usando el método de mejoramiento por mutación y por cruzamientos con plantas mutantes (6). Hay sólo alrededor de 3000 variedades de este tipo de plantas. Este número incluye no sólo cultivos alimentarios sino también plantas ornamentales (9). También incluye no sólo las variedades directas mutantes, sino también variedades obtenidas por cruzamiento de mutantes con otras variedades obtenidas con mejoramiento convencional. Es así como el número real de variedades mutantes primarias es en realidad significativamente menor que 3000.

Algunos rasgos comercialmente importantes han salido del mejoramiento por mutación, tales como un rasgo en arroz semi-enano, la característica de alto contenido de ácido oleico en el girasol, el rasgo semi-enano en la cebada y la característica de bajo contenido de ácido linoleico en la canola (raps) (9, 10, 11).

Por el contrario, el mejoramiento convencional, ha producido millones de variedades de cultivos. La bóveda de semillas Svalbard del Ártico contiene más de 400.000 variedades de semillas (12) las cuales se estima que representan menos de un tercio de nuestras más importantes variedades de cultivos (13). Así que hablando en términos relativos, el mejoramiento por mutación tiene solamente una importancia marginal en el desarrollo de los cultivos.

La razón por la cual el mejoramiento por mutación no se usa más extensamente es que el proceso de mutagénesis es riesgoso, impredecible y no genera eficientemente mutaciones benéficas. Se han hecho estudios en mosca de la fruta que sugieren que alrededor del 70% de las mutaciones tendrán efectos dañinos en el funcionamiento del organismo y el restante será ya sea neutra o débilmente beneficioso (14).

A causa de los efectos principalmente dañinos de la mutagénesis, el código genético se estructura para minimizar los impactos de las mutaciones, y los organismos tienen mecanismos de reparación de ADN para reparar las mutaciones. Además, las agencias regulatorias del mundo se supone que minimizan o eliminan la exposición a mutágenos hechos por el ser humano.

En las plantas y también en la mosca de la fruta, la mutagénesis es un proceso destructivo. Tal como se lee en un texto de estudio sobre fitomejoramiento “invariablemente el mutágeno mata algunas células mientras las plantas sobrevivientes muestran un amplio rango de malformaciones” (15). Los expertos concluyen que la mayor parte de tales mutaciones inducidas son dañinas y llevan a generar plantas enfermas y/o infértiles (15,16). Ocasionalmente, la mutagénesis genera una característica no conocida previamente que puede ser beneficiosa y explotada comercialmente.

El proceso de identificar características indeseables e identificar las deseables para mejoramiento ha sido descrito como similar a “encontrar una aguja en un pajar” (15)

El problema es que sólo cierto tipo de mutaciones, tales como aquellas que afectan la forma o el color son visibles a simple vista. Estas plantas pueden ser fácilmente descartadas o guardadas para futura mejoramiento como se desee. Pero otros cambios más sutiles pueden no ser obvios, sin embargo pueden tener importantes impactos en la salud de la planta o en su desarrollo. Esos cambios sólo pueden ser identificados a través de pruebas caras y complejas (15)

Un informe del Panel Científico de Revisión de cultivos transgénicos del gobierno del Reino Unido concluyó que la reproducción por mutación “incluye la producción de cambios genéticos impredecibles y no deseados y muchos miles, incluso millones de plantas indeseables se descartan para identificar plantas con cualidades convenientes para un futuro mejoramiento” (17)

En retrospectiva, es una suerte que el mejoramiento por mutación no haya sido usada vastamente porque eso ha reducido la posibilidad de que esta tecnología riesgosa de generar variedades de cultivo que sean tóxicas, alérgicas o presenten disminución de su valor nutricional.

1.3.4. ¿Cómo crea las mutaciones la Manipulación Genética?

De la misma manera que el mejoramiento por mutación es altamente mutagénico, también lo es el proceso de crear una planta genéticamente manipulada. El proceso de transformación por Manipulación Genética involucra tres clases de efectos mutagénicos: mutagénesis por inserción, mutaciones a lo largo del genoma y mutaciones causadas por tejido de cultivo, que se describen más adelante (1, 2).

Mutagénesis por inserción

La manipulación o ingeniería genética de un organismo siempre involucra la inserción de un gen extraño en el genoma (ADN) del organismo receptor. El proceso de inserción es no-controlado, ya que el sitio de inserción del gen extranjero es aleatorio. La inserción del gen transgénico altera la secuencia normal de las letras del código genético al interior del ADN de la planta, causando mutagénesis por inserción. Esto puede ocurrir de diferentes maneras:

- El transgen puede ser insertado en el medio de uno de los genes naturales de la planta. Generalmente esto bloquea la expresión del gen natural (lo deja *knock out*) destruyendo su función. En forma menos frecuente, el evento de inserción alterará la estructura natural del gen de la planta, y la estructura y función de la proteína para la cual ese gen es su modelo.
- El transgen puede ser insertado en una zona del ADN de la planta que controla la expresión de uno o más genes de la planta receptora, reduciendo o incrementando de manera no natural (artificial) la función de esos genes.
- Incluso si el transgen no se inserta directamente en un gen receptor o su zona de control, su sola presencia dentro de la región de un gen activo receptor puede alterar la capacidad de esa zona del ADN de la planta para formar estructuras de cromatina (la combinación de ADN y proteínas que forman los contenidos de un núcleo celular) que tienen influencia en la capacidad de cualquier gen de esa zona para expresarse.

Los genes insertados pueden también competir con los genes receptores por los elementos de control de expresión del gen (que se pueden comparar con botones que encienden o apagan la expresión de un gen) o las proteínas reguladoras, dando como resultado alteraciones notables en el nivel y el modelo de la expresión del gen. Como la inserción del transgen es un proceso impreciso y falto de control, no hay forma de predecir o controlar qué genes de la planta van a verse influidos, o cuál es la extensión de los cambios causados por el gen que se ha insertado.

Mutaciones a lo largo del genoma

En la mayor parte de los casos el proceso de inserción no es limpio. Además de la inserción deseada, se puede insertar fragmentos del ADN del transgen en otros lugares del genoma de la planta receptora. Cada uno de estos eventos no deseados de inserción también puede ser mutagénico y puede alterar o destruir la función de otros genes del mismo modo que lo hace el transgen completo.

Se estima que hay entre un 53-66% de probabilidades de cualquier evento de inserción va a alterar un gen (1). Por eso, si el proceso de manipulación genética da como resultado una inserción primaria y dos o tres inserciones no deseadas, es probable que al menos dos de los genes de la planta estarán alterados.

La evidencia entregada por investigación indica que el proceso de transformación por Manipulación Genética también puede gatillar otras clases de mutaciones - reacomodaciones y supresiones de ADN de la planta, especialmente en el lugar de inserción del transgen (1), las cuales es probable que comprometan el funcionamiento de genes importantes para la planta.

Mutaciones causadas por cultivo de tejido

Tres de los pasos principales en el proceso de manipulación genética tienen lugar mientras las células de la planta receptora están siendo cultivadas en un proceso denominado cultivo de tejido o cultivo celular. Esos pasos son:

- (i) La inserción inicial del transgen en las células de la planta receptora

- (ii) La selección de células de la planta en las cuales el o los transgenes se han insertado exitosamente.
- (iii) El uso de hormonas de plantas para inducir las células seleccionadas en (ii) para crecer y convertirse en plantines con raíces y hojas.

El proceso de cultivo de tejido es en sí mismo altamente mutagénico, generando cientos o incluso miles de mutaciones a lo largo del ADN de la célula receptora (1,2). Como el cultivo de tejido es obligatorio para los tres pasos descritos, hay abundancia de oportunidades para que el cultivo de tejido produzca mutaciones en las células de la planta. Los efectos de muchas de estas mutaciones no serán obvios si la nueva planta transgénica está creciendo en un invernadero y por tanto los biotecnólogos no podrán excluirlas.

Dado que cientos de genes pueden ser mutados durante el cultivo de tejido, hay un riesgo significativo de que pudiera resultar dañado un gen importante para alguna cualidad, como por ejemplo, una enfermedad o una resistencia a una peste. O, por ejemplo podría dañarse un gen que juega un rol en el control de reacciones químicas de la planta, haciendo que ese cultivo sea alergénico o reduciendo su valor nutricional.

En el proceso de inserción de un transgen en el ADN de la planta receptora (paso i, más arriba) el transgen se une con un transgen “marcador” de resistencia a un antibiótico, lo cual permitirá más tarde que el biotecnólogo identifique cuáles células de la planta han incorporado exitosamente el transgen en su genoma.

Las células de la planta receptora están entonces expuestas en forma simultánea al transgen y al gen de resistencia al antibiótico a la espera de que algunos van a incorporar el transgen exitosamente en su genoma.

Este es un proceso muy ineficiente porque los genomas están diseñados para excluir material genético extranjero, por ejemplo, los virus invasores. De manera que sólo unas pocas células, de entre cientos de miles o incluso millones de células de la planta receptora expuestas, van a incorporar exitosamente el transgen.

Para identificar y reproducir las células de la planta que han incorporado exitosamente el transgen (paso ii, ver arriba) los biotecnólogos generalmente usan genes marcadores de resistencia a antibióticos. Esto es porque una célula que ha integrado y expresado exitosamente la resistencia a antibiótico en su genoma, es probable que también haya integrado y expresado el transgen en su genoma. Por eso, cuando la población de células de la planta es expuesta al antibiótico, la gran mayoría de las células de la planta receptora muere, dejando vivas sólo las pocas células que han incorporado y expresado el gen marcador de resistencia al antibiótico. En casi todos los casos estas células también han incorporado el transgen.

Es interesante notar que este proceso de selección basado en antibiótico descansa en la expresión del gen marcador. Esta expresión se requiere para hacer la planta resistente al antibiótico. Si este gen no expresa su proteína, no conferirá resistencia al antibiótico.

Sin embargo, no todas las zonas del ADN de la planta son “permissivas” y dejan que tenga lugar el proceso de expresión del gen. En realidad, la gran mayoría de cualquier ADN celular es *no-permisiva*. Como el proceso de insertar el ADN que contiene el transgen y el marcador genético de resistencia al antibiótico, es esencialmente al azar, la mayor parte de las inserciones se darán en zonas no permisivas del ADN celular de la planta y no darán como resultado la expresión ni del gen marcador ni del transgen. Las células en las que se haya dado esas inserciones no van a sobrevivir a la exposición al antibiótico. Sólo cuando el gen marcador de resistencia al antibiótico por casualidad se ha insertado en una zona permisiva del ADN celular de la planta, la célula será capaz de expresar el gen marcador y ser resistente al antibiótico.

Las zonas permisivas son zonas del ADN donde están presentes y son activos algunos genes que son importantes para el funcionamiento de las células de la planta receptora. Es así como la selección para resistencia al antibiótico también selecciona para las células del receptor en las cuales el gen marcador de resistencia al antibiótico (y por defecto el transgen) se ha insertado en las zonas permisivas del ADN. La consecuencia de esto es un aumento en la probabilidad de que la

inserción del transgen y el gen marcador de resistencia al antibiótico puedan causar daño mutacional a la estructura o función de un gen o varios genes importante para la función e incluso la sobrevivencia de la célula de la planta receptora.

Esto significa que el procedimiento de manipulación genética maximiza la probabilidad de que la incorporación del transgen dará como resultado mutagénesis por inserción en – o daño en - uno o más genes que son activos e importantes para el funcionamiento de la planta receptora.

Concluimos de este análisis de los mecanismos por los cuales el proceso de Manipulación Genética puede causar mutaciones, que este no es un proceso elegante y precisamente controlado como proclaman los proponentes de cultivos transgénicos, sino depende en gran medida de la buena suerte en cuanto a si uno obtiene el resultado deseado sin un daño significativo.

1.3.5. ¿Se está haciendo más precisa la Manipulación Genética?

Se han desarrollado técnicas que pueden tener como objetivo la inserción de un transgen en un sitio predeterminado dentro del ADN de la planta como parte de un esfuerzo para obtener un resultado más predecible y evitar complicaciones que pueden surgir de la mutagénesis por inserción (18, 19, 20, 21, 22).

Sin embargo, estos métodos de transformación de la GM no son a prueba de errores. Todavía se pueden presentar errores por accidentes. Por ejemplo, el biotecnólogo quiere insertar el gen en un sitio especial pero el gen podría en cambio insertarse en un sitio diferente, generando un rango de efectos laterales.

Lo que es más importante, los biotecnólogos de plantas todavía conocen sólo una fracción de todo lo que está por conocerse sobre el genoma de algunas especies de cultivares y sobre el funcionamiento genético, bioquímico y celular de nuestras especies para cultivos. Eso significa que incluso si ellos seleccionan un sitio de inserción que consideran será seguro, la inserción de un gen en ese sitio podría causar al receptor efectos laterales no deseados que podrán

- Hacer que el cultivo se convierta en tóxico, sea alérgeno o vea reducido su valor nutricional.
- Disminuir la capacidad del cultivo GM para resistir enfermedades, plagas, sequía u otros factores de estrés.
- Reducir el rendimiento del cultivo GM o comprometer otras características agronómicas, o
- Generar un cultivo GM dañino para el medio ambiente.

Todavía más, como los cultivos de tejido aún deben ser obtenidos a través de estos nuevos métodos de inserción en un objetivo, los efectos mutagénicos del proceso de cultivo de tejido permanecen como una fuente importante de efectos laterales de daño no deseados.

Los métodos más nuevos son también fastidiosos y requieren mucho tiempo, tanto que a la fecha no existen cultivos transgénicos que estén siendo actualmente considerados por los reguladores para su aprobación o estén en la fila para su comercialización que hayan sido producidos utilizando estos métodos de ingeniería.

1.3.6. ¿Por qué preocuparse sobre las mutaciones causadas por la manipulación genética?

Los proponentes de GM tienen cuatro argumentos básicos para contrarrestar las preocupaciones sobre los aspectos mutagénicos de la ingeniería genética:

“La mutación sucede todo el tiempo en la naturaleza”

Los proponentes de GM dicen, “Las mutaciones suceden todo el tiempo en la naturaleza como resultado de diversas exposiciones naturales, por ejemplo a la luz ultravioleta, de manera que las mutaciones causadas a las plantas por ingeniería genética no son problema”.

En realidad, las mutaciones no ocurren de manera frecuente en la naturaleza (9). Y comparar las mutaciones naturales con las que ocurren durante el proceso de transformación por GM es como comparar manzanas con naranjas. Cada especie de plantas ha sufrido mutaciones naturales, incluso ciertos tipos y niveles de radiación por iones y

sustancias químicas, a lo largo de su historia natural y ha desarrollado mecanismos para prevenir, reparar y minimizar los impactos de las mutaciones causadas por esos agentes. Pero las plantas no han desarrollado mecanismos para reparar o compensar las mutaciones por inserción que ocurren durante la manipulación genética. Además, la alta frecuencia de mutaciones causada por el cultivo de tejidos durante el proceso de manipulación genética es probable que esté por sobre los mecanismos de reparación de las plantas cultivares.

Los eventos de recombinación natural que trasladen largas secuencias de ADN por el genoma de una planta sí ocurren. Pero estos involucran secuencias de ADN que ya son parte del propio genoma de la planta, no de ADN extranjero a esas especies.

“El mejoramiento convencional altera más la expresión genética que la transgenia”

Los proponentes de GM citan estudios de Batista y colegas (23) y de Ahloowalia y colegas (10) para proclamar que el mejoramiento “convencional” es al menos tan alterador de la expresión genética como lo es la transgenia (24). Ellos argumentan que si esperamos que los cultivos GM sean sometidos a pruebas extensivas por los riesgos resultantes de las mutaciones, entonces los gobiernos deberían requerir que se sometiera a las mismas pruebas las plantas reproducidas en forma convencional. Pero los gobiernos no lo hacen y la experiencia muestra que las plantas creadas por mejoramiento convencional no son derivadas del azar. Por eso los cultivos generados por mejoramiento convencional y los que lo hacen por ingeniería genética no presentan riesgos especiales y no requieren pruebas especiales.

Este argumento se basa en lo que parece ser una conclusión intencionalmente errónea de los estudios de Batista y Ahloowalia. Estos estudios no comparaban el mejoramiento convencional con GM, sino comparaban la reproducción por mutación inducida con rayos gamma, con los GM.

La investigación de Batista y colegas y la de Ahloowalia y colegas, en realidad entrega fuerte evidencia consistente con nuestros argu-

mentos formulados anteriormente, indicando que el mejoramiento por mutación es altamente alterador, incluso más alterador que la transgenia.

Batista y colegas descubrieron que en variedades de arroz desarrolladas vía mejoramiento por mutación inducida por radiación, la expresión genética estaba alterada aún más que lo que se daba en las variedades generadas a través de la manipulación genética. Ellos concluyeron que para las variedades de arroz examinadas, el mejoramiento por mutación era más alterador de la expresión genética que lo era la manipulación genética (23).

De esta forma, Batista et al. compararon dos métodos altamente alteradores y concluyeron que el método de manipulación genética era en los casos considerados en su estudio, el método menos alterador de los dos.

Los proponentes de GM usaron el trabajo de Batista et al. y Ahloowalia et al. para argumentar que como el mejoramiento por mutación no está sometido a regulación, tampoco debería ser sometida a radiación la manipulación genética de cultivos. La parte divertida de este argumento es que ellos presentan las variedades de cultivos reproducidas por mutación como variedades de cultivos “reproducidas en forma convencional” sin siquiera mencionar que se generaron a través de la exposición a altos niveles de radiación gamma. Ellos entonces argumentan que ya que estas variedades supuestamente “mejoradas convencionalmente” tienen alteraciones similares a las variedades GM estudiadas, no se justificaba requerir que las variedades de cultivos GM fueran sometidas a evaluación de seguridad si las “mejoradas convencionalmente” no iban a ser evaluadas igualmente (24).

Su argumento sólo cobra peso si el lector no está consciente de la presentación errónea de las variedades reproducidas por mutación como “variedades mejoradas convencionalmente”. Cuando ese factor sale a la luz, no sólo se desintegra su argumentación sino también queda a la vista lo que parece ser una voluntad de doblar la verdad para presentar argumentos que favorezcan la GM.

Esto a su vez hace surgir interrogantes respecto a las motivaciones de los proponentes de GM y su adhesión a los estándares de un debate científico adecuado.

Es interesante que las conclusiones de los proponentes de GM fueran diametralmente opuestas a las conclusiones que sacaron Batista y sus colegas respecto de sus hallazgos. Los investigadores concluyeron que tanto las variedades de cultivos producidos por mejoramiento por mutación como los cultivos mejorados vía manipulación genética deberían ser sometidos a rigurosas pruebas de seguridad (23).

Por el contrario, los proponentes de GM ignoraron las conclusiones de Batista y colegas y concluyeron lo contrario: que los cultivos reproducidos por mutación no requieren en realidad de evaluación de seguridad, y tampoco los cultivos GM deberían ser sometidos a ese requerimiento.

Nosotros estamos de acuerdo con las conclusiones de Batista y colegas. Aunque su estudio no examina bastantes variedades GM y variedades de cultivos mejorados por mutación como para hacer comparaciones generalizadas entre mejoramiento por mutación e ingeniería genética, sí entrega evidencia que ambos métodos alteran en forma significativa la regulación y expresión de los genes, sugiriendo que ambos métodos deberían ser evaluados en cuanto a su seguridad con estándares similares de rigor. El hecho de que los riesgos de la reproducción por mutación hayan sido dejados de lado en las regulaciones de algunos países no justifica que se dejen de lado los riesgos de los cultivos GM.

Nosotros recomendamos que se revisen las regulaciones en todo el mundo para tratar los cultivos reproducidos por mutación con el mismo examen escéptico con el que deberían ser tratados los cultivos transgénicos. En realidad, el gobierno canadiense ha llegado a una conclusión similar y requiere que los cultivos reproducidos por mutación sean evaluados de acuerdo a los mismos requerimientos que los cultivos transgénicos producidos por técnicas de ADN recombinante (25).

“Las mutaciones que ocurren en la manipulación genética no son diferentes de las que ocurren en el mejoramiento natural”

Los proponentes de GM dicen que en el mejoramiento convencional, las cualidades de una variedad de cultivo son introducidas en otra variedad por medio de un cruzamiento genético. Ellos destacan que el resultado es un descendiente que recibe un set de cromosomas de un padre y otro set de otro. Ellos apuntan además que durante las primeras etapas del desarrollo, estos cromosomas están sometidos a un proceso (el intercambio de cromátidos hermanos) en el cual trozos de cromosomas de un padre se recombinan con trozos del otro.

Ellos sugieren que el resultado es un patchwork que contiene decenas de miles de desviaciones de las secuencias de ADN presentes en los cromosomas de cada uno de los padres. Ellos quieren decir que estas desviaciones pueden ser consideradas como decenas de miles de mutaciones y concluyen que como no requerimos que esos cruzamientos sean sometidos a pruebas de bioseguridad antes de ser comercializados, no deberíamos requerir que sean evaluados los cultivos GM, que contienen sólo unas pocas mutaciones genéticas.

Pero este es un argumento espurio, porque el intercambio de cromátidas hermanas (SCE) no es la fragmentación y recombinación por azar de los cromosomas de los dos padres. Los intercambios ocurren de una manera precisa entre los genes correspondientes y las regiones que los rodean en los cromosomas donados por los dos padres. SCE no es un proceso impreciso y no controlado como la manipulación genética.

Los mecanismos naturales que trabajan dentro del núcleo del huevo fertilizado producen eventos de recombinación precisos entre la copia del gen A materno y la copia paterna del gen A. De manera similar miles de otros eventos de recombinación parecidos tienen lugar entre los genes maternos y paternos correspondientes para generar el genoma que es único para el nuevo individuo.

Este no es un ejemplo de mutaciones al azar sino es la precisión con la que los mecanismos naturales trabajan al nivel del ADN para generar diversidad dentro de las especies, y sin embargo preservar al

mismo tiempo, con exactitud letra por letra, la integridad del genoma.

Cuando un óvulo fertilizado se somete al intercambio de cromátidas hermanas como parte del mejoramiento convencional, los arreglos de cromosoma no tienen lugar al azar y en forma caprichosa sino están guiados con precisión de manera que no se pierda información. Puede haber defectos en el proceso que podrían llevar a mutaciones. Pero el proceso trabaja contra los defectos que se presenten empleando mecanismos celulares precisos que se han desarrollado a lo largo de cientos de miles de años para preservar el contenido de orden y la información del genoma de las especies.

La manipulación genética, por otra parte, es un procedimiento artificial de laboratorio que introduce a la fuerza ADN extranjero en las células de una planta. Una vez que el transgen manipulado está en el núcleo de las células, se rompe en forma aleatoria en el ADN de la planta y se inserta en ese sitio. Además, las plantas GM no sólo contienen unas pocas mutaciones. El proceso de transformación por GM genera cientos o miles de mutaciones en todo el ADN de la planta.

Por estas razones, el mejoramiento convencional es mucho más preciso y acarrea mucho menos riesgos relacionadas con la mutación que los que acarrea la manipulación genética.

“Excluiremos las mutaciones dañinas”

Los proponentes de transgénicos dicen que incluso si se presentaran mutaciones dañinas, no habría problema. Dicen que durante el proceso de ingeniería genética, las plantas transgénicas pasan por muchos niveles de examen y selección y los ingenieros genéticos descubrirán cualquier planta que haya sufrido mutaciones dañinas y la eliminará durante este proceso.

Como se explicó anteriormente, el proceso de inserción de un gen durante el proceso de manipulación genética hace una selección para la inserción del transgen en las zonas activas del gen de la célula de la planta receptora. Esto significa que el proceso tiene un alto potencial inherente para alterar la función de los genes activos presentes en el ADN de la planta.

En muchos casos, la alteración podrá ser fatal: la célula manipulada morirá y no se convertirá en una planta GM. En otros casos, la planta compensará la función perdida en alguna forma, o la inserción se dará en una locación que parece causar una alteración mínima del funcionamiento celular de la planta. Eso es lo que se pretende. Pero el hecho que una planta crezca vigorosamente no significa que es sana para ser ingerida y segura para el ambiente. Podría tener una mutación que la haga producir sustancias que dañan a los consumidores o dañan el ecosistema.

Los ingenieros genéticos no llevan a cabo un examen detallado que permita detectar todas las plantas potencialmente dañinas. Ellos introducen el transgen en cientos o miles de células de la planta y las cultivan para que se conviertan en plantas GM individuales. Si el proceso de inserción del gen ha dañado la función de uno o más de los genes celulares de la planta que son esenciales para la supervivencia, la célula no sobrevivirá a este proceso. De manera que las plantas que presentan mutaciones “letales” serán eliminadas. Pero el ingeniero genético a menudo se queda con varios miles de plantas individuales, cada una de ellas diferente de la otra a causa de que:

- Los genes manipulados se han insertado en diferentes locaciones dentro del ADN de cada planta
- Han ocurrido otras mutaciones o alteraciones en otras locaciones en la planta en la función del gen receptor, según el mecanismo ya descrito anteriormente (1, 3, 4).

¿Cómo se las arreglan los ingenieros en biotecnología vegetal para identificar entre las plantas GM aquellas que van a comercializar? Lo principal que tienen que verificar es que la cualidad que el transgen manipulado iba a conferir, efectivamente esté expresada en la planta. O sea, hacen una prueba que les permite encontrar las pocas plantas dentro de las miles que hay, que expresen la cualidad deseada. Ellos escogen de entre estas, aquellas que se ven saludables, fuertes y capaces de ser reproducidas y propagadas.

Eso es todo lo que hacen ellos. Ese tipo de examen no puede detectar plantas que hayan experimentado mutaciones que las hagan pro-

ducir sustancias dañinas para los consumidores o que ya no contengan importantes nutrientes.

No es realista que los proponentes de GM reclamen que ellos puedan detectar todos los riesgos sobre la base de las diferencias que ven de apariencia, rendimiento y vigor. Algunas mutaciones darán origen a cambios que el reproductor verá en el invernadero o en el campo, pero otras dan origen a cambios que no son visibles porque ocurren a un nivel bioquímico sutil o sólo bajo otras circunstancias determinadas. Por eso, sólo una proporción muy pequeña de mutaciones potencialmente peligrosas será eliminada por la inspección superficial del obtentor. Su examen no puede asegurar que la planta es sana para ser comida.

No van a ser considerados algunos riesgos agronómicos y ambientales igualmente. Por ejemplo, durante el proceso de transformación por GM, una mutación puede destruir un gen que hace que la planta sea resistente a un cierto patógeno o a un estrés biótico como el calor extremo o la sequía. Pero esa mutación se revelará sólo si la planta intencionalmente es expuesta al patógeno o al estrés de manera sistemática. Los desarrolladores de cultivos GM no son capaces de examinar la resistencia a cada patógeno o a una exposición al estrés.

De esta manera las mutaciones pueden permanecer como silenciosas bombas de tiempo dentro de la planta GM, listas para “explotar” en cualquier momento cuando haya un brote del patógeno relevante o una exposición al estrés ambiental relevante.

Un ejemplo de esta clase de limitación fue una variedad temprana -pero que se plantó extensamente - de soja Roundup Ready. Resultó que esta variedad era mucho más sensible al estrés por calor y más proclive a infecciones que las variedades de soja no transgénica (26).

1.4 Mito: La Cisgenia/intragenes es una forma segura de ingeniería genética porque no hay genes extranjeros involucrados

Verdad: Los alimentos hechos por Cisgenia son tan riesgosos como cualquier otro alimento GM

Algunos científicos y proponentes de GM están promoviendo una rama de la ingeniería genética que han denominado “cisgenia” o “intragenia” la cual dicen que sólo usa genes de la especie que va a ser manipulada, o de especies relacionadas entre sí. Ellos dicen que los OGMs cisgénicos/intragénicos son más seguros y tienen más aceptación pública que los OGMs transgénicos, por el hecho de que no se introducen genes extranjeros (27,28).

Un artículo del sitio pro-GM Biofortified “Cisgenia-transgénicos sin transgen”, audazmente afirma que la cisgenia sirve para las relaciones públicas: “El objetivo central es aplacar la opinión pública mal informada usando tecnologías inteligentes para sortear las críticas sin fundamento a la biotecnología (29).

Un ejemplo de un producto cisgénico es la manzana que no se pone café, que una compañía de biotecnología canadiense ha postulado para su comercialización en Estados Unidos y Canadá (30,31).

Los proponentes de GM parecen ver la intragenia/cisgenia como fórmula para que los alimentos GM traspasen las barreras regulatorias. Como escribieron dos investigadores: “Tenemos un buen caso con plantas cisgénicas para pasar a una regulación de nuevo nivel con un examen reducido o que pueda ser exenta de la regulación de GMs” (31).

Sin embargo en realidad, la Cisgenia y la Intragenia son también transgénicos con otro nombre. La naturaleza artificial del constructo transgen y su forma de introducción en el genoma de la planta hacen que la cisgenia/intragenia sea tan transgénica como las transferencias de genes entre especies diferentes.

La palabra “intragénica” implica que sólo genes dentro del genoma de una sola especie son manipulados. Pero aunque es posible aislar un

gen del maíz, por ejemplo y ponerlo de vuelta en el maíz, esto no va a ser un proceso solamente intragénico. Esto es porque para poner de vuelta el gen en el maíz, es necesario vincularlo a otras secuencias al menos de bacterias y posiblemente también a virus, otros organismos y a un ADN sintético. De forma inevitable, el gen intragénico usa secuencias de otros organismos. Así, aunque el gen de interés puede ser de la misma especie que el organismo receptor, la totalidad del ADN manipulado genéticamente introducido no es puramente intragénica sino es transgénica, en el sentido que algunos de los elementos genéticos que se introducen a la planta receptora se derivan de otras especies.

La manzana Ártica supuestamente intragénica es claramente transgénica, porque secuencias de especies extranjeras forman parte del constructo de ADN que fue introducido a la manzana. Esto introduce importantes faltas de certeza en el funcionamiento de la planta, porque los efectos que estas secuencias extranjeras podrían tener en el organismo receptor son desconocidos.

El proceso de insertar cualquier fragmento de ADN, ya sea intragénico o transgénico en un organismo vía el proceso de transformación por GM acarrea los mismos riesgos. Estos riesgos se han discutido en detalle más arriba. La inserción tiene lugar de una forma no controlada y genera al menos un evento de mutación por inserción en el ADN del organismo receptor. El evento de inserción interrumpirá alguna secuencia dentro del ADN del organismo e interferirá con alguna función natural que el ADN interrumpido puede llevar. Por ejemplo, si la inserción ocurre en el medio de un gen, la función del gen podría destruirse. Como resultado, el organismo perderá la función celular que codifica ese gen. Además los efectos mutagénicos en el ADN de la planta causados por el proceso de cultivo de tejido ocurren con cisgenia/intragenia al igual que con la transgenia.

En conclusión, las plantas cisgénicas/intragénicas acarrearán los mismos riesgos ambientales y de salud que las plantas transgénicas.

Conclusiones del capítulo 1

Los proponentes de transgénicos proclaman que la manipulación genética de los cultivos no es más riesgosa que el mejoramiento (hibridéz) natural/convencional. Pero en realidad, la manipulación genética es diferente del mejoramiento natural/convencional y presenta riesgos especiales. Particularmente, los procesos de manipulación genética y el proceso asociado de cultivo de tejidos son altamente mutagénicos, y llevan a cambios impredecibles en el ADN y las proteínas del cultivo GM resultante, que pueden llevar a efectos tóxicos no esperados o alergénicos.

Los cultivos cisgénicos o intragénicos presentan los mismos riesgos que otro cultivo transgénico. No hay nada “nuevo” acerca de ellos. Estos métodos sólo difieren de los métodos transgénicos en relación a la selección del organismo del cual se toma el gen de interés.

A veces los proponentes de GM, de una forma equívoca, comparan la manipulación genética con la mutagénesis inducida por radiación, proclamando que esta última es mejoramiento natural o convencional y concluyen que la ingeniería genética es más segura que el mejoramiento “convencional”. En realidad, aunque ocasionalmente se usa mutagénesis por radiación inducida en el mejoramiento convencional, esta técnica no es en sí misma mejoramiento convencional. Al igual que la ingeniería genética, la mutagénesis por radiación inducida es riesgosa y mutagénica. No se usa ampliamente en el mejoramiento de plantas a causa de su alta tasa de fracaso. Algunos investigadores han demandado que los cultivos reproducidos por mutación sean sometidos a la misma clase de evaluación de seguridad que los cultivos transgénicos, una medida requerida por la autoridad sanitaria de Canadá.

Comparar la ingeniería genética con la mutagénesis inducida por radiación y concluir que es menos riesgosa y por tanto segura, es como comparar una ruleta rusa jugada con un tipo de arma, con un juego de ruleta rusa jugado con otro tipo de pistola. Ninguno de los dos juegos es seguro. Ambos son riesgosos.

Sería más útil hacer la comparación entre la manipulación genética y el mejoramiento convencional que no incluya mutaciones inducidas por radiación o sustancias químicas. En realidad, este es el método que ha producido con seguridad la vasta mayoría de nuestros cultivos a lo largo de los siglos. Es también el método que se usa más ampliamente hoy.

Al poner en jaque la manipulación genética, no estamos rechazando la ciencia y no estamos rechazando las formas más avanzadas de biotecnología, tales como la selección asistida por marcadores, que aceleraron e hicieron más precisos los métodos de mejoramiento convencional. Sólo estamos cuestionando la comercialización prematura y mal guiada de cultivos producidos utilizando el método impreciso, fastidioso y atrasado de la manipulación genética (del ADN recombinante). ¿Porqué usar esos métodos cuando hay mejores herramientas en la caja de herramientas de la biotecnología?

Es innecesario enfrentar riesgos con la ingeniería genética cuando el mejoramiento convencional - apoyado por tecnologías modernas seguras como la selección asistida por marcadores - es capaz de resolver nuestras necesidades de mejoramiento de cultivos alimentarios ([ver 7.3.2](#)).

Referencias del capítulo 1

1. Latham JR, Wilson AK, Steinbrecher RA. The mutational consequences of plant transformation. *J Biomed Biotechnol.* 2006; 2006(2): 25376.
2. Wilson AK, Latham JR, Steinbrecher RA. Transformation-induced mutations in transgenic plants: Analysis and biosafety implications. *Biotechnol Genet Eng Rev.* 2006; 23: 209–238.
3. Schubert D. A different perspective on GM food. *Nat Biotechnol.* Oct 2002; 20(10): 969.
4. Pusztai A, Bardocz S, Ewen SWB. Genetically modified foods: Potential human health effects. In: D'Mello JPF, ed. *Food Safety: Contaminants and Toxins.* Wallingford, Oxon: CABI Publishing 2003:347–372.
5. Pruned. Atomic gardens: Interview with Paige Johnson. 20 April 2011. <http://pruned.blogspot.com/2011/04/atomic-gardens.html>
6. Food and Agriculture Organization (FAO) and International Atomic Energy Agency (IAEA). Mutant variety database (MVGS) 2010. <http://mvgs.iaea.org/>
7. Kodym A, Afza R. Physical and chemical mutagenesis. *Methods Mol Biol.* 2003; 236: 189-204.
8. Novak FJ, Brunner H. Plant breeding: Induced mutation technology for crop improvement. *IAEA Bulletin.* 1992; 4: 25–33.
9. Jain SM. Mutagenesis in crop improvement under the climate change. *Romanian Biotechnological Letters.* 2010; 15(2): 88–106.
10. Ahloowalia BS, Maluszynski M, K. N. Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica.* 2004; 135: 187–204.
11. Maluszynski M, Szarejko I. Induced mutations in the Green and Gene Revolutions. Paper presented at: International Congress “In the wake of the double helix: From the Green Revolution to the Gene Revolution”; 27–31 May 2003; Bologna, Italy.
12. Walsh B. The planet's ultimate backup plan: Svalbard. *TIME.* 27 February 2009. <http://www.time.com/time/health/article/0,8599,1882288,00.html>
13. BBC News. More seeds for “doomsday vault”. 26 February 2009. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/7912543.stm>
14. Sawyer SA, Parsch J, Zhang Z, Hartl DL. Prevalence of positive selection among nearly neutral amino acid replacements in *Drosophila*. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 17 Apr 2007; 104(16): 6504–6510.
15. Acquaah G. *Principles of Plant Genetics and Breeding.* Oxford, UK: Wiley-Blackwell; 2007.
16. Van Harten AM. *Mutation Breeding: Theory and Practical Applications.* London: Cambridge University Press; 1998.
17. GM Science Review Panel. First report: An open review of the science relevant to GM crops and food based on interests and concerns of the public. July 2003: 9.
18. Kumar S, Fladung M. Controlling transgene integration in plants. *Trends Plant Sci.* Apr 2001; 6(4): 155–159.

19. Ow DW. Recombinase-directed plant transformation for the post-genomic era. *Plant Mol Biol.* Jan 2002; 48(1-2): 183-200.
20. Li Z, Moon BP, Xing A, et al. Stacking multiple transgenes at a selected genomic site via repeated recombinase-mediated DNA cassette exchanges. *Plant Physiol.* Oct 2010; 154(2): 622-631.
21. Shukla VK, Doyon Y, Miller JC, et al. Precise genome modification in the crop species *Zea mays* using zinc-finger nucleases. *NATURE.* 21 May 2009; 459(7245): 437-441.
22. Townsend JA, Wright DA, Winfrey RJ, et al. High-frequency modification of plant genes using engineered zinc-finger nucleases. *NATURE.* 21 May 2009; 459(7245): 442-445.
23. Batista R, Saibo N, Lourenco T, Oliveira MM. Microarray analyses reveal that plant mutagenesis may induce more transcriptomic changes than transgene insertion. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 4 Mar 2008; 105(9): 3640-3645.
24. Academics Review. The use of tissue culture in plant breeding is not new. 2011. <http://bit.ly/I7fPc9>
25. Canadian Food Inspection Agency (CFIA). Regulating “novelty” and plants with novel traits. 2010. <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/pub/novnoue.shtml>
26. Coghlan A. Monsanto’s Roundup-Ready soy beans cracking up. *New Scientist* 20 November 1999.
27. Rommens CM, Haring MA, Swords K, Davies HV, Belknap WR. The intragenic approach as a new extension to traditional plant breeding. *Trends in Plant Science.* Sep 2007; 12(9): 397-403.
28. Rommens CM. Intragenic crop improvement: Combining the benefits of traditional breeding and *genetic engineering*. *Journal of agricultural and food chemistry.* 2007; 55(11): 4281-4288.
29. Folta K. Cisgenics – transgenics without the transgene. *Biofortified.* 20 September 2010. <http://www.biofortified.org/2010/09/cisgenics-transgenics-without-the-transgene/>
30. Milkovich M. Non-browning apples cause controversy. *Fruit Growers News.* 29 April 2011. <http://fruitgrowersnews.com/index.php/magazine/article/non-browning-apples-cause-controversy>
31. Viswanath V, Strauss SH. Modifying plant growth the cisgenic way. *ISB News.* September 2010.

Capítulo 2

La ciencia y los reguladores

Un vistazo al capítulo

- El régimen regulatorio de los cultivos y alimentos transgénicos es demasiado débil como para proteger a los consumidores de los peligros planteados por esta tecnología.
- El régimen regulatorio de Estados Unidos asume que los cultivos transgénicos son seguros si ciertos ingredientes básicos de los cultivos transgénicos son “sustancialmente equivalentes” a los de sus contrapartes no transgénicas. La equivalencia sustancial es un término que no ha sido definido ni legal ni científicamente. El régimen regulatorio de la Unión Europea aplica el mismo concepto pero lo denomina “evaluación comparativa de seguridad”. Sin embargo, cuando se desarrollan comparaciones científicas de transgénicos y su contraparte no transgénica en forma sistemática, se demuestra a menudo que este supuesto de la equivalencia sustancial es falso.
- Los lobbyistas pro transgénicos han hecho más débil el proceso regulatorio para los transgénicos, y ello incluye los esfuerzos del grupo ILSI financiado por la industria. No se requiere ninguna prueba de seguridad de largo plazo y las evaluaciones regulatorias se basan en datos entregados por la industria que está postulando para lograr la aprobación del permiso para comercializar el cultivo.
- La industria productora de transgénicos restringe el acceso a sus productos por parte de los investigadores independientes, de manera que no se pueda investigar en forma adecuada los efectos en la salud y el ambiente.
- Los investigadores independientes que han publicado estudios (*papers*) en los cuales hay datos que no ayudan a los transgénicos, han sido atacados por los grupos de la industria pro transgénicos y por personas individuales, usando la táctica de “disparen al mensajero”.

2.1 Mito: Los alimentos transgénicos están estrictamente regulados en cuanto a su seguridad.

Verdad: En la mayor parte de los países, la regulación de los alimentos transgénicos está en un rango variable que va desde la no existencia de normas a la debilidad de estas.

“Monsanto no debería tener que dar un comprobante de la seguridad de los alimentos biotecnológicos. Nuestro interés es vender la mayor cantidad posible de estos alimentos. Garantizar que estos sean seguros es tarea de la FDA.

– Philip Angell, gerente de comunicaciones corporativas de Monsanto (La FDA, *Food and Drug Administration* es la agencia responsable de la seguridad de los alimentos en Estados Unidos) (1)

“En último término, quien tiene que ser responsable de garantizar la seguridad es el productor de alimentos.

– “US Food and Drug Administration (FDA) (2)

“No está previsto que la EFSA desarrolle estudios (de seguridad) ya que la responsabilidad de demostrar la seguridad del producto transgénico en cuestión, recae en la industria (transgénica) postulante.”

–Autoridad Sanitaria Europea (EFSA) (3)

La industria y algunas fuentes gubernamentales proclaman que los alimentos transgénicos están regulados de forma estricta (4). Pero los sistemas de regulación de alimentos transgénicos de todo el mundo varían entre la existencia de autorregulación voluntaria de la industria (como en Estados Unidos) y una regulación débil (en Europa). Ninguna de las dos es adecuada para proteger la salud de los consumidores.

2.1.1. El proceso regulatorio en Estados Unidos

“Nos sorprendió que los reguladores de Estados Unidos se basan casi exclusivamente en información entregada por el desarrollador del cultivo biotecnológico, y esos datos no están publicados en revistas científicas o sometidos a revisión de pares... El cuadro que emerge de nuestro estudio de la regulación norteamericana de los alimentos transgénicos muestra un ‘proceso de aprobación’ hecho con timbres de goma, diseñado para aumentar la confianza del público en el sistema y no para garantizar la seguridad de los alimentos transgénicos”.

– David Schubert, profesor y jefe del Laboratorio de Neurobiología Celular del Instituto Salk, al comentar un amplio estudio revisado por pares del cual es co-autor, sobre la regulación oficial norteamericana de transgénicos (6).

Los alimentos transgénicos se comercializaron por primera vez en Estados Unidos a comienzos de los años 90. La entidad reguladora de los alimentos en Estados Unidos, la *Food and Drug Administration* (FDA), permitió que los primeros alimentos transgénicos entraran al mercado a pesar de las advertencias de sus propios científicos respecto de que la transgenia es diferente del mejoramiento por selección y presenta riesgos especiales que incluyen la producción de nuevas toxinas o alérgenos (7, 8, 9, 10, 11 y 12). La FDA sobrepasó a sus científicos, siguiendo la línea del gobierno norteamericano de “apadrinar” el desarrollo de la industria de los transgénicos (1). La FDA estableció una política para alimentos transgénicos que no requería ningún tipo de pruebas de seguridad ni tampoco requería de etiquetado.

La creación de esta política fue supervisada por Michael Taylor, el funcionario comisionado en políticas de la FDA, un puesto creado especialmente para él (14). Taylor antiguamente era abogado de Monsanto, la gigantesca empresa productora de transgénicos, y posteriormente se convirtió en vicepresidente de Monsanto para políticas públicas.

Al contrario de lo que piensa la gente, la FDA no tiene un proceso de evaluación obligatoria de la seguridad de los alimentos transgénicos

y nunca ha aprobado como seguro un alimento transgénico. No lleva adelante ni encarga pruebas de seguridad de los alimentos transgénicos. En lugar de eso, la FDA opera con un programa voluntario para una revisión pre-mercado de los alimentos transgénicos. Todos los cultivos de alimentos transgénicos comercializados hasta la fecha han pasado por este proceso de revisión, pero no existe la obligación legal de que lo hagan. A las empresas que desarrollan cultivos transgénicos se les permite colocar en el mercado cualquier transgénico (organismo manipulado genéticamente) que deseen, aunque se las puede demandar legalmente si a raíz de ello los consumidores resultan dañados.

El resultado de la evaluación voluntaria de la FDA no es una conclusión suscrita por la FDA sobre la seguridad de un transgénico. En lugar de ello, la FDA manda a la compañía una carta para los siguientes efectos:

- La FDA reconoce que la compañía ha entregado un resumen de investigación desarrollado para evaluar la seguridad del cultivo transgénico.
- La FDA afirma que sobre la base de la investigación hecha por la compañía, la compañía ha concluido que el cultivo transgénico es seguro.
- La FDA afirma que no hay otras preguntas.
- La FDA recuerda a la compañía que es responsable por colocar únicamente alimentos seguros en el mercado.
- La FDA recuerda a la compañía que si se descubre que un producto no es seguro, puede ser considerada legalmente responsable (15).

Claramente este proceso no garantiza -ni siquiera intenta investigar- la seguridad de los alimentos transgénicos. Aunque no protege al público, puede proteger a la FDA de ser demandada legalmente en el caso que haya un daño causado por un alimento transgénico.

2.1.2. El fraude de la equivalencia sustancial

El concepto de equivalencia sustancial nunca ha sido definido adecuadamente; el grado de diferencia entre un alimento natural y su alternativa transgénica en el punto que su "sustancia" deja de ser aceptablemente "equivalente" no se define en ninguna parte, ni tampoco hay una definición exacta convenida por los legisladores. Es exactamente esta vaguedad lo que hace que el concepto sea útil para la industria pero sea inaceptable para el consumidor...

La equivalencia sustancial es un concepto pseudo-científico porque es un juicio comercial y político disfrazado de juicio científico. Es, más aun, inherentemente anticientífico porque fue creado fundamentalmente para entregar una excusa para que no se requirieran pruebas bioquímicas o toxicológicas.

– Millstone E, Brunner E, Mayer S. *Beyond "substantial equivalence"*. Nature. 1999; 401(6753): 525–526 (16)

El enfoque de la FDA de Estados Unidos para evaluar la seguridad de los cultivos y alimentos transgénicos se basa en el concepto de equivalencia sustancial, que fue primero adoptado por la OCDE, la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, una entidad que no está dedicada a proteger la salud pública sino a facilitar el comercio internacional (17).

La equivalencia sustancial asume que si un transgénico contiene cantidades similares de unos pocos componentes básicos tales como proteína, grasas, e hidratos de carbono en comparación con su contraparte no transgénica, entonces el transgénico es sustancialmente equivalente al no transgénico y no se requieren pruebas de seguridad obligatorias.

Los supuestos de equivalencia sustancial para los alimentos transgénicos son ampliamente criticados por investigadores independientes y también por no científicos (18, 19, 20, 21). Una analogía útil es comparar una vaca infectada con BSE (encefalopatía espongiiforme bovina, o enfermedad de la vaca loca) causada por prion con una vaca saludable. Son sustancialmente equivalentes unas y otras, en cuanto a que su composición química es la misma. La única diferencia está en la forma de un componente menor de una proteína (prion), una diferen-

cia que no sería tomada en cuenta en una evaluación de equivalencia sustancial. Sin embargo pocos podrían afirmar que comer carne proveniente de una vaca infectada por BSE es tan seguro como comerla de una vaca sana.

Cuando las afirmaciones de equivalencia sustancial se han analizado en forma independiente, se ha encontrado que no son verdaderas. Usando los métodos analíticos y moleculares más nuevos, se ha encontrado que los cultivos transgénicos tienen una composición diferente de la composición de sus contrapartes no transgénicas. Esto resulta cierto incluso cuando los dos cultivos han sido cultivados bajo las mismas condiciones, en el mismo período y en el mismo lugar, lo cual significa que los cambios no se deben a factores ambientales diferentes sino a la manipulación genética.

Entre los ejemplos están:

- La soya transgénica tenía 12-14% menos de cantidad de isoflavonoides anticancerígenos que la soya no transgénica (22).
- La canola (semilla de raps) manipulada para contener vitamina A en su aceite tenía mucho menos vitamina E y se alteró su composición de grasas de aceite, en comparación con la canola no transgénica (23).
- Las variedades experimentales de arroz transgénico tenían importantes problemas nutricionales no deseados en comparación con las contrapartes no transgénicas, aunque fueron cultivadas al lado en las mismas condiciones. La estructura y textura del arroz transgénico fue afectada y su contenido y valor nutricional estaban dramáticamente alterados. Los autores dijeron que estos hallazgos “entregaban información alarmante en relación al valor nutricional del arroz transgénico” y mostraban que el arroz transgénico era no sustancialmente equivalente al no transgénico (24).
- Se encontró que el arroz transgénico insecticida tenía niveles más altos de ciertos componentes (en forma destacada sacarosa, manitol y ácido glutámico) que los que tenía la contraparte no transgénica. Se demostró que estas diferencias eran el resultado de la manipulación genética y no de factores ambientales (25).

- El maíz transgénico MON 810 comercializado tenía un perfil totalmente diferente en los tipos de proteínas que contenía, en comparación con la contraparte no transgénica cuando se habían cultivado en las mismas condiciones (21).

Los cultivos transgénicos también tienen diferentes efectos del que tienen sus contrapartes no transgénicas cuando se alimenta con ellos a animales (ver 3.1.1).

2.1.3. El gobierno de Estados Unidos no es imparcial respecto de los cultivos transgénicos

El gobierno de Estados Unidos no es una autoridad imparcial sobre cultivos transgénicos. En realidad, tiene una política de activa promoción de estos cultivos (26). A través de sus embajadas y de agencias tales como el Ministerio de Agricultura (USDA) el gobierno norteamericano presiona a los gobiernos nacionales de todo el mundo para que acepten los cultivos transgénicos. Esto ha quedado claro en una serie de cables diplomáticos revelados por Wikileaks, que muestran que:

- La embajada de Estados Unidos en París recomendó que el gobierno norteamericano lance una estrategia de represalias contra la Unión Europea que “cause algo de dolor” como castigo por la reluctancia de adoptar los cultivos transgénicos (27).
- La embajada de Estados Unidos en España sugirió que el gobierno norteamericano y España deberían diseñar una estrategia conjunta para ayudar a que florezca el desarrollo de los cultivos transgénicos en Europa (28).
- El Departamento de Estado de Estados Unidos está tratando de presionar a los países africanos para que acepten los cultivos transgénicos (29, 30).

Esta estrategia de ejercer presión diplomática sobre los gobiernos nacionales para adoptar cultivos transgénicos es antidemocrática ya que interfiere con su capacidad de representar los deseos de sus ciudadanos. También es inadecuado usar el dinero de los contribuyentes norteamericanos para promover productos que son de corporaciones.

2.1.4. El proceso regulatorio en Europa y el resto del mundo

“Sugiero a las compañías de biotecnología que publiquen los resultados de sus estudios sobre la seguridad de los cultivos transgénicos en revistas internacionales con revisión de pares. No se puede esperar que la población general y la comunidad científica hagan un acto de fe respecto de que los resultados de esos estudios son favorables.”

– Domingo JL. *Health risks of GM foods: Many opinions but few data.* Science. 2000; 288(5472): 1748–1749.31

Muchos gobiernos, incluyendo los de la Unión Europea, Japón, Australia y Nueva Zelanda tienen una agencia que evalúa la seguridad de los cultivos transgénicos. Sobre la base de su evaluación, la agencia recomienda la aprobación o el rechazo del cultivo para su uso en alimentación o en forraje. La decisión final la adopta el gobierno. Generalmente los estados miembros de la Unión Europea no están de acuerdo en aprobar un cultivo transgénico; hay una mayoría que vota en contra, pero la votación no alcanza la “mayoría calificada” que se requiere para rechazar el transgénico. La decisión pasa entonces a la Comisión Europea, que ignora los deseos de la mayoría simple de los estados miembros, y aprueba el transgénico.

Los cultivos transgénicos aprobados por agencias regulatorias de gobierno no son rigurosos científicamente. Tal como ocurre en Estados Unidos ellos no llevan adelante ni desarrollan sus propias pruebas sobre los cultivos transgénicos. En lugar de eso, toman decisiones sobre la seguridad de los transgénicos sobre la base de estudios encargados por las mismas compañías que van a tener ganancias si aprueba el cultivo.

El problema con este sistema es que los estudios de la industria tienen un sesgo a favor. Hay revisiones publicadas sobre evaluación de estudios que evalúan la seguridad/riesgo de los diversos productos o tecnologías, que muestran que los estudios patrocinados por la industria o realizados por la industria son más proclives a llegar a una conclusión favorable sobre la seguridad del producto que los estudios independientes (no ligados a la industria ni hechos por ella). El ejemplo más notable son los estudios de la industria tabacalera que tuvieron

éxito en demorar por décadas la regulación sembrando la confusión sobre los efectos en la salud del fumar o del fumar pasivo (32). Pero un prejuicio similar se ha encontrado en estudios de otros productos, incluidos los de la industria farmacéutica (33, 34) y la de los fonos celulares (35).

Dos revisiones publicadas de la literatura científica muestran que los estudios patrocinados por la industria o hechos por ella son más proclives que los estudios independientes a proclamar la seguridad de los cultivos transgénicos (36, 37).

Otro problema es el frecuente *status* de no publicado de los estudios que las compañías someten a las agencias regulatoria. El hecho de que no están publicados significa que no están prontamente disponibles para ser examinadas por el público o por científicos independientes.

Los estudios no publicados caen en la categoría de la así llamada “literatura gris” que agrupa a documentos de confiabilidad desconocida. Esta literatura gris está en alto contraste con el estándar dorado de una publicación científica revisada por pares. El proceso de publicación con revisión de pares, aunque está lejos de ser perfecto es el mejor método que los científicos han desarrollado para asegurar la confiabilidad. Su fortaleza reside en un proceso de control con múltiples pasos:

- El editor de la revista manda el estudio a científicos calificados (llamados “Pares”), para que lo evalúen. Ellos dan antecedentes, que incluyen algunas revisiones sugeridas, las cuales se hacen llegar a los autores del estudio.
- Sobre la base del resultado del proceso de revisión de pares, el editor publica el estudio, lo rechaza o ofrece publicarlo con revisión hecha por los autores.
- Una vez que el estudio se publica, puede ser examinado y repetido (replicado) por otros científicos. Esta prueba/repetición es la piedra de toque de la confiabilidad científica, porque si otros científicos encontraran hallazgos diferentes esto sería un desafío para los hallazgos del estudio original.

La falta de disponibilidad de los estudios de la industria en el pasado ha significado que el público está siendo engañado sobre la seguri-

dad de los transgénicos. Por ejemplo, la estadística cruda de la industria sobre el maíz transgénico de Monsanto MON863 (aprobado en la Unión Europea en 2005) sólo fue develada cuando se obligó legalmente a la industria a través de una demanda presentada por Greenpeace. Después de eso, científicos independientes, de la organización francesa CRIIGEN analizaron la estadística y encontraron que el propio experimento de Monsanto de alimentación de ratas revelaba efectos serios en la salud que incluían toxicidad hepática y renal, los cuales habían sido escondidos del público (38, 39).

Desde que ocurrió este caso y quizás como resultado del mismo, la transparencia ha mejorado en Europa y el público puede obtener información de datos toxicológicos sobre transgénicos a través de EFSA si se lo solicita. Sólo una pequeña porción de información, tales como la secuencia genética del transgénico, puede ser mantenida como secreto industrial (40). De forma similar, la agencia alimentaria de Australia y Nueva Zelanda FSANZ publica en internet la información toxicológica de la industria de los transgénicos. Sin embargo en Estados Unidos, partes muy significativas de las estadísticas sometidas a los reguladores son clasificadas como “secreto comercial” y resguardadas del examen público (41).

2.1.5. Evaluación comparativa de Europa: equivalencia sustancial con otro nombre

El proceso de evaluación de seguridad de los transgénicos en Europa está todavía en desarrollo. En sus evaluaciones de alimentos transgénicos la autoridad sanitaria europea EFSA está en peligro de seguir a la FDA de Estados Unidos en la adopción del concepto de equivalencia sustancial, pero con otro nombre. EFSA no usa el desacreditado término “equivalencia sustancial” pero lo ha remplazado por otro término con el mismo significado “evaluación comparativa de seguridad”.

El cambio de nombre fue sugerido en un documento del año 2003 sobre evaluación de riesgo de plantas transgénicas (42). El documento tiene co-autoría del presidente del panel de Transgénicos de EFSA,

Harry Kuiper, y de Esther Kok. En 2010 Kok se unió a EFSA como experta en evaluación de riesgo en transgénicos (43). En su documento, Kuiper y Kok libremente admitieron que el concepto de equivalencia sustancial permanecía inalterable y que el propósito del cambio de nombre era en parte para reflejar la “controversia” que había surgido respecto del término.

En la época que Kuiper y Kok publicaron su documento del 2003, ellos ya eran parte de una fuerza de tareas de ILSI, el Instituto Internacional *Life Sciences* (ILSI), financiado por la industria, que estaba trabajando en rediseñar la evaluación de riesgo de transgénicos (44). En 2004 Kuiper y Kok fueron coautores de un documento de ILSI sobre la evaluación de riesgo de alimentos transgénicos, que define evaluaciones comparativas de seguridad. Los otros coautores incluyen representantes de las compañías de transgénicos que patrocinan ILSI, entre los cuales están Monsanto, Bayer, Dow y Singenta (45).

EFSA ha seguido la sugerencia de ILSI de tratar la evaluación de seguridad comparativa como base para las evaluaciones de seguridad de los transgénicos. EFSA ha promovido el concepto en su documento guía sobre evaluación de los riesgos ambientales de las plantas transgénicas (46) y los riesgos presentados por los alimentos y forraje derivados de animales transgénicos (47) así como en un documento con revisión de pares de la evaluación de seguridad de plantas transgénicas, alimentos y forraje (48).

En 2012, la Comisión de la Unión Europea incorporó el concepto de evaluación comparativa de riesgo generado por la industria y EFSA en su borrador de legislación sobre alimentos y forraje transgénico (49).

Un problema importante con la evaluación comparativa de riesgo es que como el nombre sugiere, las autoridades están comenzando a tratarlo como una evaluación de seguridad en sí misma, y no como sólo el primer paso de una serie de fases obligatorias en el proceso de evaluación. En otras palabras, EFSA y la Comisión Europea se están moviendo hacia un escenario en el cual los cultivos transgénicos y los alimentos que pasan este escrutinio inicial extremadamente débil, pueden no ser sometidos más adelante a pruebas rigurosas.

2.1.6. Los alimentos transgénicos no pasarían una evaluación comparativa de seguridad que sea objetiva

La evaluación comparativa de seguridad es un débil test de seguridad. Sin embargo si fuera aplicada en forma objetiva, los cultivos y alimentos transgénicos ni siquiera pasarían esta etapa de la evaluación de riesgo. Esto es porque, como se explicó anteriormente (2.1.2) muchos estudios de los cultivos transgénicos muestran que no son sustancialmente equivalente a las contrapartes no transgénicas de las cuales ellas se derivan. Hay a menudo significativas diferencias en los niveles de ciertos nutrientes y tipos de proteínas, como también se encuentran toxinas inesperadas o alérgenos.

Los proponentes de transgénicos han dejado de lado este problema ampliando el rango de la comparación. Al adoptar un método originalmente utilizado por Monsanto en un análisis de su soya transgénica (50, 51), no siguen restringiendo la comparación a la planta transgénica y la similar (isogénica) genéticamente no transgénica, sino recomiendan como comparables un rango de variedades no isogénicas que se cultivan en diferentes períodos y en diferentes ubicaciones. Una parte de esta data “histórica” incluso se sitúa antes de la Segunda Guerra Mundial (52).

ILSI ha creado una base de datos de este tipo de data publicada, incluyendo datos sobre variedades que tienen niveles poco comunes altos o bajos de algunos componentes. Los expertos de EFSA usan esta base de datos de la industria para comparar la composición de la planta transgénica con sus contrapartes no transgénicas en las evaluaciones de riesgo de los transgénicos (44, 53).

Si sobre la base de esta “evaluación comparativa de la seguridad”, los expertos de EFSA juzgan que el cultivo transgénico es equivalente a su contraparte no transgénica, se asume que es tan seguro como la variedad no transgénica (44, 54).

No se requiere mayores pruebas rigurosas, de manera que es poco probable que se identifiquen cambios no deseados en el cultivo transgénico. Tampoco se requieren pruebas respecto de las interacciones entre el genoma de los cultivos transgénicos y el ambiente (ver 3.1.2).

Sin embargo, nunca se ha definido el grado de similitud que una planta transgénica necesita tener respecto de una planta no transgénica para pasar esta evaluación comparativa de seguridad. Una evaluación comparativa de una planta transgénica a menudo revela diferencias significativas en su composición que están fuera de los rangos de otras variedades no transgénicas, incluyendo variedades históricas.

Pero aún en estos casos extremos, de acuerdo a científicos que se han desempeñado en instancias regulatorias, las diferencias a menudo son dejadas de lado como “irrelevantes biológicamente”. Tampoco se requiere pruebas respecto de las interacciones entre el genoma de los cultivos transgénicos y el ambiente (52).

Científicos independientes han criticado fuertemente la equivalencia sustancial y la evaluación comparativa de seguridad como base de las evaluaciones de seguridad de los cultivos transgénicos (6, 52, 55).

2.1.7. Debilitamiento aún mayor de la evaluación comparativa a través de la ampliación del rango de comparación

La evaluación comparativa de seguridad es en sí misma una base errada para evaluar la seguridad de los transgénicos.

“Una Directiva de la Unión Europea sobre la liberación deliberada de transgénicos requiere que el cultivo comparado contra el cual el transgénico debería ser evaluado en cuanto a su seguridad, debería ser “el organismo no modificado del cual se deriva” (56). La regulación de la Unión Europea sobre alimentos transgénicos y forraje concuerda con que el cultivo comparativo debería ser la contraparte no transgénica (57).

Estas reglas aseguran que el cultivo transgénico o el alimento se compara con su contraparte genéticamente similar (isogénica) no transgénica. El cultivo comparativo tendrá los mismos antecedentes genéticos, pero sin la transformación transgénica. De esta manera la comparación está diseñada correctamente para encontrar los cambios causados por el proceso de manipulación genética, lo cual debería ser el objetivo de una evaluación de seguridad de los transgénicos.

Históricamente, EFSA ha seguido este principio en sus Guías y Opiniones. Sin embargo en una Guía publicada a fines de 2011, EFSA dejó de lado su práctica pasada y los requerimientos legales de la Unión Europea, y amplió el rango de los cultivos comparativos aceptables.

EFSA incluso propuso permitir el uso de plantas transgénicas en lugar de la línea habitual de plantas no transgénicas, como cultivos comparativos para eventos apilados (cultivos que contienen rasgos transgénicos múltiples) y concluyó que en algunos casos las plantas de diferentes especies podrían ser aceptadas como cultivos comparativos (58). El nuevo enfoque de EFSA está en línea con las prácticas de la industria (50, 51). Pero es dudoso que eso cumpla la legislación de la Unión Europea.

Es más importante decir que el enfoque de comparar un cultivo transgénico con variedades no relacionadas o relacionadas lejanamente en diferentes períodos y en diferentes ubicaciones, está científicamente errado. Para determinar cualquier alteración no deseada de la estructura de los genes y de su función y de la consiguiente composición bioquímica surgida del proceso de transformación vía transgenia, el único cultivo comparativo válido es la línea no isogénica en que las dos han crecido lado a lado al mismo tiempo. Esto sirve para minimizar las variables externas al proceso de transformación por transgenia. De esta manera es probable que cualquier cambio sea causado por el proceso de transgenia y no por otro factor. En contraste, las comparaciones con variedades no relacionadas o lejanamente relacionadas que han crecido en diferentes períodos y en diferentes ubicaciones introducen y aumentan variables externas y sirven para enmascarar en lugar de destacar los efectos de la transformación por transgenia.

Paralelamente con la tendencia de ampliar el rango de comparación en la evaluación comparativa de una composición de planta transgénica, la industria y los reguladores han adoptado un enfoque similar científicamente no válido, para evaluar los efectos en la salud de un transgénico en experimentos de alimentación animal. En estos casos, ellos dejan de lado cambios estadísticamente significativos que se ven en los animales alimentados con transgénicos en comparación con

aquellos que tuvieron una dieta no transgénica y señalan que no son “biológicamente significativos” o que “están en el rango de variación biológica (ver 3.1.2, 3.1.4 para una discusión detallada de esta práctica y como pone en riesgo la salud pública).

Estas prácticas van en contra del buen método científico y podrían ser descritas como una forma de “hacer desaparecer” los hallazgos inconvenientes del experimento en cuestión al introducir datos de otros experimentos hasta que se alcance la respuesta conveniente (es decir, que el transgénico no es diferente de su contraparte no transgénica).

2.1.8. Las corporaciones transgénicas y el gobierno de Estados Unidos han diseñado el proceso regulatorio de los transgénicos en todo el mundo.

Las corporaciones agrícolas de biotecnología han hecho *lobby* muy intenso y duro en cada continente para garantizar que los modelos débiles de evaluación fueran la norma. Trabajando a menudo a través del gobierno norteamericano o a través de grupos sin fines de lucro, han desarrollado talleres de bioseguridad y cursos de capacitación para países más pequeños que están intentando lidiar con los temas de regulación relacionados con los cultivos transgénicos. El resultado, según los críticos, ha sido modelos de evaluación de seguridad que favorecen una fácil aprobación de los transgénicos sin evaluación rigurosa de efectos en la salud o riesgos ambientales.

Por ejemplo, un informe del Centro Africano de Bioseguridad (ACB), describió cómo la Fundación Syngenta, una organización sin fines de lucro instalada por la corporación agrícola biotecnológica Syngenta, trabajó en un “proyecto de tres años de construcción de capacidades en bioseguridad en el África Sub-Sahariana”. El socio de la fundación Syngenta (FARA) es un grupo encabezado por gente ligada a Monsanto y al gobierno norteamericano. El ACB identificó el proyecto Fundación Syngenta/FARA como parte de una “armonización para toda África de políticas de bioseguridad y procedimientos” que “crearán un ambiente favorable para la proliferación de transgénicos en el continente, con pocos chequeos de bioseguridad y pocos equilibrios” (59).

En India, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos desarrolló un “proyecto de generación de capacidades en bioseguridad” para capacitar funcionarios públicos en “el manejo eficiente de experimentos transgénicos “ (60), el primer paso hacia la comercialización en gran escala. Y en 2010, un escándalo irrumpió cuando se descubrió un informe de las academias nacionales de India recomendando la liberación de la berenjena transgénica Bt para cultivo que contenía 60 líneas de texto copiado textualmente casi palabra por palabra, de un boletín de apoyo a la biotecnología, el cual a su vez contenía líneas extraídas de una publicación apoyada por la industria de transgénicos (61).

2.1.9. La investigación independiente sobre productos transgénicos está suprimida

“... Desafortunadamente, es imposible verificar que los cultivos transgénicos se desempeñan de la forma que dice la propaganda. Eso es porque las compañías productoras de transgénicos se han dado a sí mismas el poder de vetar el trabajo de los investigadores independientes... Todavía se publica investigación sobre semillas transgénicas modificadas, por supuesto. Pero solo los estudios que las compañías semilleras han aprobado llegan a ver la luz de una revista revisada por pares. En muchos casos, hay experimentos que tenían la venia implícita de la compañía semillera, y luego su publicación fue bloqueada porque los resultados no eran halagüeños.... Sería bastante escalofriante si cualquier tipo de compañía fuera capaz de impedir que los investigadores independientes hagan experimentos con sus productos y reporten sus hallazgos... Pero cuando a los científicos se les impide examinar los ingredientes brutos de nuestro abastecimiento de alimentos o analizar el material vegetal que cubre gran parte de la superficie agrícola del país, las restricciones sobre la investigación científica llegan a ser peligrosas.”

– Editorial, *Scientific American* (62).

El problema de tener como base los estudios de la industria para el proceso regulatorio de los cultivos transgénicos podría ser resuelto considerando la ciencia independiente (no afiliada a la industria)

en la evaluación de riesgo. Pero los estudios independientes sobre alimentos y cultivos transgénicos son escasos, porque la investigación independiente en riesgos de los cultivos transgénicos no tiene apoyo financiero y porque la industria usa su control de las patentes de los cultivos transgénicos para restringir la investigación independiente. La investigación que ha sido suprimida incluye evaluaciones de seguridad en la salud y el ambiente y desempeño agronómico de los cultivos transgénicos (41). El permiso para estudiar cultivos transgénicos es negado o se hace tan difícil obtenerlo que la investigación se bloquea efectivamente. Por ejemplo, a los investigadores a menudo se les niega el acceso a la semilla transgénica comercializada y a las líneas no transgénicas isogénicas.

Incluso si se diera la autorización para llevar adelante una investigación, generalmente las corporaciones transgénicas retienen el derecho a bloquear su publicación (63, 64). La industria y sus aliados también usan una variedad de estrategias de relaciones públicas para desacreditar y silenciar a los científicos que publican investigaciones que son críticas de los cultivos transgénicos (65). En 2009, 26 científicos dieron el poco habitual paso de presentar una queja formal ante la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos). Ellos escribieron “No se puede realizar de forma legal investigación científica sobre muchos interrogantes críticos que tienen que ver con estos cultivos (66). Una editorial de *Scientific American* informa “Sólo los estudios que han sido aprobados por la industria semillera ven la luz de una revista científica con revisión de pares. En muchos casos, los experimentos que tenían el aval implícito de la semillera fueron bloqueados más adelante y no fueron publicados porque los resultados no les eran favorables (62).

En respuesta a ello, se desarrolló un nuevo acuerdo de licencia para investigadores sobre cultivos transgénicos entre el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y Monsanto en 2010 (67). Sin embargo, este acuerdo sigue siendo restrictivo lo cual no es sorprendente ya que el USDA tiene como política apoyar los cultivos transgénicos y a las compañías que los producen (ver 2.1.3.). Está por verse si esta nueva política realmente marcará una diferencia. La limitada

cantidad de investigación científica que se desarrolla sobre cultivos y alimentos transgénicos a menudo es ignorada o dejada de lado por las agencias regulatorias. Además, los hallazgos de daño, ya sea en estudios de la industria o estudios independientes, son explicados siempre como “irrelevantes biológicamente” (ver 3.1.2).

2.1.10. Los investigadores que publican estudios que encuentran daño en los cultivos transgénicos son atacados

Existe una historia muy bien documentada de ataques orquestados por los proponentes de transgénicos sobre investigadores cuyos hallazgos muestran problemas derivados de cultivos y alimentos transgénicos. Los proponentes de transgénicos adoptan varias tácticas diferentes, que incluyen criticar la investigación calificándola como “mala ciencia”, encontrar cualquier falta pequeña o limitación (que existe en casi todos los estudios) y proclamar que ello invalida los hallazgos, así como usar ataques personales (con nombre) contra el investigador.

El debate científico no es nuevo y siempre es bienvenido: de esta forma la ciencia avanza. Un investigador publica un estudio; otro investigador piensa que ciertos aspectos podrían haber sido hechos de mayor forma y repite el estudio con las modificaciones deseadas; estos hallazgos a su turno se agregan a la base de datos de conocimientos para que sean desarrollados por futuros investigadores. Pero la tendencia de intentar silenciar o desacreditar la investigación que encuentra problemas con los transgénicos no tiene precedentes y ha crecido en paralelo con la comercialización de los cultivos transgénicos.

A diferencia del debate científico tradicional, demasiadas veces la crítica no consiste en el desarrollo y publicación de una nueva investigación que podría confirmar o refutar el estudio en cuestión. En lugar de ello, los críticos tratan de “silenciar” el estudio sobre la base de afirmaciones de que es espurio o no está validado científicamente. Hay numerosos casos de este modelo, de los cuales entregaremos solo unos pocos ejemplos.

En 2007 el académico Gilles-Eric Séralini, investigador en biología molecular en la Universidad de Caen y presidente del instituto de investigación independiente CRIIGEN, y su equipo investigador publicaron un re-análisis de un estudio de Monsanto sobre alimentación de ratas por 90 días, sometido por la compañía como apoyo para la postulación de la aprobación de su maíz transgénico MON863. La aprobación de este cultivo para alimentación y forraje fue concedida por la Unión Europea en 2005. Monsanto trató de mantener en secreto los datos del experimento de alimentación reclamando que eran secreto industrial, pero un fallo de una corte alemana lo obligó a desclasificarlos.

El nuevo análisis de los datos de Monsanto hecho por Séralini, mostró que las ratas alimentadas con maíz transgénico tenían menor crecimiento y mostraban signos de toxicidad hepática y renal. Seralini concluyó que no se podía asumir que ese maíz era seguro y demandó que esos estudios desarrollados para fines regulatorias se extendieran más allá de 90 días de manera que las consecuencias de los signos iniciales de toxicidad pudieran ser investigadas (38).

Después que Séralini y su equipo publicaron este y otros *papers* que mostraban los efectos dañinos de los cultivos transgénicos y del herbicida glifosato usado con los cultivos transgénicos Roundup Ready, él fue objeto de una terrible campaña de desacreditación. Las infundios parecían venir de la Asociación Francesa de Biotecnología Vegetal, cuyo presidente era Marc Fellous.

Seralini pensó que los investigadores Claude Allegre, Axel Kahn y Marc Fellous estaban tras la campaña de difamación e intimidación en Francia. El demandó a Fellous por calumnia, sosteniendo que la campaña había dañado su reputación, reduciendo sus oportunidades de trabajo y de obtener fondos para su investigación.

Durante el juicio se develó que Fellous, que se presentaba como un científico “neutral” sin conflictos personales de interés, y que acusaba a quienes criticaban los transgénicos de ser “ideologizados” y “militantes”, poseía patentes a través de una compañía con sede en Israel. Esta compañía vende patentes a corporaciones productoras de transgénicos.

cos tales como *Aventis*. El abogado de Seralini mostró que otros miembros de la Asociación citada también tienen vínculos con corporaciones productoras de semillas y agrotóxicos. El tribunal falló en favor de Seralini. El juez sentenció que la AFBV pagara una multa de libertad provisional de 1000 euros, 1 euro por compensación (como lo pidió Seralini) y 4000 euros como costas del juicio (68).

Emma Rosi-Marshall

En 2007 el equipo de Emma Rosi-Marschall publicó una investigación que mostraba que residuos del maíz Bt llegaban a los arroyos del medio oeste norteamericano y que cuando insectos no objetivo se alimentaban de ese maíz, el efecto era dañino. En un estudio de alimentación en laboratorio los investigadores alimentaron con maíz Bt a las larvas de una polilla de la familia de los tricópteros (*caddys fly*), un insecto que vive cerca de los arroyos. Las larvas alimentadas con material de maíz Bt crecieron menos de la mitad en el mismo tiempo que aquellas que comieron residuos del maíz no transgénico. Y las larvas alimentadas con polen de maíz Bt de alta concentración murieron en tasas dos veces mayores que las larvas alimentadas con polen Bt no transgénico (69).

Rosi-Marshall fue sometida a críticas vociferantes de los proponentes de transgénicos, que dijeron que su *paper* era “ciencia de mala calidad”. Ellos se quejaron de que el estudio no seguía el tipo de protocolo que se usa para estudios toxicológicos utilizados para fines regulatorios, usando dosis conocidas –aunque tales protocolos son extremadamente limitados y están constantemente siendo atacados por científicos independientes por ser incapaces de detectar en forma confiable los riesgos (ver “Jörg Schmidt...” abajo). Rosi –Marshall replicó que su estudio permitía a las polillas comer tanto como desearan, que es lo que ellas harían en el campo (65).

Los críticos también objetaron los hallazgos de laboratorio por no dar información exacta sobre las reales condiciones e campo. Rosi-Marshall respondió que solo en laboratorio es posible controlar las condiciones exactamente, como para llegar a conclusiones firmes.

Henry I. Miller de Hoover Institution, un centro de estudios de mercado pro transgénicos, fue coautor de una columna de opinión en la cual consideró la publicación del estudio de Rosi-Marshall como un ejemplo del sesgo anti-ciencia de revistas científicas, y acusó a los autores de mala conducta científica.

Según Miller, el principal crimen del autor fue no mencionar en su documento otro estudio que concluía que el polen del maíz Bt no afectaba el crecimiento o la mortalidad de las larvas alimentadas con filtro (70). Rosi-Marshall respondió que ella no había citado esos hallazgos porque no habían sido revisados por pares ni publicados a esa fecha y porque ellos se enfocaban en otro tipo de polillas, con diferentes mecanismos de alimentación que los que tenían los insectos de su estudio (65).

Marshall y sus co-autores defienden su estudio. En una declaración, ellos dijeron “Los ataques infundados, repetidos y aparentemente orquestados, y de tipo personal hechos por un grupo de proponentes de transgénicos han hecho poco para que avance nuestra comprensión de los impactos ecológicos potenciales del maíz transgénico” (65).

Jorg Schmidt, Angelika Hilbeck y sus colegas

Un estudio de laboratorio (Schmidt, 2009) mostró que las toxinas transgénicas Bt aumentaban la mortalidad de las larvas de chinitas que se alimentaban con ello, incluso en las más bajas concentraciones probadas. El estudio demostró que son falsas las afirmaciones acerca de que las toxinas Bt son solamente dañinas para un número limitado de plagas de insectos y sus parientes. Se descubrió que las toxinas Bt dañaban organismos no objetivo -chinitas- que son insectos altamente benéficos para los productores campesinos (71). Las chinitas devoran plagas tales como los áfidos y hongos que causan enfermedades.

Basado en este estudio y en más de otros 30, en 2009 Alemania prohibió el cultivo del maíz Bt 810 de Monsanto, el cual contiene una de las toxinas Bt que el equipo de Schmidt encontró era dañina (71). Esto gatilló dos columnas de opinión que cuestionaron las bases científicas de la prohibición alemana (72, 73) y un estudio experimental

(Alvarez-Alfageme et al 2011) que afirmó dejaba de probar los efectos adversos de las toxinas Bt en las larvas de chinitas alimentadas con toxinas Bt y dijo que los “efectos aparentemente dañinos” encontrados por Schmidt se debían a “mal diseño del estudio y de los procedimientos” (74).

Al año siguiente se publicó un estudio (Hilbeck et al, 2012) realizado por algunos de los mismos autores del estudio de Schmidt, el cual confirma sus hallazgos. El estudio también encontró que las toxinas Bt aumentaban la mortalidad de las larvas de chinitas. Los investigadores analizaron las mismas críticas que surgieron de Alvarez-Alfageme y dieron razones por las cuales ese estudio no había encontrado ningún efecto. La mayor causa de ello fue que Alvarez-Alfageme había escogido exponer las larvas de chinitas solo a una única dosis de alimento en 24 horas y luego permitía que se recuperaran ingiriendo alimento libre de toxina Bt (75). Schmidt, por otra parte, había expuesto las larvas continuamente entre 9-10 días (75) lo cual era sin lugar a dudas un escenario más realista.

En un comentario separado sobre la controversia, algunos de los autores del estudio que confirmaba daños, criticaban el tono confrontacional, los elementos no científicos y la “naturaleza concertada” de los tres estudios que atacaron los hallazgos iniciales de Schmidt. Los autores destacaron que las “refutaciones dogmáticas” y los “deliberados contra-estudios” que rutinariamente aparecen en respuesta a resultados revisados por pares sobre el daño potencial de los transgénicos también fueron característicos en el debate de los riesgos sobre tabaco, asbestos, el controvertido bisfenol A de los envases de alimentos, y los celulares.

Los autores también criticaron el “doble estándar” que llevaba a la EFSA, la autoridad sanitaria europea a aplicar un excesivo análisis a los documentos que llaman la atención sobre los riesgos de los cultivos transgénicos al mismo tiempo que descuidaban las obvias deficiencias de estudios que aseguran que los transgénicos son seguros.

Por ejemplo, Hilbeck y los co-autores apuntaron a importantes deficiencias en las pruebas de rutina de bioseguridad desarrolladas para

finos regulatorios en el proceso de aprobación de cultivos transgénicos Bt. Se supone que la prueba debe buscar efectos tóxicos en insectos no objetivo. En el protocolo de pruebas, las larvas de crisopas verdes, un insecto benéfico predador, son alimentadas con huevos de polilla cubiertos con toxina Bt.

Sin embargo, como Hilbeck y su equipo destacaron, las larvas de crisopas se alimentan perforando los huevos y extrayendo los contenidos –es decir que ellas eran “verdaderamente incapaces de ingerir compuestos depositados en el exterior de los huevos”. En otras palabras, este supuesto test de bioseguridad es incapaz de detectar los efectos tóxicos incluso cuando ellos ocurren. Esta deficiencia incluso ha sido destacada por la EPA. Y sin embargo, afirmaron los autores, no hubo críticas a estas pruebas claramente inapropiadas por parte de Alvarez-Alfageme y los otros críticos del documento de Schmidt (76).

Arpad Pusztai

El 10 de agosto de 1998 el debate sobre transgénicos cambió para siempre con la difusión en la TV británica de un documental sobre la seguridad de los alimentos transgénicos. El programa mostró una breve pero reveladora entrevista al científico internacionalmente reconocido Dr. Arpad Pusztai sobre su investigación relativa a la seguridad de los alimentos transgénicos. Pusztai habló de sus hallazgos acerca de que las papas transgénicas habían dañado la salud de las ratas de laboratorio. Las ratas alimentadas con papas transgénicas mostraron crecimiento excesivo de la cubierta del intestino parecido a una condición precancerosa y reacciones tóxicas en múltiples sistemas de los órganos interiores.

Pusztai se había hecho conocido con sus hallazgos antes de la publicación por razones del interés público, especialmente porque la investigación había sido financiada por los contribuyentes británicos. El día de esta entrevista de televisión con total respaldo de sus empleadores, el Instituto Rowett.

Después que se difundió el programa, se desató una tormenta política. En cosa de días, Pusztai había sido censurado y despedido del

Instituto Rowett, su equipo de investigación fue disgregado y sus datos fueron confiscados. Sus llamados telefónicos y correos fueron interceptados. El fue sometido a una campaña de desprestigio y vilipendiado por los institutos científicos pro transgénicos y los individuos, intentando desacreditarlo a él y a su investigación (77, 78, 79, 80, 81).

¿Qué fue lo que causó el vuelco del instituto Rowett? Más tarde se informó que había habido una llamada telefónica de Monsanto al entonces presidente de Estados Unidos Bill Clinton al entonces primer ministro del Reino Unido Tony Blair, y de Blair al Rowett (77).

Las mentiras y falsedades sobre la investigación de Pusztai continúan circulando por parte de los proponentes de transgénicos. Estos incluyen afirmaciones de que las papas transgénicas no se usaron como alimento en absoluto y que todo el experimento careció de controles adecuados. Es fácil demostrar la falsedad de ambas afirmaciones con la sola lectura del estudio, el cual había pasado por una revisión de pares realizada por un número de revisores más largo que lo habitual y fue publicado en *The Lancet* (82).

Las críticas del diseño del estudio son especialmente poco serias porque fue revisado por la Oficina de Escocia y ganó un proyecto de 1.6 millones de GBP entre más de otros 28 diseños en competencia. Según Pusztai, también fue revisado por la BBSRC, la entidad más importante entre las que financian ciencia pública (77). Incluso los críticos de Pusztai no han sugerido que él no siguió el diseño del estudio tal como fue aprobado y si a su estudio le hubieran faltado controles adecuados, la BBSRC y la Oficina Escocesa enfrentarían serios cuestionamientos.

Resulta muy interesante que uno de los críticos que afirmó que al experimento de Pusztai le faltaban los controles adecuados (83), había previamente sido co autor y publicado con Pusztai un estudio sobre arvejas transgénicas con exactamente el mismo diseño (84). En realidad, la única notoria diferencia entre este estudio y el estudio de las papas transgénicas fue el resultado: el estudio de arvejas había concluido que las arvejas transgénicas eran tan seguras como las no transgénicas, mientras que el estudio de las papas había encontrado que las papas transgénicas no eran seguras.

La investigación de Pusztai sobre papas transgénicas continua siendo citada como un estudio válido en la literatura revisada por pares.

Ignacio Chapela

En 2001 el biólogo Ignacio Chapela y su colega David Quist probaron variedades nativas de maíz mexicano y encontraron que se habían contaminado con genes transgénicos (85). Los hallazgos fueron preocupantes porque en ese tiempo, México había prohibido plantar maíz transgénico debido a la preocupación por sus variedades nativas. México es el principal centro biológico de origen del maíz y tiene numerosas variedades adaptadas a diferentes localidades y condiciones. La contaminación transgénica provenía de maíz importado de Estados Unidos.

Chapela comenzó hablando con diversas autoridades de gobierno que él pensaba deberían saberlo. A medida que sus hallazgos estaban próximos a ser publicados en la revista *Nature*, los acontecimientos dieron un giro siniestro. Chapela dijo que él fue puesto en un taxi y llevado a un edificio vacío en Ciudad de México, donde un funcionario de gobierno lo amenazó a él y su familia.

Chapela tenía la impresión que el funcionario estaba tratando de impedir que él publicara sus hallazgos (86, 77, 87).

Chapela siguió adelante con la publicación. Inmediatamente comenzó una violenta campaña de infundios contra él y su investigación fue lanzada con la mayor parte de los ataques publicados en un sitio web pro transgénicos llamado *AgBioWorld*. Aunque *AgBioWorld* tiene muchos científicos entre sus suscriptores, los ataques no eran alimentados por científicos, sino por dos personas llamadas Mary Murphy y Andura Smetacek. Murphy y Smetacek acusaron a Chapela de ser más activista que científico. Smetacek sugirió que el estudio de Chapela fue parte de una campaña orquestada en colusión con “activistas alarmistas (Greenpeace, Amigos de la Tierra)” (77).

Murphy y Smetacek tuvieron éxito en desviar el foco de los hallazgos de la investigación y centrarlo en el mensajero. La revista *Science*

destacó “los correos anónimos que circulaban ampliamente” acusando a los investigadores Ignacio Chapela y David Quist de “conflictos de interés y otros errores” (88). Algunos científicos se alarmaron por el carácter personal de los ataques. “Atacar una parte de trabajo por medio del ataque de la integridad de los que hicieron ese trabajo es una táctica que los científicos no acostumbran usar” escribió uno (89). Una investigación llevada adelante por Jonathan Matthews del grupo de campaña GMWatch y el periodista Andy Rowell, buscó el origen de los ataques de Murphy y encontró una dirección de correo perteneciente a Bivings Woodel que forma parte del Bivings Group, una compañía de relaciones públicas que tiene oficinas en Washington, Bruselas, Chicago y Tokio. Bivings desarrolló campañas de “abogacía por internet” para las corporaciones y había apoyado a Monsanto en relaciones públicas desde 1999, cuando la compañía biotecnológica se dio cuenta que la internet había jugado un rol significativo en sus problemas de relaciones públicas en Europa (77).

Las tentativas para descubrir la identidad de Murphy y Smetacek no llevaron a ninguna parte, lo que llevó al periodista George Monbiot a escribir un artículo sobre el tema titulado “Los falsos encargados de convencer: las transnacionales están inventando gente para desprestigiar a sus oponentes en la internet” (90).

Los hallazgos de Chapela sobre los genes transgénicos que habían contaminado el maíz nativo de México fueron confirmados por pruebas llevadas adelante por el gobierno de México, como informa el estudio publicado por Chapela, y también se ve en un artículo separado (85, 91).

Conclusiones del capítulo 2

El régimen de regulación de los cultivos y alimentos transgénicos es más débil en Estados Unidos, lugar de origen de la mayor parte de esos cultivos, siendo inadecuado en la mayor parte de las regiones del mundo, incluida Europa. El régimen de Estados Unidos actúa bajo el supuesto de que los cultivos transgénicos son seguros si ciertos componentes básicos del cultivo transgénico son “sustancialmente equivalentes” a los de sus contrapartes no transgénicas. Ese término no ha sido definido legal ni científicamente. El régimen europeo aplica el mismo concepto pero lo denomina “evaluación comparativa de seguridad”. Pero a menudo cuando se hace una comparación de un cultivo transgénico con su contraparte no transgénica, se demuestra que es falso el supuesto de equivalencia sustancial, ya que se encuentran diferencias inesperadas.

No hay en todo el mundo ningún régimen de regulación de cultivos y alimentos transgénicos que requiera pruebas de largo plazo o pruebas rigurosas de los alimentos y cultivos transgénicos. Las evaluaciones regulatorias se basan en datos entregados por la compañía que está postulando a comercializar el cultivo, la misma compañía que lucrará con una evaluación positiva de su seguridad.



Referencias del capítulo 2

1. Pollan M. Playing God in the garden. *New York Times Magazine*. 25 October 1998. <http://www.nytimes.com/1998/10/25/magazine/playing-god-in-the-garden.html>
2. US Food and Drug Administration. Statement of policy: Foods derived from new plant varieties. *FDA Federal Register*. 29 May 1992; 57(104): 229.
3. European Food Safety Authority (EFSA). Frequently asked questions on EFSA GMO risk assessment. 15 May 2006.
4. European Commission. GMOs in a nutshell. 2011. http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/qanda/a1_en.print.htm
5. Tokar B. Deficiencies in federal regulatory oversight of genetically engineered crops. Institute for Social Ecology Biotechnology Project. June 2006. <http://environmentalcommons.org/RegulatoryDeficiencies.html>
6. Freese W, Schubert D. Safety testing and regulation of genetically engineered foods. *Biotechnol Genet Eng Rev*. 2004: 299-324.
7. Kahl L. Memorandum to Dr James Maryanski, FDA biotechnology coordinator, about the Federal Register document, "Statement of policy: Foods from genetically modified plants". US Food & Drug Administration. 8 January 1992. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/01/01.pdf>
8. Guest GB. Memorandum to Dr James Maryanski, biotechnology coordinator: Regulation of transgenic plants – FDA Draft Federal Register Notice on Food Biotechnology. US Department of Health & Human Services. 5 February 1992. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/08/08.pdf>
9. Matthews EJ. Memorandum to Toxicology Section of the Biotechnology Working Group: "Safety of whole food plants transformed by technology methods". US Food & Drug Administration. October 28 1991. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/02/02.pdf>
10. Shibko SL. Memorandum to James H. Maryanski, biotechnology coordinator, CFSAN: Revision of toxicology section of the "Statement of policy: Foods derived from genetically modified plants". US Food & Drug Administration. Institution. Date 1992. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/03/03.pdf>
11. Pribyl LJ. Comments on the March 18, 1992 version of the Biotechnology Document. US Food & Drug Administration. 18 March 1992. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/12/ljpp.pdf>
12. Pribyl LJ. Comments on Biotechnology Draft Document, 2/27/92. US Food & Drug Administration. 6 March 1992. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/04/04.pdf>
13. Sudduth MA. Genetically engineered foods – fears and facts: An interview with FDA's Jim Maryanski. *FDA Consumer*. January–February 1993; 11–14. <http://web.archive.org/web/20090202053904/http://www.fda.gov/bbs/topics/consumer/Con00191.html>
14. Bittman M. Why aren't GMO foods labeled? *New York Times*. 15 February 2011. <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2011/02/15/why-arent-g-m-o-foods-labeled/>

15. US Food and Drug Administration. Biotechnology consultation agency response letter BNF No. 000001. 27 January. 1995. <http://www.fda.gov/Food/Biotechnology/Submissions/ucm161129.htm>
16. Millstone E, Brunner E, Mayer S. Beyond “substantial equivalence”. *Nature*. 1999; 401(6753): 525–526.
17. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology: Concepts and Principles: OECD Publishing; 1993.
18. Pusztai A, Bardocz S, Ewen SWB. Genetically modified foods: Potential human health effects. In: D’Mello JPF, ed. *Food Safety: Contaminants and Toxins*. Wallingford, Oxon: CABI Publishing 2003:347–372.
19. Nodari RO, Guerra MP. Implications of transgenics for environmental and agricultural sustainability. *Hist Cienc Saude Manguinhos*. Jul-Oct 2000; 7(2): 481-491.
20. Zdunczyk Z. In vivo experiments on the safety evaluation of GM components of feeds and foods. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 2001; 10(Supplement 1): 195-210.
21. Zolla L, Rinalducci S, Antonioli P, Righetti PG. Proteomics as a complementary tool for identifying unintended side effects occurring in transgenic maize seeds as a result of genetic modifications. *J Proteome Res*. May 2008; 7(5): 1850-1861.
22. Lappé M, Bailey B, Childress C, Setchell KDR. Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified herbicide-tolerant soybean. *Journal of Medicinal Food*. 1999; 1: 241–245.
23. Shewmaker C, Sheehy JA, Daley M, Colburn S, Ke DY. Seed-specific overexpression of phytoene synthase: Increase in carotenoids and other metabolic effects. *Plant J*. 1999; 20(4): 401–412X.
24. Jiao Z, Si XX, Li GK, Zhang ZM, Xu XP. Unintended compositional changes in transgenic rice seeds (*Oryza sativa* L.) studied by spectral and chromatographic analysis coupled with chemometrics methods. *J Agric Food Chem*. Feb 10 2010; 58(3): 1746-1754.
25. Zhou J, Ma C, Xu H, et al. Metabolic profiling of transgenic rice with cryIAC and sck genes: an evaluation of unintended effects at metabolic level by using GC-FID and GC-MS. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*. 15 Mar 2009; 877(8-9): 725-732.
26. US Department of Agriculture. Frequently asked questions about biotechnology. 2010. <http://1.usa.gov/hVIRYq>
27. Vidal J. WikiLeaks: US targets EU over GM crops. *The Guardian*. January 3 2011. <http://www.guardian.co.uk/world/2011/jan/03/wikileaks-us-eu-gm-crops>
28. Euractiv.com. US lobbied EU to back GM crops: WikiLeaks. 4 January 2011. <http://www.euractiv.com/global-europe/us-lobbied-eu-back-gm-crops-wikileaks-news-500960>
29. EINNEWS. Wikileaks document pushes genetically modified food for African countries. 1 December 2010. <http://www.einnews.com/pr-news/248883-wikileaks-document-pushes-genetically-modified-food-for-african-countries>

30. Laskawy T. Wikileaks: State Dept wants intel on African acceptance of GMOs. GRIST. 29 November 2010. <http://www.grist.org/article/2010-11-29-wikileaks-state-dept-wants-intel-on-african-acceptance-of-gmos>
31. Domingo JL. Health risks of GM foods: Many opinions but few data. *Science*. 2000; 288(5472): 1748–1749.
32. Michaels D. *Doubt is Their Product: How Industry's Assault on Science Threatens Your Health*: Oxford University Press; 2008.
33. Lexchin J, Bero LA, Djulbegovic B, Clark O. Pharmaceutical industry sponsorship and research outcome and quality: systematic review. *British Medical Journal*. 2003; 326: 1167.
34. Lexchin J. Those who have the gold make the evidence: How the pharmaceutical industry biases the outcomes of clinical trials of medications. *Sci Eng Ethics*. Feb 15 2011.
35. Huss A, Egger M, Hug K, Huweiler-Müntener K, Röösl M. Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: Systematic review of experimental studies. *Environmental Health Perspectives*. January 2007; 115: 1–4.
36. Diels J, Cunha M, Manaia C, Sabugosa-Madeira B, Silva M. Association of financial or professional conflict of interest to research outcomes on health risks or nutritional assessment studies of genetically modified products. *Food Policy*. 2011; 36: 197–203.
37. Domingo JL, Bordonaba JG. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environ Int*. Feb 4 2011; 37: 734–742.
38. Séralini GE, Cellier D, Spiroux de Vendomois J. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. May 2007; 52(4): 596–602.
39. CRIIGEN. Revelations on the toxicity of GMOs – CRIIGEN reveals serious anomalies observed in rats fed on GMOs. 2005. http://www.criigen.org/SiteEn/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=87
40. Dalli J. GMOs: Towards a better, more informed decision-making process. 17 March 2011. <http://bit.ly/zj8BZu>
41. Waltz E. Under wraps – Are the crop industry's strong-arm tactics and close-fisted attitude to sharing seeds holding back independent research and undermining public acceptance of transgenic crops? *Nature Biotechnology*. October 2009; 27(10): 880–882.
42. Kok EJ, Kuiper HA. Comparative safety assessment for biotech crops. *Trends in Biotechnology*. 2003; 21: 439–444.
43. European Food Safety Authority (EFSA). Annual declaration of interests – Esther Kok. 3 August 2010. <https://doi.efsa.europa.eu/doi/doiweb/wg/71722>
44. Then C, Bauer-Panskus A. European Food Safety Authority: A playing field for the biotech industry. *TestBiotech*. 1 December 2010. www.testbiotech.de/sites/default/files/EFSA_Playing_Field_of_ILSI.pdf

45. International Life Sciences Institute (ILSI). Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology, prepared by a Task Force of the ILSI International Food Biotechnology Committee. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2004; 3: 38–104.
46. European Food Safety Authority (EFSA) GMO Panel. Guidance on the environmental risk assessment of genetically modified plants. *EFSA Journal*. 2010; 8(11): 1879–1990.
47. European Food Safety Authority (EFSA). Guidance on the risk assessment of food and feed from genetically modified animals and on animal health and welfare aspects. *EFSA Journal*. 2012; 10(1): 2501. [2543 pp.].
48. European Food Safety Authority (EFSA) GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials. Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: The role of animal feeding trials. *Food Chem Toxicol*. Mar 2008; 46 Suppl 1: S2-70.
49. European Commission. Commission implementing regulation (EU) No.... on applications for authorisation of genetically modified food and feed in accordance with Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council and amending Regulations (EC) No 641/2004 and (EC) No 1981/2006. 2012.
50. Padgett SR, Taylor NB, Nida DL, et al. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *J Nutr*. Mar 1996; 126(3): 702-716.
51. Taylor NB, Fuchs RL, MacDonald J, Shariff AR, Padgett SR. Compositional analysis of glyphosate-tolerant soybeans treated with glyphosate. *J Agric Food Chem*. Oct 1999; 47(10): 4469-4473.
52. Hilbeck A, Meier M, Römbke J, Jänsch S, Teichmann H, Tappeser B. Environmental risk assessment of genetically modified plants - concepts and controversies. *Environmental Sciences Europe*. 2011; 23(13).
53. International Life Sciences Institute (ILSI). ILSI Crop Composition Database: Version 42011. <http://www.cropcomposition.org/query/index.html>
54. European Food Safety Authority (EFSA). Guidance on the submission of applications for authorisation of genetically modified food and feed and genetically modified plants for food or feed uses under Regulation (EC) No 1829/2003. *EFSA Journal*. 2011; 9(7): 1–27.
55. Royal Society of Canada. Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. An Expert Panel Report on the Future of Food Biotechnology. 2001. http://www.rsc.ca//files/publications/expert_panels/foodbiotechnology/GMreportEN.pdf
56. European Parliament and Council. Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council of 12 March 2001 on the deliberate release into the environment of genetically modified organisms and repealing Council Directive 90/220/EEC. *Official Journal of the European Communities*. 17 April 2001: 1–38.

57. European Parliament and Council. Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on genetically modified food and feed. Official Journal of the European Union. 18 October 2003; 268: 1–23.
58. European Food Safety Authority Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). Guidance document on selection of comparators for the risk assessment of GM plants. EFSA Journal. 2011; 9(5): 2149.
59. Swanby H. Ongoing concerns about harmonisation of biosafety regulations in Africa. Melville, South Africa. African Centre for Biosafety. November 2009. http://www.biosafety-info.net/file_dir/2484217664b02137ac5049.pdf
60. Ministry of environment and forests I. Genetic Engineering Approval Committee (GEAC) and Cartagena Protocol on Biosafety (CPB). 2010. <http://moef.nic.in/divisions/cs/GEAC.htm> Accessed 18 April, 2012
61. Mudur GS. Experts admit GM brinjal report fault. The Telegraph (India). 26 September 2010. http://www.telegraphindia.com/1100927/jsp/nation/story_12986605.jsp
62. Scientific American. Do seed companies control GM crop research? 13 August 2009. <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=do-seed-companies-control-gm-crop-research>
63. Lotter D. The genetic engineering of food and the failure of science – Part 1: The development of a flawed enterprise. Int Jrnl of Soc of Agr & Food. 2007; 16(1): 31–49.
64. Lotter D. The genetic engineering of food and the failure of science – Part 2: Academic capitalism and the loss of scientific integrity. Int Jrnl of Soc of Agr & Food. 2008; 16(1): 50–68.
65. Waltz E. Battlefield. Nature. 3 September 2009; 461(7260): 27–32.
66. Pollack A. Crop scientists say biotechnology seed companies are thwarting research. New York Times. 20 February 2009. <http://www.nytimes.com/2009/02/20/business/20crop.html>
67. Waltz E. Monsanto relaxes restrictions on sharing seeds for research. Nature Biotechnology. October 13 2010; 28: 996.
68. GM Free Cymru. Independent GM researcher wins court victory for defamation [press release]. 19 January 2011. <http://www.gmwatch.org/latest-listing/1-news-items/1281>
69. Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, et al. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. Proc Natl Acad Sci U S A. Oct 9 2007; 104(41): 16204–16208.
70. Miller HI, Morandini P, Ammann K. Is biotechnology a victim of anti-science bias in scientific journals? Trends Biotechnol. 2008; 26(3): 122–125.
71. Schmidt JE, Braun CU, Whitehouse LP, Hilbeck A. Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. Arch Environ Contam Toxicol. Feb 2009; 56(2): 221–228.

72. Rauschen S. A case of “pseudo science”? A study claiming effects of the Cry1Ab protein on larvae of the two-spotted ladybird is reminiscent of the case of the green lacewing. *Transgenic Res.* Feb 2010; 19(1): 13-16.
73. Ricroch A, Berge JB, Kuntz M. Is the German suspension of MON810 maize cultivation scientifically justified? *Transgenic Res.* Feb 2010; 19(1): 1-12.
74. Alvarez-Alfageme F. Laboratory toxicity studies demonstrating no adverse effects of Cry1Ab and Cry3Bb1 to larvae of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the importance of study design. *Transgenic Research.* June 2011; 20(3): 467-479.
75. Hilbeck A, McMillan JM, Meier M, Humbel A, Schlaepfer-Miller J, Trtikova M. A controversy re-visited: Is the coccinellid *Adalia bipunctata* adversely affected by Bt toxins? *Environmental Sciences Europe.* 15 February 2012; 24(10).
76. Hilbeck A, Meier M, Trtikova M. Underlying reasons of the controversy over adverse effects of Bt toxins on lady beetle and lacewing larvae. *Environmental Sciences Europe.* 15 February 2012; 24(9).
77. Rowell A. Don't Worry, It's Safe to Eat. London, UK: Earthscan Ltd; 2003.
78. Pusztai A. Home page. 2003. <http://www.freenetpages.co.uk/hp/a.pusztai/> Accessed 17 April, 2012
79. GM-FREE magazine. Why I cannot remain silent: Interview with Dr Arpad Pusztai. August/September 1999; 1(3).
80. Powerbase. Arpad Pusztai. 2009. http://www.powerbase.info/index.php/Arpad_Pusztai Accessed 17 April, 2012
81. Verhaag B. Scientists Under Attack [Film]. *mercurymedia2009.* <http://www.scientistsunderattack.com/>
82. Ewen SW, Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet.* Oct 16 1999; 354(9187): 1353-1354.
83. Higgins TJ. “Disturbing” GM findings were not based on sound science. *Canberra Times.* 4 June 2005. <http://www.gmwatch.org/latest-listing/1-news-items/3781>
84. Pusztai A, Grant G, Bardocz S, et al. Expression of the insecticidal bean α -amylase inhibitor transgene has minimal detrimental effect on the nutritional value of peas fed to rats at 30% of the diet. *Journal of Nutrition.* 1999; 129: 1597–1603.
85. Quist D, Chapela IH. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature.* 29 November 2001; 414(6863): 541-543.
86. BBC Radio 4. Seeds of trouble. 7 January 2002.
87. BBC Newsnight. Row over GM crops – Mexican scientist tells Newsnight he was threatened because he wanted to tell the tTruth. 7 June 2002.
88. Mann C. Has GM Corn “Invaded” Mexico? *Science.* 1 March 2002; 295: 1617.
89. Kinderlerer J. Regarding AgBioView: Chapela and Mexican corn, China, New Zealand support up, Lomborg, Peanut map. *AgBioView listserv: AgBioView;* 2001.
90. Monbiot G. The fake persuaders. *The Guardian (UK).* 14 May 2002. <http://www.monbiot.com/archives/2002/05/14/the-fake-persuaders/>
91. Dalton RL. Transgenic Corn Found Growing in Mexico. *Nature.* 27 September 2001; 413: 337.

Capítulo 3

Riesgos para la salud planteados por los alimentos transgénicos

Un vistazo al capítulo

- Estudios científicos revisados por pares han encontrado efectos dañinos en la salud producidos en animales de laboratorio y en ganado alimentados con transgénicos. Los impactos incluyen efectos tóxicos y alergénicos y valor nutricional alterado.
- La mayor parte de los estudios de alimentación animal con transgénicos sólo son de corto o mediano plazo. Lo que se necesita son estudios con transgénicos, de largo plazo y de carácter multi-generacional, para ver si los preocupantes cambios informados generalmente en los estudios de corto y mediano plazo, se convierten en enfermedades graves. Los organismos de gobierno encargados de regular los transgénicos no solicitan ese tipo de estudios.
- La industria y los reguladores no toman en consideración los hallazgos de daño en los experimentos en alimentación de animales con transgénicos, argumentando que no son “biológicamente significativos” o que “no tienen relevancia biológica”, términos que no han sido adecuadamente definidos.
- No existen en el mercado alimentos transgénicos fortificados nutricionalmente. Por el contrario, la reproducción convencional de plantas ha producido muchos alimentos fortificados.
- Cifras millonarias de fondos para el desarrollo se han gastado en el Arroz Dorado, un alimento transgénico “hiper” fortificado nutricionalmente, cuyo objetivo es combatir la falta de vitamina A, sin embargo aún no está listo para el mercado. Mientras tanto, hay disponibles soluciones ya comprobadas y baratas para combatir la falta de vitamina A y lo único que se necesita son recursos apropiados para aplicarlas en forma más extendida.
- El mejoramiento convencional de plantas (por selección de semillas e hibridez) ha producido muchos alimentos biofortificados en forma exitosa y segura.

3.1 Mito: Comer alimentos transgénicos es seguro.

Verdad: Los estudios muestran que los alimentos transgénicos pueden ser tóxicos o alérgenos.

“La mayor parte de los estudios realizados con alimentos transgénicos indican que pueden causar efectos hepáticos, en el páncreas, en los riñones y el sistema reproductivo y pueden alterar parámetros hematológicos (en la sangre), bioquímicos e inmunológicos. Se requieren estudios de toxicidad crónica para determinar la importancia de esos efectos.”

– Dona A, Arvanitoyannis IS. *Health risks of genetically modified foods.* *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2009; 49: 164–175 (1)1

Hay tres posibles fuentes de efectos desfavorables de los alimentos transgénicos:

- El producto que contiene el transgen - por ejemplo la toxina Bt de los cultivos insecticidas GM- puede ser tóxico o generar alergias.
- El proceso de transformación involucrado en la manipulación genética puede producir efectos mutagénicos, efectos en la regulación de los genes, o efectos en otros niveles de la estructura biológica y la función, que den como resultado nuevas toxinas o alérgenos y/o una alteración en el valor nutricional.
- Los cambios en las prácticas agrícolas ligadas al uso de un cultivo transgénico (GM) pueden generar residuos tóxicos. Por ejemplo, el uso de cultivos GM con la característica de tolerancia al herbicida Roundup (Roundup Ready®) tendrá como resultado inevitable la generación de mayores niveles de contaminación del cultivo con ese herbicida (ver Capítulos 4, 5).

La evidencia presentada más adelante y en los capítulos 4 y 5 sugiere que los problemas están surgiendo de tres fuentes. Ello permite cuestionar las afirmaciones de los proponentes de cultivos GMs respecto a que los alimentos GM son tan seguros como sus contrapartes no-transgénicas.

3.1.1 Estudios de alimentación de animales de laboratorio y del campo

Los estudios de alimentación de animales de laboratorio y del campo muestran que los alimentos transgénicos pueden ser tóxicos o alérgicos:

- Ratas alimentadas con tomates transgénicos desarrollaron lesiones estomacales (ampollas o úlceras) (2,3).
- Ratones alimentados con arvejas transgénicas (que no se comercializaron posteriormente) manipuladas con la inserción de una proteína insecticida de los porotos (inhibidora de alfa-amilasa) mostraron una reacción inmune fuerte y sostenida contra la proteína GM. Los ratones desarrollaron anticuerpos contra la proteína GM y una respuesta de inflamación tipo alergia (reacción de hipersensibilidad demorada). Además, los ratones alimentados con arvejas transgénicas desarrollaron una reacción inmune a la proteína de la clara de huevo de pollo. Los ratones no mostraron reacciones inmunológicas o de inflamación de tipo alérgica ni hacia los porotos no transgénicos que contienen en forma natural la proteína insecticida, ni a la proteína de la clara del huevo alimentada con la proteína natural de los porotos, ni a la proteína de la clara de huevo alimentada por sí misma. Los hallazgos mostraron que la proteína insecticida actuaba como un generador de sensibilidad, haciendo a los ratones proclives a desarrollar reacciones inmune y alergias a alimentos a los cuales normalmente no son alérgicos. Esto se denomina detonador de cruce inmunológico. El hecho de que los porotos que contienen en forma natural la proteína insecticida no causaron los efectos vistos con las arvejas que expresaban la proteína transgénica, indicaba que la respuesta del sistema inmune de los ratones a las arvejas GM fue causada por cambios en las arvejas, generados por el proceso de manipulación genética. Dicho de otra forma, la proteína insecticida fue alterada por el proceso de manipulación genética de manera que se comportó diferente en las arvejas GM, en comparación con su forma natural en los porotos no GM; y la proteína alterada de las arvejas GM estimuló una respuesta inmune fuerte en los ratones (4).

- Los ratones alimentados con soya transgénica mostraron función alterada del hígado, páncreas y testículos. Los investigadores encontraron núcleos y nucleolos de célula de conformación anormal en las células del hígado, lo que indica metabolismo aumentado y modelos potencialmente alterados de expresión del gen (5, 6, 7).
- Los ratones alimentados con soya transgénica durante toda su vida (24 meses) mostraron más signos agudos de envejecimiento del hígado que el grupo de control alimentado con soya no GM (8).
- Conejos alimentados con soya transgénica mostraron alteraciones de la función de la enzima en riñón y corazón (9).
- Ratas hembras alimentadas con soya transgénica mostraron cambios en el útero y ovario comparados con los controles alimentados con soya orgánica no GM o con una dieta sin soya. Algunos efectos de enfermedad se encontraron tanto con la soya orgánica como la GM, mostrando que es necesario desarrollar más investigación sobre los efectos en la salud reproductiva de las dietas basadas en soya (tanto GM como no GM) (10).
- Una revisión de 19 estudios (incluyendo los propios estudios de la industria sometidos a los reguladores en apoyo a sus postulaciones para comercializar cultivos GM) sobre mamíferos alimentados con soya GM comercializada y maíz que están ya en nuestro alimento y la cadena alimentaria, encontró efectos tóxicos consistentes en el hígado y riñones. Esos efectos pueden ser marcadores del comienzo de enfermedad crónica, pero para evaluar esto de forma más completa se requerirían estudios de largo plazo, en contraste con estos estudios reportados que son de corto y mediano plazo. Desafortunadamente esos experimentos de largo plazo de alimentación con transgénicos no son requeridos por los reguladores en ninguna parte del mundo (11).
- Ratas alimentadas con maíz Bt 863 crecieron más lentamente y mostraron niveles más altos de ciertas grasas (triglicéridos) en su sangre que las ratas alimentadas con la dieta control. Ellas también sufrieron problemas en la función del hígado y riñones. Los autores afirmaron que no se podía concluir que el maíz MON 863 es seguro

y que se necesitaban estudios de largo plazo para investigar las consecuencias de esos efectos (12).

- Tres generaciones de ratas alimentadas con maíz Bt sufrieron daño al hígado y riñones y alteraciones en la bioquímica de su sangre (13).
- Un segundo análisis (reanálisis) de la estadística del experimento de alimentación de ratas llevado a cabo por el propio Monsanto para obtener la aprobación en Europa de tres variedades de maíz GM Bt -MON 863, Mon 810 y NK603 - concluyó que las variedades de maíz tenían efectos tóxicos en hígado y riñones. Los autores del nuevo análisis afirmaron que aunque los hallazgos pueden haberse debido a los plaguicidas específicos para cada variedad, no se podía excluir como causa la manipulación genética (14). Los datos de la investigación sugieren que la aprobación de estas variedades de maíz transgénico debería ser retirada porque no son sustancialmente equivalentes al maíz no GM y son tóxicas.
- Ratones adultos y crías alimentadas con maíz transgénico Bt mostraron una notable alteración en las células del sistema inmunológico y en la actividad bioquímica (15).
- Ratas alimentadas con maíz transgénico MON 810 mostraron claros signos de toxicidad, que afectaron el sistema inmunológico, el hígado y riñones (14,15).
- Tres generaciones de ovejas hembras alimentadas con maíz transgénico Bt mostraron alteraciones en el funcionamiento de sistema digestivo, mientras que sus corderos mostraron cambios celulares en el hígado y páncreas (16).
- Se encontró ADN de maíz Bt transgénico que sobrevivió al procesamiento y fue detectado en el tracto digestivo de ovejas. Esto hace surgir la posibilidad de que el gen de resistencia al antibiótico del maíz se podría haber deslizado a las bacterias del intestino, lo que sería un ejemplo de contaminación transgénica horizontal (17). En este caso la contaminación horizontal de genes podría producir una enfermedad resistente al antibiótico, generando bacterias (superbacterias) en el intestino.

- Ratas alimentadas con semillas de raps transgénico desarrollaron hígados de mayor tamaño, lo que a menudo es signo de toxicidad (18).
- Ratas alimentadas con papas transgénicas mostraron excesivo crecimiento de la pared del intestino en forma similar a una condición precancerosa, y reacciones tóxicas en diversos sistemas de órganos (19, 20).
- Ratones alimentados con una dieta de papas transgénicas Bt o con papas no GM perforadas con proteínas Bt natural aislada de bacterias, mostraron anomalías en las células y estructuras del intestino delgado, comparado con un grupo de control de ratas alimentadas con papas no GM. Las anomalías eran más notorias en el grupo alimentado con toxina Bt. Este estudio muestra no sólo que las papas GM Bt podrían causar daño moderado a los intestinos, sino que igualmente la proteína de la toxina Bt no se descompone sin daño en la digestión, como proclaman los proponentes de cultivos transgénicos, sino sobrevive en una forma funcionalmente activa en el intestino delgado y puede causar daño a ese órgano (21).
- Ratas alimentadas con arroz transgénico durante 90 días tenían una más alta ingesta de agua en comparación con el grupo de control de la línea de arroz isogénica no GM. Las ratas alimentadas con arroz GM mostraban diferencias en la composición bioquímica de la sangre, la respuesta inmune y las bacterias intestinales. El peso de los órganos de las ratas hembras alimentadas con arroz GM era diferente del de aquellas alimentadas con arroz no GM. Los autores afirman que ninguna de las diferencias era “desfavorable” pero no definieron qué querían decir al usar el término “desfavorable”. Incluso si lo hubieran definido, la única manera de saber si esos cambios eran desfavorables era extender la duración del estudio, lo cual no se hizo. Los autores concedieron que el estudio “no nos permitió llegar a una conclusión sobre la seguridad de los alimentos GM” (22).
- Ratas alimentadas con arroz transgénico desarrollaron importantes diferencias en comparación con ratas alimentadas con una línea de arroz isogénico no GM. Estas diferencias incluyeron diferencias

en las poblaciones de bacterias del intestino. El grupo que se alimentó con transgénicos tenía un 23% más de niveles de bacterias coliformes. Había diferencias en los pesos de órganos entre los dos grupos, en las suprarrenales, testículos y útero. Los autores concluyeron que los hallazgos se debían muy probablemente a “cambios no deseados introducidos en el arroz GM y no provenían de la toxicidad de la toxina Bt” en su forma natural y no GM (23).

- Un estudio de ratas alimentadas con arroz transgénico Bt encontró una respuesta específica al Bt en el grupo de control no GM y también en los grupos alimentados con GMs. Los investigadores concluyeron que la respuesta del sistema inmune en los animales de control era debido a su inhalación de las partículas del alimento espolvoreado con toxina Bt consumido por el grupo alimentado con GM. Los investigadores recomendaron que para futuras pruebas que involucraran a cultivos Bt, se debería mantener separados a los grupos alimentados con GM y los grupos de control (24). Esto indica que los animales pueden ser extremadamente sensibles a muy pequeñas cantidades de proteína GM, de manera que aún pequeños niveles de contaminación de cultivos convencionales con GMs podrían ser dañinos para la salud.

En estos estudios, un alimento transgénico fue proporcionado a un grupo de animales y su contraparte No GM fue entregada a un grupo de control. Los estudios concluyeron que los alimentos GM eran más tóxicos o alergénicos que sus contrapartes no GMs.

3.1.2. El enmascaramiento de la importancia de una estadística por la vía del concepto de “relevancia biológica”.

Los hallazgos de estudios como los descritos anteriormente han hecho crecientemente difícil para los proponentes de cultivos GM seguir proclamando que no hay diferencias entre los efectos de alimentos transgénicos y sus contrapartes NO GM, porque claramente las hay.

Con el fin de dejar de lado este problema, la industria de los transgénicos y sus aliados ha dado vuelta este argumento, para proclamar que aquellos efectos estadísticamente importantes, tales como los ha-

llados en los estudios ya mencionados, no son “biológicamente relevantes”.

El concepto de relevancia biológica fue inicialmente promovido por un grupo financiado por la industria y sus afiliados, el *International Life Sciences Institute* (ILSI), para dar argumentos contra las restricciones regulatorias sobre sustancias químicas tóxicas (25). Pero en forma creciente, se ha extendido al campo de los cultivos y alimentos transgénicos (26). La relevancia biológica ofrece un camino por el cual los proponentes de cultivos GM pueden admitir que los animales de experimentación en alimentos con una dieta transgénica pueden generar efectos visibles estadísticamente significativos, pero al mismo tiempo ellos pueden argumentar que esos efectos no son importantes.

Sin embargo este argumento es científicamente indefendible. La relevancia biológica con respecto a cambios producidos por alimentos transgénicos nunca ha sido definida adecuadamente, ya sea en forma científica o legal. La mayor parte de los experimentos en alimentación con cultivos transgénicos, incluidos aquellos llevados adelante por la industria para apoyar sus postulaciones a la comercialización de cultivos GM, no son de largo plazo sino de mediano plazo, por solo 30 a 90 días y por eso no se puede evaluar en forma completa la seguridad de los transgénicos.

Para determinar si los cambios observados en estos estudios de mediano plazo son biológicamente relevantes, los investigadores tendrían que:

- Definir con anticipación el significado de “relevancia biológica” con respecto a los efectos encontrados a partir de la alimentación con cultivos transgénicos.
- Extender el diseño del estudio actual de un mediano plazo a un estudio de largo plazo. En caso de estudios con roedores, esto sería de dos años, que es la duración aproximada de su tiempo de vida.
- Examinar los animales detenidamente para ver cómo los cambios que se encontraron en los estudios de 90 días continuaron, por ejemplo, o si desaparecieron o se convirtieron en enfermedad o muerte prematura.

- Analizar la relevancia biológica de los cambios a la luz de la definición del término hecha por el investigador.
- Llevar adelante estudios reproductivos y multi-generacionales adicionales, para determinar los efectos en la fertilidad y las futuras generaciones.

Como no se siguieron esos pasos en los casos en los cuales se desechó los efectos importantes estadísticamente, catalogándolos como “no biológicamente relevantes”, no tienen base las afirmaciones sobre la seguridad de los alimentos transgénicos derivadas de esta línea de argumentación.

Paralelamente a la “relevancia biológica”, hay una tendencia creciente a proclamar que los efectos estadísticamente significativos encontrados en la alimentación de animales de laboratorio con alimentos transgénicos, no generan resultados “desfavorables” (27). Sin embargo el término “desfavorable” no se define y los experimentos no se prolongan para chequear si los cambios son los primeros signos de una enfermedad. Así que nuevamente, el término no tiene significado técnicamente.

Concluimos que los proponentes de cultivos GM y las instancias regulatorias deberían dejar de ocultar por la vía del uso de conceptos escasamente definidos y científicamente indefendibles, los hallazgos de efectos de los cultivos GM importantes estadísticamente.

3.1.3. De cómo el mal uso de la “relevancia biológica” pone en riesgo la salud pública: el estudio del maíz transgénico de Monsanto.

En 2007 un equipo liderado por el académico Gilles-Eric Séralini del Centro de Investigación independiente Instituto CRIIGEN de Francia publicó un nuevo análisis de un estudio de alimentación de ratas llevado a cabo por Monsanto con una de sus variedades de maíz transgénico.

El maíz, llamado MON863, fue aprobado para alimentación y forraje en Europa en 2005-2006 (28). El maíz fue aprobado en parte sobre la base del estudio de Monsanto, el cual sin embargo no podía ser

revisado por científicos independientes y el público porque la información específica permaneció oculta sobre la base de proteger el secreto comercial. Sólo después que una demanda judicial en Alemania obligó a Monsanto a revelar su información, fue posible para Séralini y su equipo llevar adelante su análisis (12).

El equipo de Séralini encontró que según los propios datos de Monsanto, las ratas alimentadas con maíz GM por un período de 90 días presentaban signos de toxicidad en el hígado y riñones. También las ratas alimentadas con maíz GM tenían diferencias en peso estadísticamente importantes respecto de aquellas del grupo de control alimentada con maíz no GM. Las hembras alimentadas con maíz GM tenían más altas concentraciones de algunas grasas en su sangre, y la eliminación de algunos minerales estaba alterada en los machos alimentados con maíz GM (12).

Sin embargo, todos los efectos importantes estadísticamente encontrados en el estudio de Monsanto fueron dejados de lado por la autoridad sanitaria europea EFSA en su evaluación favorable de la seguridad del maíz. Ellos proclamaron que los efectos estadísticamente significativos no eran “biológicamente significativos” (29,30). EFSA y los proponentes de GM citaron diferencias en respuesta a la alimentación con transgénicos entre machos y hembras, sosteniendo que los efectos tóxicos deberían ser iguales en ambos grupos (11, 31, 32, 33). Sin embargo esto es científicamente indefendible ya que se sabe que las toxinas que tienen propiedades alteradoras del funcionamiento hormonal tienen diferentes efectos en machos y hembras (34,35).

En una revisión de la literatura científica que evalúa la seguridad de los cultivos transgénicos publicada en 2011, Séralini formuló observaciones sobre la peligrosa tendencia de dejar de lado los efectos estadísticamente importantes por la vía de proclamar falta de relevancia biológica. “La data que indica que no hay importancia biológica de los efectos estadísticos en comparación a los controles, ha sido publicada la mayor parte de las veces por compañías productoras de cultivos transgénicos desde 2004 en adelante, y al menos 10 años después de que los primeros transgénicos se comercializaron en el mundo”. Séra-

lini consideró esta tendencia un problema que mueve a “grave preocupación” (11).

Después de años de fuerte crítica de la táctica de la “relevancia biológica” por científicos independientes y un miembro del Parlamento europeo (36, 11, 37), a fines de 2011 EFSA publicó un documento de Opinión sobre la relación entre importancia estadística y relevancia biológica (38). Pero la Opinión de EFSA no logró dar una definición científica o legal rigurosa de lo que hace que un hallazgo estadísticamente importante no sea “biológicamente relevante”. En cambio, permitió a la industria llegar a su propia conclusión sobre si los cambios hallados en un experimento son “importantes”, “significativos” o “pueden tener consecuencias para la salud humana”. Estos son conceptos vagos para los cuales no hay indicadores medibles o que puedan ser verificados en forma objetiva. Por tanto son materia de opinión, no de la ciencia.

Más aun, la falta de una definición clara de relevancia biológica significa que los reguladores no tienen una base adecuada científica o legal para estar en desacuerdo con la afirmación de la industria de que un hallazgo estadísticamente importante no es biológicamente relevante. Esto, en efecto, hace que sea imposible regular los transgénicos.

Las conclusiones de la Opinión de EFSA no son sorprendentes, dado que entre sus autores hay varios que pertenecen al grupo financiado por la industria, entre ellos Harry Kuiper (39) que también es presidente del panel sobre OGMs de EFSA; Josef Schlatter y Susan Barlow (40). Como ILSI es financiada por las compañías productoras de cultivos transgénicos, permitir que los empleados de ILSI escriban recomendaciones científicas sobre cómo evaluar la seguridad de los alimentos transgénicos y los cultivos GM es como dejar que un estudiante diseñe su propio examen, o dejar que los científicos revisen sus propios *papers* sometidos a publicación.

3.1.4 Enmascarar la importancia estadística por la vía del concepto de “variación normal”.

Los estudios a menudo encuentran diferencias importantes estadísticamente en la composición de alimentos transgénicos comparados con sus contrapartes NO GM isogénicas o cercanas a la isogenia (isogenia significa genéticamente idéntica exceptuando un gen de interés, en este caso el gen modificado genéticamente). Los estudios también encuentran diferencias estadísticamente significativas en animales alimentados con una variedad de cultivo GM al compararlas con animales alimentados con variedades isogénicas o cercanas a la isogenia. Sin embargo, los proponentes de cultivos GM en forma constante desechan estas diferencias estadísticamente significativas del experimento que se está examinando, proclamando que esas diferencias están dentro del “rango de variación normal” o “dentro del rango de una variación biológica.”

Esta táctica se usó en una revisión de estudios de alimentación de animales con alimentos GM (la revisión incluyó muchos de los estudios resumidos en este informe). A pesar de las diferencias significativas encontradas en los animales alimentados con transgénicos, los autores de la revisión usaron el concepto de variación normal para argumentar que las plantas transgénicas “son equivalentes nutricionalmente a sus contrapartes no GM y pueden ser usadas en forma segura como alimentación y forraje.” (26).

Sin embargo, esto no tiene justificación científica. Los proponentes de cultivos GM definen el “rango normal de variación” recolectando valores de muchos estudios diferentes llevados adelante con una amplio rango de datos, utilizando diferentes condiciones experimentales y diferentes métodos de medición. El resultado es un conjunto de números que tienen una gran variación, pero no hay justificación científica para incluir esos números en el mismo conjunto de datos. Por el contrario, hay mucha justificación para excluir la mayor parte de esos valores.

El uso de un conjunto de datos con tal injustificable rango amplio de variación, permite a los proponentes de cultivos GM esconder las

diferencias reales y significativas entre el cultivo transgénico de interés y los controles válidos, es decir la variedad isogénica o cercana a la isogenia. Esto es un intento de minimizar estadísticamente las diferencias significativas surgidas en el proceso de manipulación genética, ampliando de forma artificial el rango de valores a comparar más allá de lo que se puede justificar en forma científica. Esta práctica va en contra el objetivo de los experimentos científicos, que están diseñados para minimizar las variables. De acuerdo a la práctica científica rigurosa, en un solo experimento, el científico manipula sólo una variable para probar su efecto. De esta manera, cualquier cambio o cambios que se observan pueden ser rastreados hacia una sola causa probable.

En una experimentación de alimentación animal con transgénicos, la variable manipulada es el transgénico. Un grupo de animales, el grupo “tratado” es alimentado con una dieta que contiene el transgénico. Otro grupo, el grupo de control, es alimentado con una dieta similar, con la sola diferencia de que el alimento no ha sido sometido a manipulación genética. Todas las condiciones del experimento, fuera del componente transgénico de la dieta del grupo tratado, deben ser iguales. Dentro de este escenario estrechamente controlado, cualquier cambio o cambios que se vean en el grupo tratado se deben al proceso de manipulación genética.

Por eso, en cualquier experimento para descubrir los efectos de un transgénico en un experimento de alimentación animal, el único punto de comparación válido es el grupo de control dentro del mismo experimento (el control concurrente). Al comparar el grupo tratado con una amplia variedad de grupos de control de otros experimentos (a veces llamados “datos de control histórico”), los proponentes de transgénicos están enmascarando los efectos del proceso de GM o de la dieta GM, ya que cualquiera de los cambios relacionados con los transgénicos desaparecerá en el “ruido” de los cambios causados por muchas variables.

3.1.5. Actualmente los reguladores no requieren pruebas de largo plazo con OGMs.

Para detectar efectos en la salud causados a lo largo del tiempo en seres humanos que comen alimentos transgénicos, se requieren experimentos de alimentación de animales en el largo plazo (crónicos). Pero actualmente en ninguna parte del mundo las autoridades regulatorias requieren pruebas de largo plazo de cultivos o alimentos transgénicos. Tampoco se requieren pruebas reproductivas y multigeneracionales, que se necesitan para descubrir los efectos de los cultivos o alimentos GM en la fertilidad y las futuras generaciones (11).

Esto marca un contraste con los requerimientos fijados para plaguicidas o medicamentos, que son mucho más exigentes. Antes que se apruebe un plaguicida o un medicamento para su uso, debe pasar uno o dos años de pruebas de reproducción en mamíferos (12).

Las pruebas más largas que se hacen en forma rutinaria en alimentos transgénicos para evaluaciones regulatorias son de 90 días en pruebas de alimentación con roedores, e incluso estas no son obligatorias (11). Aunque un borrador de la Unión Europea del año 2012 requiere esas pruebas actualmente, su redacción es débil y preanuncia que más adelante no se requerirán (41). Además, no se ha especificado qué tipo de hallazgos gatillarían un requerimiento regulatorio para ese tipo de pruebas (42).

Esos experimentos de 90 días con roedores son pruebas de mediano plazo (subcrónicas) que corresponden a sólo unos pocos años en términos de la expectativa de vida de un ser humano y son demasiado cortos para mostrar efectos de largo plazo tales como daño a un órgano o cáncer (43). Además, se usan demasiado pocos animales en estas pruebas de la industria como para detectar en forma confiable efectos dañinos.

A pesar de estas serias deficiencias de los experimentos regulatorios, se han encontrado efectos dañinos estadísticamente significativos en sus propios experimentos de 90 días con roedores. Los efectos más comunes que se han observado son signos de toxicidad en el hígado y riñón, que son los órganos de desintoxicación más importantes y

los primeros que muestran evidencia de una enfermedad crónica (11).

Estas observaciones son interpretadas constantemente por los proponentes de cultivos GM y los reguladores como “no significativas biológicamente” o como “dentro del rango de una variación normal”, usando los argumentos espurios descritos en el capítulo 3.1.4 anteriormente.

3.1.6. Los cultivos con características apiladas son sometidos a pruebas menos rigurosas que los cultivos que tienen una sola característica.

La mayor parte de los cultivos GM que están actualmente en el mercado y en la fila de espera para su aprobación no son cultivos con una sola característica, sino cultivos con varias características apiladas. “Características apiladas” significa que se han combinado en una sola semilla varias características transgénicas. Por ejemplo, el maíz GM SmartStax tiene 8 características GM: seis de resistencia a insectos (Bt) y dos de tolerancia a diferentes herbicidas.

La industria de la biotecnología ha tenido que recurrir a desarrollar cultivos de múltiples características a raíz del fracaso de las características únicas. Por ejemplo (ver Capítulo 5):

- Los cultivos Bt han sido víctimas de plagas secundarias de insectos.
- Las plagas han desarrollado resistencia a la toxina Bt única.
- Las malezas se han vuelto crecientemente resistentes al glifosato, el herbicida al que eran tolerantes la mayor parte de los cultivos transgénicos de primera generación.

Los cultivos de características GM apiladas presentan un desafío regulatorio mayor que los de una sola característica a causa del riesgo de interacciones inesperadas entre los diferentes transgenes introducidos en el cultivo, y de las que ocurran entre los transgenes introducidos y los genes de la planta huésped. Hay también un riesgo de combinación de efectos de las toxinas producidas en la planta y/o los residuos de plaguicidas. En resumen, agregar características múltiples a un solo cultivo aumenta el riesgo de efectos dañinos colaterales no deseados.

Sin embargo, los cultivos transgénicos de características apiladas son incluso menos investigados rigurosamente en busca de posibles efectos en la salud que los cultivos de una sola característica GM. Estados Unidos no requiere pruebas toxicológicas de ningún cultivo GM, en cambio Europa actualmente requiere pruebas toxicológicas de 90 días para cultivos de una sola característica GM. Pero en el caso de los cultivos con características apiladas, la Autoridad Sanitaria de la Unión Europea, la EFSA, no requiere prueba de toxicidad del cultivo final de rasgos apilados, creyendo que puede evaluar la toxicidad del cultivo final apilado examinando los hallazgos de la industria respecto de los cultivos de una sola característica que se usaron para desarrollarlo (44).

Esta medida es extremadamente irresponsable, ya que un proceso de evaluación de ese tipo depende de una serie de presupuestos y no de pruebas científicas. Su falla es que no mira los efectos reales de la mezcla de transgenes y sus productos dentro del cultivo.

3.2 Mito: La investigación realizada en la Unión Europea muestra que los alimentos transgénicos son seguros

Verdad: La investigación realizada en la Unión Europea muestra evidencia de daño generado por los alimentos transgénicos.

Los proponentes de cultivos GM a menudo se refieren a los estudios de investigación que proclaman la seguridad de alimentos transgénicos. Sin embargo, en un examen detallado, estos mismos estudios hacen surgir serias preocupaciones de seguridad. Una táctica relacionada con ello es sostener que las autoridades sanitarias han declarado que los alimentos GM son seguros, cuando las declaraciones reales de los reguladores son equívocas o bien están basadas en información proporcionada por la industria.

El éxito de estas tácticas descansa en la probabilidad de que pocas personas van a acudir a los documentos fuentes que según ellos son la base para entregar evidencia sobre la seguridad de los alimentos transgénicos.

Un ejemplo de estas fuentes mal citadas es un grupo de 50 proyectos de investigación financiado por la Unión Europea en el tema de la seguridad de los OGMs para la salud animal y humana y para el ambiente. Los resultados de los proyectos se publicaron en 2010 por la Comisión Europea en un informe llamado “Una década de investigación en transgénicos financiada por la UE (2001-2010)”, (45).

Este informe de la UE ha sido tomado por los proponentes de GM y algunos funcionarios de la UE para jactarse de sus proclamas sobre la seguridad de los OGMs.

Hay quien dice que los reguladores de la UE han llegado a esta conclusión sobre la base de hallazgos del proyecto. Entre quienes han citado los proyectos de esta manera están:

- El grupo de lobby de la industria de los transgénicos ISAAA (46.)
- Jonathan Jones, un científico británico vinculado a Monsanto (47 48).

- Nina Federoff, ex asesora en ciencia y tecnología de la canciller Hillary Clinton (49).
- Máire Geoghegan-Quinn, Comisionado Europeo para investigación, innovación y ciencia (50).

Curiosamente, sin embargo, ISAAA, Jones y Federoff no citan ninguno de los estudios reales llevados adelante por los investigadores de la UE. Ni siquiera citan los hallazgos de las conclusiones del informe de la Comisión sobre los estudios, titulado “Una década de Investigación en Transgénicos financiada por la UE”.

En cambio, ellos toman una cita de un boletín de prensa de la Unión Europea que anuncia la publicación de su informe. El boletín de prensa cita a Maire Geoghegan-Quinn, comisionado europeo para investigación, innovación y ciencia, afirmando que los proyectos de investigación de la UE “no entregaron evidencia científica que asocie a los transgénicos con mayores riesgos para la seguridad del ambiente o la seguridad de los alimentos y el forraje, en comparación con las plantas y organismos convencionales”(50).

Pero lo que abrió el paso hacia las afirmaciones de los proponentes de GM no eran los hallazgos de los estudios, ni siquiera el informe a la comisión de estos hallazgos, sino un párrafo redactado por Geoghegan-Quinn sobre el informe. Un examen más cercano del caso muestra porqué.

Para volver a encontrar la fuente de la evidencia, examinamos en primer lugar el informe al que se refiere Geoghegan-Quinn en su cita: *Una década de Investigación en OGMs financiada por la UE*. De los 50 proyectos de investigación analizados en el informe, sólo 10 clasifican como relativos a aspectos de seguridad de los alimentos transgénicos (45).

Sin embargo, dentro de esos diez proyectos, hay en forma asombrosa poca información que pudiera ser usada como una evidencia creíble en cuanto a la seguridad o el daño de los alimentos transgénicos. Tal evidencia normalmente se compondría de estudios de alimentación de largo plazo de animales, comparados con un grupo de animales alimentados con una dieta que contiene los mismos ingredientes en for-

ma de no GM. En cambio, los estudios examinan temas como la evaluación de riesgo de los alimentos transgénicos, los métodos de prueba para presencia y cantidad de OGMs en alimento y forraje, y la actitud de los consumidores hacia los alimentos GM.

Esta información no es relevante para evaluar la seguridad de ningún alimento transgénico. En realidad, el informe deja en claro que los estudios de investigación sobre la seguridad de los alimentos no fueron diseñados para investigar eso, aunque los contribuyentes europeos tendrían derecho a preguntar por qué la Comisión gastó 200 millones de euros de dinero fiscal (45) en un proyecto de investigación que fracasó en dar respuesta a las más importantes interrogantes respecto de los alimentos transgénicos. En lugar de ello, los estudios de investigación estaban diseñados para desarrollar “enfoques de evaluación de la seguridad para los alimentos transgénicos” (45). Uno de los estudios publicados llevados adelante bajo estos proyectos confirma que el objetivo era “desarrollar metodologías científicas para evaluar la seguridad” de los cultivos transgénicos (23).

Sin embargo, se hicieron unos pocos estudios de alimentación de animales con transgénicos como parte de los proyectos de la Unión Europea. Es difícil determinar cuántos estudios se completaron, cuáles fueron los hallazgos y cuántos estudios fueron revisados por pares y fueron publicados, porque los autores del informe de la Comisión Europea no se refieren a estudios específicos para respaldar sus afirmaciones. En vez de hacerlo, ellos enumeran al azar referencias a unos pocos estudios publicados en cada capítulo del informe y dejan que sea tarea del lector adivinar qué afirmaciones se refieren a cuáles estudios.

En algunos casos no es claro si hay información publicada para respaldar las afirmaciones del informe. Por ejemplo, se afirma que un estudio de alimentación de hamsters por 90 días muestra que “la papa transgénica era tan segura como la papa no transgénica”, pero no se entrega la referencia a ningún estudio publicado o a otra fuente de la información, así que no hay forma de verificar esa información (45).

Nuestra propia investigación de estos estudios, que se verá a continuación, revela que al revés de las afirmaciones de los proponentes y

del comisionado Geoghegan-Quinn, los estudios no muestran la seguridad de los alimentos transgénicos sino al contrario entregan elementos para preocuparse.

3.2.1. Poulsen (2007) (22)

Un experimento de alimentación de ratas con arroz transgénico encontró diferencias importantes en el grupo alimentado con GM en comparación con el grupo control alimentado con arroz convencional de una variedad de arroz pariente. Las diferencias halladas incluían que el grupo alimentado con transgénicos tenía mayor cantidad de ingesta de agua, y también tenía diferencias en la composición bioquímica de la sangre, en la respuesta inmune y las bacterias del intestino. Al comentar esas diferencias, los autores dijeron “Ninguna de ellas fueron consideradas desfavorables”. Pero ellos agregaron que este estudio de 90 días “no nos permitió llegar a una conclusión sobre la seguridad de los alimentos transgénicos” (22).

En realidad, un estudio de 90 días es demasiado corto para mostrar si cualquier cambio que se encuentra es “desfavorable” (o sea si va a desarrollarse una enfermedad identificable). Sin embargo ningún equipo de reguladores requiere que los alimentos sean sometidos a experimentos que vayan más allá del período de 90 días (mediano plazo) con efecto sub-crónico.

El estudio mostró que la composición del arroz transgénico era diferente de su pariente no transgénico, a pesar del hecho de que ambos cultivos de arroz crecieron uno al lado del otro en condiciones idénticas. Esta es una clara evidencia de que el proceso de manipulación genética había alterado la estructura genética y/o la función en la variedad transgénica, haciendo que ésta fuera sustancialmente no equivalente a la variedad no transgénica.

3.2.2. Schröder (2007) (23)

Un estudio en ratas alimentadas con arroz transgénico Bt encontró diferencias significativas en el grupo de ratas alimentadas con arroz transgénico al compararlas con el grupo alimentado con la línea isogénica de arroz no transgénico. Entre los hallazgos encontrados estaban diferencias en la distribución de especies de bacterias del intestino. El grupo alimentado con transgénicos tenía niveles un 23% más alto de bacterias coliformes. También había diferencia en los pesos de los órganos entre los dos grupos, especialmente en las suprarrenales, testículos y útero. Los autores concluyeron que los “posibles hallazgos toxicológicos” de su estudio “se derivan muy probablemente de cambios no deseados introducidos en el arroz transgénico y no de la toxicidad de la toxina Bt “en su estado natural, no transgénico” (23).

El estudio encontró que la composición del arroz transgénico era diferente de la del arroz isogénico no transgénico (con el mismo antecedente genético pero sin manipulación genética) en cuanto a niveles de algunos minerales, aminoácidos y grasas totales y contenido de proteínas (23). Estas diferencias no fueron consideradas sobre la base de que estaban dentro del rango informado para todas las variedades de arroz en la literatura. Sin embargo, comparar el arroz transgénico con variedades genéticamente diferentes, y no relacionadas carece de base científica y es irrelevante. Sólo sirve para disfrazar los efectos del proceso de transgenia (ver capítulo 2: 2.1.5, 2.1.6, 2.1.7).

A pesar de este enfoque errado, el nivel de un aminoácido, la histidina, era notablemente más alto en el arroz transgénico comparado con la variedad no transgénica y estaba fuera del rango de variación de otras variedades de arroz (23). ¿Tiene importancia esto? Nadie sabe, se requiere investigación para saberlo, y no se ha hecho. Lo que se sabe es que en otros estudios en ratas, un exceso de histidina generó rápidas excreciones de zinc (51) y severa deficiencia de zinc (52).

Además, el nivel del ácido graso, el ácido esteárico, estaba bajo el valor informado en la literatura para cualquier tipo de arroz (23)

3.2.3. Kroghsbo (2008) (24)

Un estudio en ratas alimentadas con arroz transgénico Bt encontró una respuesta específica del sistema inmune al Bt en el grupo de control y también en el grupo alimentado con arroz transgénico. Este hallazgo inesperado llevó a los investigadores a concluir que la respuesta del sistema inmunológico en los animales de control debe haberse generado por las partículas de la toxina Bt en polvo que formaban parte del alimento consumido por el grupo alimentado con arroz transgénico. Los investigadores recomendaron que en futuros experimentos sobre cultivos Bt, se mantuviera en piezas separadas o con sistemas separados de manejo del aire a los grupos alimentados con Bt y los grupos de control (24).

3.2.4. Conclusión sobre los estudios europeos SAFOTEST

Los tres estudios SAFOTEST que analizamos anteriormente no entregan evidencias de la seguridad de los alimentos y cultivos transgénicos. Por otra parte, ellos entregan pruebas de que:

- Una década después de que los alimentos transgénicos se introdujeron en las cadenas alimentarias y de forraje, los reguladores todavía no se han puesto de acuerdo en la metodología de evaluación de su seguridad.
- Los alimentos transgénicos sometidos a experimentos eran notablemente diferentes en composición respecto de sus contrapartes no transgénicas, probablemente debido a efectos del proceso de manipulación genética de tipo mutagénicos o epigenéticos (que producen cambios en la función del gen).
- Los alimentos transgénicos sometidos a experimentos causaron efectos inesperados y potencialmente desfavorables en animales alimentados con ellos, y debería investigarse esto más adelante con pruebas de largo plazo.
- Los autores no pudieron concluir que los alimentos transgénicos sometidos a experimentación eran seguros.

3.3 Mito: Quienes afirman que los alimentos transgénicos no son seguros están mostrando sólo parte de la información, ya que hay muchos estudios que prueban que son seguros.

Verdad: La mayor parte de los estudios que muestran la seguridad de los alimentos transgénicos están ligados a la industria biotecnológica y por tanto son sesgados.

“En un estudio que incluía 94 estudios seleccionados con criterio objetivo, se encontró que la existencia de conflictos de interés de tipo financiero o profesional estaba asociada con los resultados de los estudios que muestran los productos transgénicos bajo un prisma favorable”.

– Diels J, et al. La relación de conflictos de interés financiero o profesional con resultados de investigación en riesgos para la salud o estudios de evaluación nutricional de productos transgénicos. *Food Policy*. 2011; 36: 197-203

Cuando se trata de productos peligrosos, el sesgo de los estudios vinculados a la industria o patrocinados por ella, está bien documentado. Cada vez que se comparan los estudios vinculados a la industria con estudios del mismo producto relacionados con literatura científica independiente (no relacionada con la industria) se llega al mismo veredicto: los estudios de la industria tienen un sesgo hacia conclusiones de seguridad del producto.

Los ejemplos más conocidos son los estudios de la industria del tabaco, que exitosamente demoró la regulación por décadas, fabricando dudas y controversias sobre los efectos negativos para la salud del tabaquismo pasivo y activo (53). Más recientemente, se ha mostrado que estudios financiados por la industria farmacéutica y la telefonía móvil son más inclinados a mostrar sus productos en una forma más favorable que los estudios no financiados por la industria (54, 55, 56).

Una revisión de 94 estudios de seguridad de alimentos transgénicos encontró que ellos eran mucho más proclives a alcanzar conclusiones favorables (53) cuando los autores pertenecían a la industria biotecnológica que cuando los autores no trabajaban en la industria. En los estudios donde había tal conflicto de interés, el 100% (41 de 41) llegaron a una conclusión favorable sobre la seguridad de los transgénicos (57).

Una revisión de los estudios que hay en la literatura sobre seguridad de los transgénicos encontró que la mayor parte de los estudios que concluyen que los alimentos transgénicos son tan nutritivos y seguros como su contraparte no GM fueron desarrollados por la propia compañía fabricante o sus socios (58). Los estudios que concluían que los alimentos transgénicos eran tan nutritivos y seguros como sus contrapartes no transgénicas, eran desarrollados por las compañías que los fabrican o por sus socios (58).

A pesar del hecho de que se ha mostrado que los estudios ligados a la industria son sesgados, la aprobación de cultivos transgénicos se basa únicamente en esos estudios de la industria biotecnológica.

Otra táctica usada por los proponentes de transgénicos es apuntar a listas de estudios que dicen que los alimentos transgénicos son seguros, pero que en realidad no muestran nada de ese tipo. Un ejemplo de ello está en el blog de GMO Pundit, que sostiene que más de 400 estudios citados “demuestran la total seguridad alimentaria y nutricional de los alimentos y forraje transgénico” (59).

Pero un examen más acucioso revela:

- La mayor parte de los estudios citados no son estudios de seguridad de alimentos transgénicos. En otras palabras, no son estudios de alimentación de animales que busquen efectos en la salud de animales alimentados con transgénicos. Algunos son estudios de composición que comparan los niveles de algunos nutrientes importantes, tales como grasas o proteínas, en un cultivo GM respecto de cultivos no GM. Otros son estudios de conversión de alimentación que muestran con qué eficiencia un animal de granja

convierte un forraje transgénico en un producto alimentario como la carne o la leche.

- Cuando se examina la información real, muchos de estos estudios muestran problemas en los alimentos transgénicos. Entre ellos están las diferencias no deseadas en un alimento transgénico en comparación con su contraparte no GM, y efectos dañinos en experimentos de alimentación animal. En realidad, algunos de estos estudios se citan en este informe como evidencia de que los alimentos GM no son seguros. Invito a los lectores a examinar los estudios originales, si están disponibles y a formarse sus propias conclusiones.

Al revés de estas listas publicadas en los sitios web de los proponentes de GM, las dos revisiones de literatura científica arbitrada por pares, citadas anteriormente, identificaron y evaluaron estudios que en forma específica analizaron la seguridad de los alimentos transgénicos y su valor nutricional. Sus conclusiones fueron claras: los estudios ligados a la industria son más proclives a concluir que son seguros, mientras que los estudios independientes son más proclives a encontrar problemas (57, 58).

3.4 Mito: Está comprobado que los alimentos transgénicos son seguros

Verdad: Los pocos estudios que se han hecho en seres humanos muestran problemas.

Los alimentos transgénicos no son probados adecuadamente para seguridad de los seres humanos antes que se introducen en el mercado (60, 19). Los únicos estudios publicados que han probado directamente la seguridad de alimentos transgénicos para seres humanos encontraron problemas potenciales pero no fueron continuados.

- En un estudio de seres humanos alimentados voluntariamente con soya transgénica, el ADN transgénico se mantuvo después de la digestión y fue detectado en el tracto digestivo. Hubo evidencia de transferencia horizontal del gen a la bacteria del intestino (61,62). La transferencia horizontal de genes es un proceso por el cual el ADN se transfiere de un organismo a otro a través de mecanismos diferentes a los mecanismos de reproducción. Estos mecanismos permiten que un organismo incorpore a su propio genoma, genes provenientes de otro organismo sin ser parte de la descendencia de ese organismo.
- En un estudio en seres humanos, uno de los sujetos del experimento mostró una respuesta inmune a la soya transgénica, que no se dio con la soya no transgénica. Se encontró que la soya GM contenía una proteína diferente a la proteína de la soya no GM. Esto muestra que los alimentos GM podrían causar nuevas alergias (63).
- Una variedad de soya GM modificada con un gen de nueces de Brasil reaccionó con anticuerpos presentes en el suero sanguíneo tomado de gente con historial de ser alérgicos a las nueces de Brasil. Sobre la base del conocimiento actual de inmunología, esta observación indica que esta variedad de soya produciría una reacción alérgica en la gente que es alérgica a la nuez de Brasil (64).
- Un estudio desarrollado en Canadá detectó niveles importantes de la proteína insecticida Cry1Ab, presente en los cultivos GM Bt, en

el torrente sanguíneo de mujeres embarazadas y en la sangre de sus fetos, como también en la sangre de mujeres no embarazadas (65). No está claro cómo llegó la toxina de la proteína Bt a su sangre (si fue a través del alimento o por otra vía de exposición) y el método de detección utilizado ha sido criticado por los defensores de los cultivos transgénicos. Sin embargo, este estudio hace surgir interrogantes respecto de por qué se comercializan ampliamente cultivos GM con Bt, cuando la investigación existente hace surgir serias preocupaciones sobre la seguridad y no hay aun esfuerzos sistemáticos para replicar y por tanto evaluar la validez de esa investigación.

Estos estudios deberían ser continuados con investigaciones de largo plazo, y los alimentos y cultivos transgénicos no deberían ser comercializados en ausencia de este tipo de pruebas.

3.5 Mito: Nadie se ha enfermado nunca por comer transgénicos.

Verdad: No hay ninguna evidencia científica para esa afirmación.

Los proponentes de transgénicos afirman que en Estados Unidos la gente lleva 16 años comiendo transgénicos sin que se enfermen. Pero esta es una afirmación que no tiene sustento científico, es anecdótica, ya que nunca se han hecho estudios epidemiológicos que busquen efectos de la alimentación con transgénicos en la población total.

Más aún, hay signos de que no todo está bien con el abastecimiento alimentario en USA. Los informes muestran que las enfermedades relacionadas con la alimentación aumentaron dos a diez veces en los años comprendidos entre 1994 (antes que se comercializaran los transgénicos) y 1999 (66,67). Nadie sabe si hay un vínculo entre los alimentos transgénicos porque no hay etiquetado en Estados Unidos y no hay seguimiento a los consumidores sobre los efectos en la salud.

Bajo las condiciones actuales en Estados Unidos, cualquier efecto en la salud derivado del consumo de transgénicos tendría que reunir condiciones muy específicas y poco habituales para que se pudiera detectar. Ellos tendrían que:

- Ocurrir poco después de comer un alimento reconocidamente transgénico, a pesar de la falta de etiquetado, de manera que el consumidor pudiera establecer una relación causal entre consumo y efecto dañino. El aumento en enfermedades como cáncer, que tiene un largo período de incubación, no podría ser rastreable hacia un alimento transgénico.
- Tendría que causar síntomas diferentes a las enfermedades comunes. Si los alimentos transgénicos causaran un aumento en enfermedades comunes como las alergias o el cáncer, nadie se daría cuenta qué generó ese aumento.
- Tendría que ser dramático y obvio a simple vista o para el consumidor de transgénicos. Nadie examina los tejidos del cuerpo de una

persona con microscopio en busca de un daño después de que come un alimento transgénico. Pero se necesita justamente este tipo de examen para contar con una alerta temprana de problemas tales como cambios precursores de cáncer.

Además, los efectos en la salud tendrían que ser registrados e informados a una entidad centralizada que el público conociera y que pudiera recolectar información a medida que ingresa e identificar correlaciones. Actualmente no existe esa entidad de monitoreo en ninguna parte. Los efectos del consumo de transgénicos de tipo moderado o de largo plazo podrían tomar décadas para hacerse evidentes a través de estudios epidemiológicos, de la misma manera que tomó décadas reconocer los efectos dañinos de las grasas trans (otro tipo de alimento artificial). Los efectos de un veneno lento causados por las grasas trans han causado millones de muertes prematuras en todo el mundo (68). Para detectar efectos importantes pero sutiles en la salud, o efectos que llevan tiempo en hacerse evidentes (efecto crónico), se requerirían estudios de largo plazo en grandes poblaciones.

3.5.1. Dos brotes de enfermedades ligadas a alimentos transgénicos

Existen dos casos de alto perfil en que los alimentos transgénicos fueron considerados sospechosos de causar enfermedades en la gente. En ambos casos, la industria y los reguladores negaron que la manipulación genética fuera la causa del problema, pero un examen de las pruebas no genera esa certeza.

L-triptófano

En 1989, en Estados Unidos se encontró que un suplemento alimentario L - Triptófano producido utilizando bacterias GM, era tóxico y causó la muerte de 37 personas y la discapacidad permanente de otras 1500 (70, 71). La enfermedad resultante se denominó síndrome de eosinofilia mialgia (EMS). Los síntomas incluían una sobre producción de glóbulos blancos en la sangre llamados eosinófilos, mialgia severa (dolor muscular) y en algunos casos, parálisis.

El L- Triptófano que afectó a la gente fue rastreado hasta llegar a una sola fuente, una compañía japonesa llamada Showa Denko. En julio de 1990, se publicó un estudio en el *Journal of the American Medical Association* que mencionó que Showa Denko había introducido una nueva bacteria transgénica, llamada Strain V, en diciembre de 1988, pocos meses antes que se desatara la principal epidemia (71).

Hay un debate que continúa acerca de si la presencia de la toxina en el L- Triptófano se debía a la manipulación genética o a una falla en el proceso de manufactura del producto de Showa Denko. La compañía había hecho cambios en el proceso de purificación de los filtros de carbón antes de que se descubriera la toxina contaminante.

Sin embargo los autores de un estudio hecho en 1990 sobre el brote publicado en el *New England Journal of Medicine* (NEJM) destacaron que echarle la culpa a una falla en los procesos de filtro del carbón deja sin respuesta la pregunta de cómo la toxina se metió en el producto en primer lugar (72). Esta era una toxina nueva que no se encontraba en otros productos L-Triptófano de la misma compañía. Los autores del estudio, que fue financiado por el Centro de Control de Enfermedades de Estados Unidos, destacaron que la nueva cepa de bacteria GM introducida por el fabricante antes del brote “puede haber producido mayores cantidades” de la toxina que las cepas anteriores (72).

Uno de los coautores del estudio, el Dr. Michel Osterholm, epidemiólogo del Departamento de Salud de Minnesota comentó en un artículo de prensa de fecha agosto de 1990 que la nueva cepa de bacteria “fue torcida para producir más L-Triptófano y algo salió mal. Esto obviamente lleva a plantearnos el debate sobre la manipulación genética (73)”.

Después del comentario de Osterholm, aparecieron varios artículos de prensa mostrando dudas sobre la seguridad de la manipulación genética. La FDA asumió el papel de exonerar a la ingeniería genética de culpa respecto del brote de epidemia EMS. En la revista *Science* un artículo de un funcionario llamado Sam Page sostuvo que Osterholm estaba “propagando la histeria”. Se dice que Pace agregó “Esa pregunta sobre si todo esto tiene alguna relación con la ingeniería genética es

prematura, *especialmente dado el impacto sobre la industria*” (74) (cursiva nuestra).

Osterlholm contrarreplicó: “Cualquiera que mire la información llegará a la misma conclusión (de que puede haber una asociación con la manipulación genética)...Yo pienso que la FDA no desea ser la causa de consecuencias que caigan sobre la agencia.” (74).

James Maryanski, coordinador de las políticas de biotecnología de la FDA echó la culpa del brote epidémico EMS a los cambios que Showa Denko hizo en el proceso de purificación (75). Maryanski también dijo que la ingeniería genética no podía ser la única ni la principal responsable de la EMS porque se habían reportado casos de la enfermedad varios años antes que Showa Denko introdujera su cepa de bacteria transgénica en Diciembre de 1988 (76).

Sin embargo, un estudio publicado en 1994 muestra que este argumento lleva a error. Showa Denko había llamado su cepa bacteriana V porque había habido cuatro cepas previas de la bacteria. En un período de años, Showa Denko había introducido de a poco más modificaciones genéticas en la bacteria usada en su proceso de fábrica. Comenzó usando la cepa V en Diciembre de 1988, poco antes del brote principal de EMS que fue en 1989 (69). Pero había comenzado a usar sus primeras cepas transgénicas, Strain II, en 1984 según los abogados que tomaron los casos de las víctimas de EMS (77). Este calendario significa que las bacterias transgénicas de Showa Denko podrían haber sido responsables de la epidemia EMS.

La FDA respondió a la crisis afirmando que todo el L-Triptófano era peligroso y prohibiendo temporalmente toda la venta de L-Triptófano (78). Pero un estudio financiado por el Centro para el Control de Enfermedades dijo que si eso fuera verdad, entonces “todos los productos de triptófano con igual dosis producidos por diferentes compañías habrían tenido el mismo efecto”. El estudio concluyó que no era así, ya que de seis productores de L Triptófano, sólo el producto de Showa Denko estaba claramente relacionado con la enfermedad (79).

Si hoy se produjera el L-Triptófano de Showa Denko, tendría que ser evaluado en cuanto a su seguridad, ya que se derivaba de bacteria

transgénica. Sin embargo, como este L-Triptófano tenía un 99% de pureza y no contiene ADN, pasaría a ser considerado como sustancialmente equivalente a la misma sustancia que se obtiene de organismos no transgénicos. En otras palabras, las pruebas que se requerirían para detectar toxinas nuevas de este tipo serían consideradas innecesarias y no se requeriría etiquetado. Por lo tanto, se repetiría la misma tragedia (80).

El maíz StarLink

El año 2000 en Estados Unidos la gente informó de reacciones alérgicas, algunas de ellas severas, a productos de maíz. Se encontró que la cadena de abastecimiento de maíz se había contaminado con un maíz transgénico Bt llamado StarLink. Los reguladores habían autorizado Starlink para forraje y uso industrial pero no para consumo humano a causa de sospechas de que la proteína insecticida Bt contenida en el maíz, conocida como Cry9C podría causar reacciones alérgicas.

No se conoce la cantidad de gente que informó de reacciones alérgicas a los productos fabricados con maíz porque no hay un sistema centralizado de información. La FDA analizó informes que le llegaron y pidió al Centro de Control de Enfermedades (CDC por su sigla en inglés) que investigara tan sólo 28 casos que cumplieran con sus criterios. El CDC hizo pruebas en muestras de sangre de estas personas pero concluyó que los hallazgos no mostraban evidencia de que las reacciones alérgicas se asociaran a la proteína Cry9C (81).

Sin embargo había problemas con la investigación del CDC, muchos de los cuales fueron identificados por los propios investigadores. Por ejemplo, el grupo de control de suero se obtuvo de muestras de sangre tomadas antes de la liberación de StarLink el año 1996. Sin embargo este suero mostraba una respuesta alérgica más dramática al CRy 9C que el suero de la gente que había reportado reacciones alérgicas al StarLink (81). Tampoco remplazaron ellos las muestras de control con otras más confiables, por ejemplo, muestras tomadas recientemente a personas que no tuvieran probabilidad de haber sido expuestas a Star-Link.

La prueba del CDC y los hallazgos fueron revisados por un panel convocado por la EPA que los criticó desde varios ángulos. El panel apuntó que los investigadores de la CDC habían aislado la proteína Cry9C de la bacteria *E. coli* en vez de sacarla del maíz StarLink. De manera que la proteína probada podría haber sido diferente de la proteína Cry9c sospechosa de causar reacciones alérgicas (82). Especialmente, la proteína Cry9C de la bacteria *E. coli* podría no tener moléculas de azúcar, que habrían sido adjuntadas a la misma proteína derivada del maíz por un proceso llamado glicosilación. La glicosilación puede ser importante en gatillar una reacción alérgica. El uso de la proteína incorrecta por CDC invalida su análisis y sus conclusiones.

La gravedad del error del CDC de usar *E. coli* en vez de la proteína Cry9C derivada del maíz está ilustrada gráficamente por el estudio sobre arvejas transgénicas que contienen una proteína insecticida de los porotos (ver capítulo 3.1.1) (4). El estudio encontró cambios notables en el patrón de las moléculas de azúcar en la proteína insecticida expresada en las arvejas transgénicas, al compararlas con su forma original en los porotos. Los autores concluyeron que ese cambio en la naturaleza y la estructura de las moléculas de azúcar era la razón por la cual la proteína insecticida transgénica causaba en ratones reacciones de inflamación del tipo alérgica y del sistema inmunológico.

Este caso muestra que es necesario extraer las proteínas transgénicas que se estudian desde el (mismo) cultivo transgénico y no de una fuente no relacionada, ya que los patrones de las moléculas de azúcar van a ser diferentes y el potencial que tengan para causar reacciones del sistema inmune y reacciones alérgicas podría variar en forma importante entre las dos proteínas.

Todavía más: el panel de la EPA criticó el experimento de CDC por su falta de controles adecuados. También cuestionó la metodología y sensibilidad de la prueba utilizada. El panel de EPA concluyó: “El experimento, tal como se realizó, no elimina la proteína StarLink Cry9C como causa potencial de síntomas de alergia”. El veredicto del panel fue que había una “probabilidad mediana” de que la proteína Cry9C sea un alérgeno (82).

3.5.2. Conclusión

Afirmar que nadie se ha enfermado por un cultivo o alimento transgénico no tiene base científica, ya que no se han realizado estudios epidemiológicos. Sin embargo, los casos de L-Triptófano producidos con bacteria transgénica y del maíz StarLink son una razón para preocuparse.



3.6 Mito: Los cultivos transgénicos insecticidas sólo dañan a los insectos y no son dañinos para animales ni para la gente.

Verdad: Los cultivos transgénicos insecticidas Bt presentan peligros para la gente y los animales que los comen.

Muchos cultivos transgénicos son manipulados para producir toxina Bt, un tipo de insecticida. La toxina Bt en su estado natural y no transgénico se extrae de una bacteria común del suelo y se usa como insecticida en pulverización en cultivos orgánicos y también se utiliza en preparados químicos.

Los reguladores han aprobado los cultivos transgénicos Bt sobre el supuesto de que la toxina transgénica Bt es igual a la toxina Bt natural, la cual ya tiene un historial de uso seguro. Ellos concluyen que los cultivos GM manipulados para contener proteína insecticida Bt deben también ser inofensivos. Pero eso es falso, por las siguientes razones:

- La toxina natural Bt no es necesariamente igual a la toxina Bt expresada por las plantas transgénicas Bt. La toxina Bt de las plantas transgénicas puede estar alterada o modificada de otra manera. Por ejemplo, hay al menos un 40% de diferencia entre la toxina del maíz Bt176 (que se comercializaba antes en Estados Unidos y ahora fue retirado) y la toxina natural Bt (11). Esos cambios pueden significar que ambas tienen efectos muy diferentes en la gente o los animales que los comen. Los priones (proteínas dobladas que se han encontrado en las vacas infectadas con BSE), los venenos y las hormonas son todas proteínas, pero están lejos de ser inofensivas (83).
- La toxina natural Bt usada en insecticidas que se pulverizan, se comporta de forma diferente en el ambiente de lo que lo hace la toxina Bt producida por las plantas transgénicas. La toxina natural se descompone rápidamente con la luz del día y sólo se activa (y se pone tóxica) en el intestino del insecto que la come. No es persistente en el ambiente y por eso es poco probable que se abra paso en los animales o la gente que come el cultivo. Sin embargo en los

cultivos GM Bt, la planta está manipulada para expresar la toxina Bt en su forma activa en cada célula. En otras palabras, la planta misma se convierte en un plaguicida, y la gente y los animales que comen la planta están comiendo un plaguicida.

- Incluso se ha encontrado que la toxina Bt natural tiene efectos negativos en la salud. Se ha encontrado que la exposición a fumigaciones con Bt en trabajadores rurales lleva a problemas de alergia a la piel y respuestas del sistema inmunológico (84). Y hay estudios de laboratorio que encontraron que la toxina Bt natural tiene efectos negativos en mamíferos, produciendo una respuesta potente del sistema inmunológico y reforzando la respuesta del sistema inmune a otras sustancias (85, 86, 87).
- Por lo general no se hacen pruebas de seguridad para fines regulatorios con la toxina Bt tal como se expresa en la planta Bt transgénica. La toxina Bt que se prueba generalmente se saca de la bacteria *E. coli* transgénica, ya que la industria de la biotecnología encuentra que es demasiado difícil y caro extraer suficiente toxina Bt del mismo cultivo transgénico. Como hemos visto, el proceso de transgenia hace surgir cambios inesperados en la proteína deseada, de manera que no se puede suponer que la toxina Bt extraída de la bacteria *E. coli* es igual que la proteína extraída de la planta transgénica que la gente y los animales van a comer. En realidad, la EPA en su revisión del maíz Mon810 de Monsanto, dijo que produce una versión “truncada” de la proteína, en otras palabras, una proteína que no es la misma que la proteína en su forma natural (60). Esos cambios pueden hacer que la proteína se vuelva más tóxica o alergénica.

3.6.1. La toxina Bt no solo afecta los insectos que son plagas

Los proponentes de transgénicos afirman que la toxina Bt manipulada en los cultivos transgénicos sólo afecta las plagas objetivo y es inofensiva para mamíferos, incluyendo a la gente o animales que comen los cultivos (88). Sobre la base de este supuesto, los reguladores no requieren estudios de toxicidad en seres humanos para los cultivos GM Bt.

Pero el supuesto no es correcto. En un estudio en probeta (*in vitro*) del año 2012, se encontró toxinas Bt transgénicas tóxicas para las células humanas. Un tipo de toxina Bt mató células humanas en la dosis de 100 partes por millón. Los hallazgos mostraron que la toxina GM Bt sí afecta a los seres humanos, contrariamente a lo que dicen los reguladores y el lobby de la industria de transgénicos (83).

El lobby industrial respondió diciendo que los estudios *in vitro* no reflejan adecuadamente lo que sucede en un ser humano o un animal que come cultivos transgénicos. Pero otros estudios independientes han encontrado que los cultivos GM Bt tienen efectos dañinos cuando se ha alimentado a ratones de laboratorio. Los hallazgos incluyen:

- Efectos tóxicos en el intestino delgado, hígado, riñón, bazo y páncreas (12, 16, 21, 40).
- Alteraciones en las funciones del aparato digestivo (16).
- Reducción en el aumento de peso (12).
- Alteraciones en el sistema inmunológico (15).

Además de los efectos en las células de humanos y de animales de laboratorio, se ha encontrado que los cultivos GM Bt tienen efectos tóxicos en mariposas y otros insectos no objetivo (89,90,91), en insectos predadores benéficos para plagas, (92,93), en abejas (94), organismos acuáticos (95, 96), y organismos del suelo (97) (ver capítulo 4).

Es prematuro decir que los efectos tóxicos asociados a los cultivos GM Bt se deben a la toxina Bt de los cultivos. Los efectos pueden deberse a una o más de las siguientes causas:

- La toxina Bt tal como se encuentra en el cultivo.
- Nuevas toxinas producidas en el cultivo Bt a raíz del proceso de manipulación transgénica y/o
- Residuos de herbicidas o de insecticidas químicos utilizados en el cultivo Bt. Muchos cultivos Bt tienen características de tolerancia a herbicidas (98), lo que hace probable que se encuentren residuos de herbicidas en ellos.

3.6.2. Puede que la toxina de la proteína Bt no se descomponga inofensivamente en el tracto digestivo.

Los proponentes de cultivos GM afirman que la proteína insecticida Bt de las plantas GM se descompone en el tracto digestivo y por eso no puede introducirse en la sangre o los tejidos del cuerpo para causar efectos tóxicos.

Pero la digestión generalmente es un proceso incompleto y los estudios muestran que la proteína tóxica Bt no siempre se descompone totalmente:

- Un estudio en vacas encontró que las toxinas Bt del maíz GM Mon810 de Monsanto no se habían descompuesto totalmente en el tracto digestivo (99).
- Un estudio que simulaba la digestión humana encontró que la proteína tóxica Bt era altamente resistente a la descomposición en un estómago con condiciones realistas de acidez y aún entonces producía una respuesta del sistema inmunológico (100).
- Un estudio llevado adelante en mujeres embarazadas y no embarazadas en Canadá encontró proteína tóxica Bt en el torrente sanguíneo de mujeres embarazadas y en la sangre entregada a sus fetos, así como también en la sangre de mujeres no embarazadas (65). Se han lanzado cuestionamientos sobre la validez del método de detección, pero se requiere mayor investigación antes que se pueda decir que los cultivos Bt puedan ser confirmados como seguros para los seres humanos.

3.6.3. Conclusión

Los estudios de cultivos GM Bt muestran que la toxina Bt no es específica para un rango estrecho de insectos plagas sino también puede afectar una amplia variedad de organismos no objetivo. Vistos en conjunto, los estudios de cultivos GM Bt y la toxina natural Bt hacen surgir la posibilidad de que comer cultivos transgénicos que contienen toxina Bt puede causar reacciones tóxicas o alérgicas y/o sensibilizar a la gente hacia otras sustancias alimentarias.

3.7 Mito: Los alimentos GM han sido adecuadamente probados respecto de su capacidad para generar reacciones alérgicas.

Verdad: No se han realizado experimentos de alergenicidad de alimentos transgénicos.

“Hay más que una relación de coincidencia entre los alimentos GM y efectos dañinos a la salud... Muchos estudios en animales muestran importante desregulación del sistema inmunológico, incluyendo sobrerregulación de las citocinas (moléculas de proteína incluidas en las respuestas del sistema inmunológico) asociadas a asma, alergia e inflamación”.

– American Academy of Environmental Medicine (101)

La mayor parte de las alergias alimentarias son causadas por una reacción a una proteína de un alimento. El ADN de un organismo contiene instrucciones para fabricar proteínas. La manipulación genética cambia el ADN de un alimento, y ese ADN alterado puede a su vez crear nuevas proteínas.

Por eso, los alimentos GM podrían crear nuevas alergias de dos formas: las nuevas proteínas podrían por sí mismas causar reacciones alérgicas (ser “alérgenos”), o las nuevas proteínas podrían sensibilizar a la gente hacia otras proteínas alimentarias existentes.

El sitio web *GMO Compass*, que es gestionado por la firma de relaciones públicas *Genius GmbH*, afirma que los cultivos GM no presentan más riesgos que las nuevas variedades de cultivos obtenidas a través del mejoramiento tradicional, o la importación de nuevos alimentos exóticos, que pueden también acarrear nuevos alérgenos que aparezcan en la dieta (102).

Pero los científicos independientes no están de acuerdo. Una revisión del año 2003 afirma que en comparación con el mejoramiento tradicional, los cultivos GM tienen “un mayor potencial para introducir proteínas nuevas a la cadena alimentaria” y aumentar la probabilidad de reacciones alérgicas (103). Esto fue confirmado por un escaso es-

tudio en seres humanos, en el cual uno de los sujetos experimentales mostró una respuesta del sistema inmunológico a la proteína de soya GM pero no a la proteína de soya convencional. Se encontró que la proteína de soya GM contenía una proteína diferente de la proteína de la variedad no transgénica (63).

3.7.1 El sistema de Evaluación de Alergenicidad de plantas transgénicas por la Unión Europea

Según la ley europea, las plantas GM deben ser evaluadas por su potencial para causar alergias antes que sean autorizadas para comercializarse. Los proponentes afirman que cualquier alimento potencialmente alergénico va a ser identificado con toda probabilidad en estos chequeos regulatorios. El sitio *GMO Compass* dice que estas evaluaciones son “rigurosas” y agrega “Si se descubre que una planta GM contiene un alérgeno potencial, sus chances de ser aprobada en la Unión Europea van desde lo más ínfimo a la nada misma” (102,104)

Pero en realidad, el proceso regulatorio europeo, aunque es más exigente que el de Estados Unidos, no tiene un sistema riguroso para evaluar el potencial alergénico de los alimentos transgénicos. Esto es fundamentalmente porque no se han desarrollado pruebas científicas confiables para predecir la alergenicidad. El proceso que usan los reguladores de la Unión Europea para evaluar la alergenicidad de los alimentos transgénicos (102, 105) está basado en un sistema propuesto en 2001 por la FAO (de Naciones Unidas) y la OMS, Organización Mundial de la Salud (106). Este sistema fue realmente diseñado por los dos grupos financiados por la industria de la biotecnología, el *International Life Sciences Institute* (ILSI) y la *International Food Biotechnology Council* (IFBC) según expresa libremente FAO/OMS (106).

El proceso se inicia con una comparación de la proteína que la planta GM está diseñada para producir, con proteínas conocidas como alérgenos. Según el resultado de esta evaluación inicial, se pueden hacer otras investigaciones tales como:

- Pruebas para ver si la nueva proteína reacciona con el suero sanguíneo de individuos sensibles

- Pruebas con estómagos sintéticos para ver si la proteína se descompone fácilmente (si lo hace, se piensa que no es probable que sea un alérgeno)
- Pruebas de alimentación animal (102).

3.7.2. Por qué el proceso de evaluación de alergia es ineficiente

Científicos independientes han afirmado que es improbable que la evaluación de alergenidad de la Unión Europea sea confiable para predecir si un alimento transgénico tiene probabilidades de generar reacciones alérgicas.

La razón más importante es que la nueva proteína que se evalúa en el proceso regulatorio normalmente no es la proteína expresada en toda la planta GM. En lugar de ello, es lo que se conoce como una proteína sustituta. Esta proteína sustituta es aislada de fuentes tales como la bacteria *E. coli* GM, o en otras ocasiones, de especies diferentes de plantas (107). Esto es científicamente injustificable porque la proteína puede cambiar como resultado del proceso de manipulación genética y según el organismo dentro del cual es expresada (ver capítulo 3.1.1 y 3.5.1: el maíz StarLink). Dicho de otra forma, el mismo gen transgénico, introducido en una planta GM y en una bacteria *E. coli*, puede producir proteínas que pueden tener muy diferentes efectos en la gente y animales que los comen. Especialmente, las plantas y las bacterias procesan de manera diferente las proteínas recién sintetizadas. De manera que incluso aunque las secuencias de aminoácido de las dos proteínas pudieran ser idénticas, sus funciones pueden ser totalmente diferentes.

Otras razones por las cuales el modelo de árbol para el fallo de alergenidad es insatisfactorio son:

- Comparar la nueva proteína del alimento GM con la base de datos de alérgenos conocidos puede no detectar nuevos alérgenos.
- Las pruebas de muestras de sangre son problemáticas porque la sensibilización alérgica es un proceso específico a un alérgeno. De manera que a menos que la proteína transgénica expresada en el OMG ya sea un alérgeno común, es altamente improbable que haya

una sola persona sensibilizada en el mundo cuya sangre reaccionaría con ello (103).

- Las pruebas de muestras de sangre no son útiles para detectar alergias no comunes (sustancias a las cuales muy pocas personas son alérgicas) (103).
- Un fenómeno conocido como reactividad cruzada puede hacer difícil identificar a partir de la sangre cuál de varias proteínas actúa como alérgeno (103).
- Las pruebas en estómagos artificiales que se hacen para objetivos regulatorios se realizan bajo condiciones poco reales –los niveles de acidez y las enzimas digestivas son mucho más altas que las que estarían presentes en los sistemas digestivos de individuos que consumirían los alimentos GM. Esto hace probable que la nueva proteína FM se descomponga en fragmentos que son demasiado pequeños para ser alérgenos potentes. En la vida real, sin embargo, los niveles de acidez y enzimas digestivas de los estómagos de la gente varían según edad, estado de salud, tiempo transcurrido desde que comieron su último alimento y otros factores. Un estudio encontró que bajo las condiciones estándares usadas en pruebas en estómagos artificiales, una de las proteínas insecticidas presentes en forma habitual en los cultivos GM Bt estaba descompuesta. Pero cuando los investigadores ajustaron la acidez y las enzimas a niveles más realistas, la proteína insecticida fue altamente resistente a la descomposición. Los autores hicieron un llamado a que se realicen tests regulatorios en condiciones de acidez más baja y niveles de enzima más bajos y “más relevantes fisiológicamente” (100).

Una revisión concluyó que la evaluación de alergenicidad podría ser útil en evaluar alimentos GM que contienen una proteína conocida, pero evaluar proteínas de alergenicidad desconocida es “más problemático” y “se desconoce el valor predictivo de ese tipo de evaluación” (103). Otra revisión está de acuerdo en que los tests estándares “no siempre son concluyentes”, en especial cuando el organismo del cual se ha extraído el transgen no tiene un historial de uso alimentario o tiene alergenicidad desconocida (108).

El sistema actual de evaluación de alergia no es confiable porque descansa en demasía en los tests *in Vitro* (pruebas en tubos de ensayo en sistemas no vivientes, tales como suero sanguíneo y pruebas en estómago artificial). Pero desafortunadamente no existe todavía una alternativa efectiva a ello. Los tests en vivo (pruebas en organismos vivientes como animales o seres humanos) son útiles para detectar efectos nutricionales o toxicológicos de alimentos, pero no se han establecido aun métodos de prueba para test de alergenicidad de alimentos (103, 108, 109, 110). Los científicos independientes han pedido que se desarrolle este tipo de pruebas en animales (109, 103, 108, 110).

Actualmente, el único enfoque confiable para evaluar la alergenicidad de los transgénicos sería un seguimiento o monitoreo post-comercialización bajo condiciones en las cuales los consumidores estuvieran claramente informados cuando consumen un nuevo transgénico y se les tendría que requerir que informen cualquier efecto adverso a las autoridades pertinentes. Esas evaluaciones post-comercialización no se requieren en ningún país. En países como Estados Unidos y Canadá, donde los consumidores ni siquiera están informados vía etiquetado de la presencia de transgénicos en los alimentos que consumen, la probabilidad de que la alergenicidad se asociara a un alimento GM sería extremadamente baja, a menos que causara problemas agudos de alergenicidad a una proporción importante de la población.

3.7.3. Los estudios realizados en alimentos transgénicos confirman que las evaluaciones existentes de alergias no son adecuadas.

Los estudios realizados en alimentos GM confirman que las evaluaciones actuales de alergias son inadecuadas para detectar nuevos alérgenos creados por el proceso de manipulación genética.

En un estudio de ratones alimentados con arvejas GM que contienen una proteína insecticida de porotos (ver capítulo 3.1.1) los ratones mostraron reacciones con anticuerpos del sistema inmunológico y respuestas inflamatorias del tipo alérgico a la proteína GM y a la proteína de clara de huevo cuando se les alimentó con arvejas GM.

Los ratones no mostraron reacciones con anticuerpos ni del tipo de respuestas inflamatorias de tipo alérgico a los porotos que contenían la proteína insecticida o a la proteína del huevo cuando se alimentó con la proteína insecticida natural sacada de los porotos. Ellos tampoco tuvieron respuesta del sistema inmunológico a la proteína blanca del huevo cuando fueron alimentados sólo con la clara de huevo.

Estos resultados muestran que la proteína insecticida GM hizo que los ratones se convirtieran en más susceptibles a desarrollar reacciones inflamatorias del tipo alérgico a los alimentos comidos con los alimentos GM. Esto se llama respuesta en alerta cruzada del sistema inmunológico.

Los resultados indicaron que la reacción de los ratones a las arvejas GM fueron causadas por cambios generados por el proceso de manipulación genética. La proteína insecticida natural producida en los porotos, que en condiciones normales es no-inmunogénica y no genera alergias, fue alterada en su estructura y/o en sus funciones cuando se la manipuló introduciéndola en las arvejas, convirtiéndose en un potente inmunógeno (sustancia que produce una respuesta del sistema inmunológico) y en un alérgeno (4).

Es importante destacar que este estudio no fue requerido por los reguladores sino se llevó a cabo como parte de un programa voluntario de investigación del desarrollador del cultivo. La alergenicidad de las arvejas GM probablemente no habría sido descubierta por el sistema de detección de la Unión Europea, porque la versión natural, no GM de la proteína insecticida del poroto NO es conocida como alérgeno. A causa de esto, no habría habido muestras de sangre de individuos sensibilizados para ser usado en pruebas regulatorias de sangre. Sobre todo, el estudio demuestra que los alimentos GM pueden contener nuevos alérgenos y pueden causar reacciones alérgicas y que no es probable que se detecte la alergenicidad GM utilizando el proceso actual de evaluación de alergias.

Dos estudios más confirman lo inadecuado que es el proceso actual de evaluación de alergias:

- Un estudio de maíz transgénico del mercado, MON 810, mostró que las proteínas de la planta GM estaban notablemente alteradas en comparación con las de la contraparte no GM. Los cambios no deseados incluían la aparición de una nueva forma de la proteína zein, un alérgeno conocido, que no estaba presente en la variedad de maíz no GM. Varias proteínas más estaban presentes tanto en sus formas naturales como en las formas truncadas y de masa molecular más baja (111). Los hallazgos sugieren importantes alteraciones en la estructura genética y la función en este cultivo GM. La evaluación de alergia de la UE fracasó en dar cuenta de estos cambios y fracasó en la detección de la presencia de este alérgeno de creación reciente.
- Se descubrió que una variedad de soya GM modificada con un gen de nueces de Brasil podía producir una reacción alérgica en gente que era alérgica a la nuez de Brasil. Los investigadores habían introducido el gen de la nuez de Brasil en la soya para aumentar su valor nutricional. Cuando ellos probaron el efecto de esta soya GM en muestra sanguínea de gente alérgica a las nueces de Brasil, encontraron que la sangre producía una respuesta alérgica a la soya. Usando pruebas de picazón en la piel, confirmaron que la gente alérgica a las nueces de Brasil era también alérgica a la soya manipulada genéticamente (64). Los proponentes de cultivos GM citan a menudo esto como una prueba de la efectividad del proceso regulatorio para identificar alérgenos en un alimento antes que éste llegue al mercado. Pero esto no es cierto. No hay ningún país que requiera este tipo de pruebas para ser llevadas adelante como parte de las evaluaciones regulatorias de alimentos GM.

3.7.4. Conclusión

La ausencia de métodos confiables para probar la alergenidad y la falta de rigor en las evaluaciones actuales para alergias significan que es imposible predecir en forma confiable si un cultivo GM va a ser en la realidad alérgico.

3.8 Mito: El forraje transgénico para animales no presenta riesgos para la alimentación animal ni humana.

Verdad: El forraje transgénico afecta la salud de los animales y puede afectar a los seres humanos que comen sus productos.

La mayor parte de los cultivos GM se usan para forraje animal. La industria de biotecnología y los reguladores afirman que la carne, los huevos y los productos lácteos de animales alimentados con forraje GM no necesitan ser etiquetados porque las moléculas transgénicas –el ADN y proteínas– se descomponen en el sistema digestivo de los animales y no se pueden detectar en el producto alimentario final.

Pero este supuesto es falso. Los estudios han encontrado:

- ADN transgénico presente en forraje animal detectado en leche vendida en el mercado italiano, aunque los autores del estudio dijeron que no estaba claro si la fuente del ADN transgénico era la ingesta del animal o provenía de contaminación externa (112).
- ADN transgénico del forraje fue trasladado por los órganos del animal y detectado en la carne y el pescado que come la gente (113, 114, 115, 116).
- ADN transgénico se detectó en la sangre, órganos y leche de cabras. Se encontró una enzima, dehidrogenasa láctica en niveles altamente elevados en el corazón, músculo y riñones de cabras jóvenes alimentadas con soya GM (117). Esta enzima se filtra de células dañadas durante reacciones del sistema inmunológico o heridas, de manera que niveles altos pueden indicar ese tipo de problemas.
- La proteína tóxica Bt fue encontrada en el torrente sanguíneo de mujeres embarazadas y en la sangre de sus fetos, como también en la sangre de mujeres no embarazadas (65).
- Se han encontrado MicroRNAs (moléculas que afectan la expresión del gen) de plantas en la sangre de mamíferos que las han comido y eran biológicamente activas en estos mamíferos, afectando

la expresión del gen y el funcionamiento de importantes procesos del cuerpo. Aunque este estudio no se llevó a cabo en plantas GM, mostró que las plantas que se comen, incluyendo las plantas GM, podrían ejercer un efecto fisiológico directo en los seres humanos y animales que las consumen (118). El estudio sugirió que el dicho “Tú eres lo que comes” podría tener alguna credibilidad científica.

Dada la creciente evidencia de que una dieta que contiene cultivos transgénicos puede dañar la salud de los animales, podría haber riesgos asociados al consumo de productos derivados de animales alimentados con transgénicos. Concluimos que el argumento de que la carne y los productos lácteos de animales alimentados con transgénicos no necesitan un etiquetado como transgénicos no tiene base científica que lo justifique.

3.9 Mito: La ingeniería genética proporcionará cultivos más nutritivos

Verdad: No se ha comercializado ningún cultivo transgénico que sea más nutritivo que su contraparte no transgénica y hay algunos cultivos transgénicos que son menos nutritivos.

Los proponentes de cultivos transgénicos afirman desde hace mucho tiempo que la ingeniería genética entregará cultivos biofortificados, más saludables y nutritivos. Sin embargo no hay disponibles en el mercado alimentos transgénicos fortificados nutricionalmente. En algunos casos, se ha encontrado que los alimentos transgénicos son menos nutritivos que sus contrapartes no GM debido a los efectos inesperados del proceso de manipulación genética.

Entre los ejemplos que podemos citar están:

- La soya transgénica tenía 12-14% menos niveles de isoflavonas anticancerígenas de las que tiene la variedad no transgénica de soya (119).
- La canola (aceite de semilla de raps) manipulada para contener vitamina A en su aceite tenía mucho menos vitamina E y una composición alterada de la grasa del aceite, en comparación con la variedad no GM de control (120).
- Las variedades experimentales de arroz transgénico tenían importantes alteraciones nutricionales no deseadas en comparación con sus contrapartes no GM, aunque ambas crecieron lado a lado, en las mismas condiciones. La estructura y la textura del grano de arroz GM fueron afectadas y su contenido nutricional y valor fueron alterados dramáticamente. El rango de variación osciló de 20 a 74% para los aminoácidos, de 19 a 38% para los ácidos grasos, de 25 a 57% para las vitaminas, de 20 a 50% para elementos nutricionalmente importantes y un 25% para el contenido proteico. Las variedades de arroz transgénico mostraron notables bajas en los niveles de vitamina E, proteína y amino ácidos. Los autores dijeron que los hallazgos “entregaron información alarmante en relación al valor nutricional

del arroz transgénico” y mostraron que el arroz transgénico no era sustancialmente equivalente al arroz no transgénico (121).

3.9.1. Arroz Dorado: ¿Es más una exagerada expectativa que una esperanza?

El intento más publicitado de mejoramiento nutricional de un cultivo transgénico es el “Arroz Dorado” enriquecido con beta caroteno (122,123). Se destina este cultivo a países pobres del Sur global, donde la deficiencia en vitamina A causa ceguera, enfermedades y muertes. Sin embargo, a pesar de que ha transcurrido una década de grandes titulares que saludaban exageradamente al Arroz Dorado como un cultivo milagroso, todavía no está disponible en el mercado.

Los proponentes de transgénicos le echan la culpa de ello a la regulación excesiva y a los activistas anti-transgénicos por la demora en la comercialización del Arroz Dorado. Pero las razones reales tras esta demora parecen ser problemas de investigación básica y desarrollo. La primera variedad de Arroz Dorado tenía insuficiente contenido de betacaroteno y se habría necesitado consumir varios kg por día para entregar la dosis diaria requerida de vitamina A (122). Como resultado de ello, se tuvo que generar una variedad totalmente nueva de arroz transgénico con un contenido mucho más alto de beta caroteno (123).

También ha tomado muchos años el proceso de cruzar el Arroz Dorado con variedades que dan buen resultado en los campos de los pequeños productores para asegurar un producto viable (124, 125). Un artículo publicado en 2008 en la revista *Science* decía que aún había “un largo camino a recorrer” en el proceso de cruzamientos (124).

Ha tomado más de una década desarrollar el Arroz Dorado. Sin embargo, a 2012, los experimentos de campo no se han completado para asegurar que crezca exitosamente en las condiciones locales. Tampoco se ha hecho pruebas toxicológicas en animales alimentados con arroz dorado, para establecer si es seguro para comer. Sin embargo, el arroz se dio como comida a seres humanos (adultos y niños) en experimentos llevados a cabo por investigadores en la Universidad Tufts de Boston, Massachusetts. Esto no era un estudio de seguridad sino un test

de eficacia para ver si los seres humanos asimilaban suficiente betacaroteno y lo convertían en vitamina A. El test de eficacia fue desarrollado sin que se hubiera realizado antes un test básico de toxicología. Un grupo de científicos internacionales envió una carta de protesta a los investigadores de Tufts, considerando lo que hicieron ellos como una violación de la ética médica y del código de Nuremberg (establecido después de la segunda guerra mundial para prevenir la repetición de los experimentos inhumanos de los nazis en seres humanos) (126).

Marcando un contraste con el problemático Arroz Dorado, desde hace mucho tiempo hay disponibles métodos baratos y efectivos para combatir la deficiencia en vitamina A. El método usado más frecuentemente son los suplementos de vitamina A. Una revisión publicada en el *British Medical Journal* evaluó 43 estudios que involucraban a 200.000 niños y encontró que las muertes disminuyeron en un 24% cuando los niños recibieron la vitamina. Los investigadores estimaron que dar suplementos de vitamina A a los niños menores de cinco años en países en desarrollo, podría salvar unas 600.000 vidas al año. Ellos concluyeron: “Los suplementos de vitamina A son altamente efectivos y baratos para producir y administrar” (127, 128).

El programa de larga data de la Organización Mundial de la Salud, OMS, para combatir la deficiencia de la vitamina A usa suplementos de Vitamina A, respaldados con programas de educación y desarrollo. Estos programas estimulan a las madres a amamantar y enseñan a la gente a cultivar zanahorias y vegetales verdes en sus jardines, dos métodos que son baratos, efectivos y constituyen soluciones generalmente disponibles. Estimaciones de la OMS establecen que su programa ha “evitado 1.25 millones de muertes desde 1998 en 40 países” (129). Según Francesco Branca, experto en nutrición de la OMS, estos enfoques son, por ahora, mucho más prometedores para combatir la deficiencia de vitamina A que el Arroz Dorado (124).

Si los recursos que se han vertido hacia el desarrollo del Arroz Dorado se hubieran puesto en tales programas, que ya tienen resultados comprobados, miles de niños y adultos se habrían salvado. Michael Pollon, un escritor experto en temas de alimentación escribió un artículo para el New York Times llamado “La exagerada expectativa amarilla”. “Estos

esquemas obvios, que no son brillantes y requieren baja tecnología se están probando hoy, y según los grupos de apoyo que los respaldan, todo lo que necesitan para funcionar es voluntad política y dinero” (130).

Pollan es uno de varios críticos que han sugerido que el verdadero valor del Arroz Dorado está en su utilidad como una estrategia de relaciones públicas para promover la deslucida imagen de la industria biotecnológica. Pollan escribió que el Arroz Dorado no parecía una solución a la deficiencia de vitamina A sino “a los problemas de relaciones públicas de una industria que hasta ahora le ha ofrecido a los consumidores pocas razones para comprar lo que está vendiendo, y ha entregado más de unas pocas razones para evitar comprarlo” (130).

3.9.2. El tomate morado anti cancerígeno

En el Reino Unido el Centro John Innes (JIC) ha desarrollado un tomate morado manipulado para contener altos niveles de antioxidantes antocianinas, que tienen propiedades anticancerígenas. JIC anunció el desarrollo del tomate en 2008 en un boletín de prensa titulado “Los tomates morados pueden mantener a raya el cáncer”. La académica Cathie Martin que lideró la investigación, publicó un artículo en la prensa titulado: “Cómo mi tomate morado podría salvar su vida”.

Estas afirmaciones estaban basadas en los resultados de un estudio preliminar de alimentación de ratas sobre susceptibilidad a cáncer, que encontró que las ratas alimentadas con tomate morado tenían una expectativa de vida más extendida, en comparación con el grupo de control de tomates no transgénico y una dieta estándar para roedores (133). Sin embargo, tal como destacó uno de los investigadores, el estudio no hizo pruebas respecto de posible toxicidad del tomate morado, de manera que “Estamos lejos de considerar un experimento en seres humanos” (134).

Mientras tanto, hay abundancia de antocianinas disponibles en muchas frutas y vegetales comunes, como las frambuesas, moras, arándanos, variedades de naranja roja, zapallo rojo, cebollas rojas y berenjena.

Cathie Martin de JIC ha sostenido que los tomates son consumidos por gente que normalmente podría no consumir muchas frutas y vegetales, por ejemplo, en pizzas y ketchup de los burgers (132). Es

discutible, sin embargo si gente que es conservadora en sus opciones alimentarias comería un tomate que se ve, según la frase de un periodista “como un cruce entre una naranja y un pudding negro” (135), además de que el tomate, al menos en Europa, tendría una etiqueta de transgénico.

En 2010, un año después que JIC anunció su tomate morado GM, investigadores italianos anunciaron que tenían un tomate no GM con niveles del antioxidante licopeno mayores a los usuales (136). El licopeno, tal como las antocianinas, tiene propiedades anticancerígenas.

En 2011, el tomate morado de JIC se convirtió en algo redundante cuando investigadores brasileños anunciaron que habían desarrollado un tomate morado no GM con altos niveles de antocianinas y vitamina C (137).

En contraste con el tomate GM de JIC, los tomates no GM recibieron escasa publicidad.

3.9.3. Los cultivos “biofortificados” no son una solución sensata al hambre.

La mayor parte de los cultivos “biofortificados”, ya sea producidos vía reproducción convencional o por manipulación genética, tienen como objetivo a las poblaciones pobres y hambrientas del Sur Global y se enfocan en uno o dos nutrientes, tales como la Vitamina A o el hierro. Incluso si partimos del supuesto de que los cultivos GM pueden producir más cultivos con altos niveles de uno o dos nutrientes, se necesita encarar algunos aspectos importantes antes de llegar a la conclusión que los cultivos biofortificados por cualquier tipo de procedimiento, sean un enfoque razonable respecto de la desnutrición:

La población desnutrida tiene hambre no porque le falten alimentos biofortificados, sino porque no tienen dinero para comprar alimento y, cada vez más, carecen de acceso a tierra para producirlo. Este tipo de pobreza a menudo se debe a conflictos políticos en el país. Otra causa del hambre son programas de “desarrollo” mal aconsejados, que a cambio de préstamos e inversión extranjera, han obligado a los países a reconvertir las tierras cultivables y producir cultivos de exportación en lugar de cultivos alimentarios. Estos son problemas de tipo político

y económico que no pueden resolverse ofreciendo un cultivo biofortificado, por el cual habría que pagarle al productor. La gente que no tiene dinero para comprar alimentos básicos, con toda seguridad no tiene posibilidad alguna de comprar un alimento biofortificado cuyo desarrollo ha costado una inversión de millones de dólares.

Las personas que padecen malnutrición por lo general no sólo están deficitarias en sólo uno o dos nutrientes, sino en muchos de ellos. Enfocarse en un solo cultivo que puede entregar uno o dos nutrientes no sirve, porque para una adecuada absorción se requiere un equilibrio de nutrientes. Por ejemplo, para absorber la vitamina A, la gente necesita contar con bastantes alimentos que contienen grasa en su dieta. Habría que resolver esto primero, para que las personas pudieran beneficiarse de un alimento enriquecido con vitamina A.

La manipulación de nutrientes en alimento es controvertida, porque puede ser considerada un alimento medicamentoso. La dosis es difícil de controlar y una persona puede requerir una determinada cantidad de nutrientes, mientras que esa cantidad puede ser excesiva y potencialmente peligrosa para otra persona. La teoría de la nutrición es una disciplina en rápido crecimiento, por tanto, lo que hoy son nutrientes deseables, mañana podrían convertirse en contaminantes indeseables (138).

3.9.4. Los cultivos biofortificados No transgénicos ya están disponibles.

Si asumimos que los alimentos biofortificados son un enfoque aceptable para combatir la malnutrición, hay abundantes cultivos de variedades no transgénicas disponibles que no presentan los riesgos y falta de certezas de la manipulación genética (ver Capítulo 7).

Además, hay formas de agregar nutrientes a la dieta de la gente que no requieren el enorme gasto de un cultivo especial. Entre esas formas está incluir un arroz fortificado con fierro y vitaminas; un estudio preliminar ha reportado que ello ha causado importantes caídas en los casos de anemia y de deficiencia de vitamina B1 en niños (139).

Conclusiones del capítulo 3

Al contrario de lo que dicen las frecuentes afirmaciones respecto de que no hay evidencia de peligro a la salud planteados por los alimentos y cultivos transgénicos, hay estudios revisados por pares que han encontrado efectos dañinos en la salud de animales de laboratorio y ganado alimentado con transgénicos. Los efectos incluyen efectos tóxicos y alérgicos y alteración del valor nutricional.

La mayor parte de los estudios de alimentación con transgénicos solo han sido de mediano plazo en cuanto a su duración (de 30 a 90 días). Mientras los proponentes de cultivos GM afirman que los efectos dañinos observados en la salud no son “biológicamente relevantes” ni “desfavorables”, esas afirmaciones no tienen base científica que las justifique, ya que esos términos no han sido definidos adecuadamente.

Lo que se necesita son estudios de transgénicos de largo plazo y multi-generacionales para ver si los cambios que se han hallado en los estudios de mediano plazo, que son indicativos de posibles efectos dañinos en la salud, se van a convertir en enfermedades graves, muerte prematura, o efectos de tipo reproductivo o en el desarrollo. Hoy no hay ningún regulador en el mundo que requiera este tipo de estudios.

Más aun, el sistema de evaluación del potencial alérgeno de los alimentos transgénicos que están en el mercado de la UE hoy –aunque es probablemente el más riguroso de todos los sistemas de evaluación del mundo –es inadecuado y no es probable que identifique nuevos alérgenos.

El ejemplo más publicitado de un alimento GM fortalecido, el Arroz Dorado, ha consumido millones de dólares destinados a investigación e inversión en desarrollo. Sin embargo no ha pasado por experimentos toxicológicos adecuados y después de más de una década, aun no está listo para el mercado. Por el contrario, formas ya probadas, experimentadas y baratas de prevenir y curar el déficit de vitamina A tienen éxito cuando se aplican, pero están subutilizadas debido a que no cuentan con suficiente financiamiento.

Las afirmaciones que pretenden exaltar el valor nutricional de los cultivos GM son una distracción peligrosa respecto de las verdaderas causas del hambre, que son la pobreza y la falta de acceso a la tierra para producir alimento. Pero si la sociedad decide que los alimentos fortalecidos nutricionalmente son un camino importante para alcanzar la seguridad alimentaria, no necesita esperar que cuajen caras “soluciones” transgénicas. La reproducción convencional de plantas ya ha tenido éxito en la producción segura de muchos de esos alimentos biofortificados.

Referencias del capítulo 3

1. Dona A, Arvanitoyannis IS. Health risks of genetically modified foods. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2009; 49(2): 164–175.
2. Hines FA. Memorandum to Linda Kahl on the Flavr Savr tomato (Pathology Review PR-152; FDA Number FMF-000526): Pathology Branch's evaluation of rats with stomach lesions from three four-week oral (gavage) toxicity studies (IRDC Study Nos. 677-002, 677-004, and 677-005) and an Expert Panel's report. US Department of Health & Human Services. 16 June 1993. <http://www.biointegrity.org/FDAdocs/17/view1.html>
3. Pusztai A. Witness Brief – Flavr Savr tomato study in Final Report (IIT Research Institute, Chicago, IL 60616 USA) cited by Dr Arpad Pusztai before the New Zealand Royal Commission on Genetic Modification: New Zealand Royal Commission on Genetic Modification; 2000.
4. Prescott VE, Campbell PM, Moore A, et al. Transgenic expression of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. *J Agric Food Chem.* 16 Nov 2005; 53(23): 9023–9030.
5. Malatesta M, Biggiogera M, Manuali E, Rocchi MBL, Baldelli B, Gazzanelli G. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry.* Oct-Dec 2003; 47: 385–388.
6. Malatesta M, Caporaloni C, Gavaudan S, et al. Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Struct Funct.* Aug 2002; 27(4): 173–180.
7. Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, Martin TE, Biggiogera M. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem.* Oct-Dec 2004; 48(4): 448-454.
8. Malatesta M, et al. A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem Cell Biol.* 2008; 130: 967–977.
9. Tudisco R, Lombardi P, Bovera F, et al. Genetically modified soya bean in rabbit feeding: Detection of DNA fragments and evaluation of metabolic effects by enzymatic analysis. *Animal Science.* 2006; 82: 193–199.
10. Brasil FB, Soares LL, Faria TS, Boaventura GT, Sampaio FJ, Ramos CF. The impact of dietary organic and transgenic soy on the reproductive system of female adult rat. *Anat Rec (Hoboken).* Apr 2009; 292(4): 587–594.
11. Séralini GE, Mesnage R, Clair E, Gress S, de Vendômois JS, Cellier D. Genetically modified crops safety assessments: Present limits and possible improvements. *Environmental Sciences Europe.* 2011; 23(10).
12. Séralini GE, Cellier D, Spiroux de Vendomois J. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology.* May 2007; 52(4): 596–602.

13. Kilic A, Akay MT. A three generation study with genetically modified Bt corn in rats: Biochemical and histopathological investigation. *Food Chem Toxicol.* Mar 2008; 46(3): 1164–1170.
14. de Vendomois JS, Roullier F, Cellier D, Séralini GE. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci.* 2009; 5(7): 706–726.
15. Finamore A, Roselli M, Britti S, et al. Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice. *J Agric Food Chem.* Dec 10 2008; 56: 11533–11539.
16. Trabalza-Marinucci M, Brandi G, Rondini C, et al. A three-year longitudinal study on the effects of a diet containing genetically modified Bt176 maize on the health status and performance of sheep. *Livestock Science.* 2008; 113(2): 178–190.
17. Duggan PS, Chambers PA, Heritage J, Michael Forbes J. Fate of genetically modified maize DNA in the oral cavity and rumen of sheep. *Br J Nutr.* Feb 2003; 89(2): 159–166.
18. US Food and Drug Administration. Biotechnology consultation note to the file BNF No 00077. Office of Food Additive Safety, Center for Food Safety and Applied Nutrition. 4 September 2002. <http://www.fda.gov/Food/Biotechnology/Submissions/ucm155759.htm>
19. Pusztai A, Bardocz S. GMO in animal nutrition: Potential benefits and risks. In: Mosenthin R, Zentek J, Zebrowska T, eds. *Biology of Nutrition in Growing Animals.* Vol 4: Elsevier Limited; 2006:513–540.
20. Ewen SW, Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet.* Oct 16 1999; 354(9187): 1353-1354.
21. Fares NH, El-Sayed AK. Fine structural changes in the ileum of mice fed on delta-endotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes. *Nat Toxins.* 1998; 6(6): 219-233.
22. Poulsen M, Kroghsbo S, Schroder M, et al. A 90-day safety study in Wistar rats fed genetically modified rice expressing snowdrop lectin *Galanthus nivalis* (GNA). *Food Chem Toxicol.* Mar 2007; 45(3): 350-363.
23. Schröder M, Poulsen M, Wilcks A, et al. A 90-day safety study of genetically modified rice expressing Cry1Ab protein (*Bacillus thuringiensis* toxin) in Wistar rats. *Food Chem Toxicol.* Mar 2007; 45(3): 339-349.
24. Kroghsbo S, Madsen C, Poulsen M, et al. Immunotoxicological studies of genetically modified rice expressing PHA-E lectin or Bt toxin in Wistar rats. *Toxicology.* Mar 12 2008; 245(1-2): 24-34.
25. Tyl RW, Crofton K, Moretto A, Moser V, Sheets LP, Sobotka TJ. Identification and interpretation of developmental neurotoxicity effects: a report from the ILSI Research Foundation/Risk Science Institute expert working group on neurodevelopmental endpoints. *Neurotoxicol Teratol.* Jul-Aug 2008; 30(4): 349-381.
26. Snell C, Aude B, Bergé J, et al. Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review. *Food and Chemical Toxicology.* 2011.

27. ScienceDaily. Genetically modified food safe, animal study suggests. 24 January 2012. <http://www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120124140103.htm>
28. GMO Compass. MON863. 2006. <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/53.docu.html>
29. European Food Safety Authority (EFSA) GMO Panel. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the safety of foods and food ingredients derived from insect-protected genetically modified maize MON 863 and MON 863 x MON 810, for which a request for placing on the market was submitted under Article 4 of the Novel Food Regulation (EC) No 258/97 by Monsanto. EFSA Journal. 2 April 2004; 2004(50): 1–25.
30. European Food Safety Authority (EFSA) GMO panel. Opinion of the scientific panel on genetically modified organisms on a request from the Commission related to the notification (reference C/DE/02/9) for the placing on the market of insect-protected genetically modified maize MON 863 and MON 863 x MON 810, for import and processing, under Part C of Directive 2001/18/EC from Monsanto. EFSA Journal. 2 April 2004; 2004(49): 1-25.
31. Doull J, Gaylor D, Greim HA, Lovell DP, Lynch B, Munro IC. Report of an Expert Panel on the reanalysis by of a 90-day study conducted by Monsanto in support of the safety of a genetically modified corn variety (MON 863). Food Chem Toxicol. Nov 2007; 45(11): 2073-2085.
32. European Food Safety Authority (EFSA). EFSA review of statistical analyses conducted for the assessment of the MON 863 90-day rat feeding study. June 2007.
33. European Food Safety Authority (EFSA) GMO Panel. Statement of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on the analysis of data from a 90-day rat feeding study with MON 863 maize. 25 June 2007.
34. Takeuchi T, Tsutsumi O. Serum bisphenol A concentrations showed gender differences, possibly linked to androgen levels. Biochem Biophys Res Commun. Feb 15 2002; 291(1): 76-78.
35. Laviola G, Gioiosa L, Adriani W, Palanza P. D-amphetamine-related reinforcing effects are reduced in mice exposed prenatally to estrogenic endocrine disruptors. Brain research bulletin. Apr 15 2005; 65(3): 235-240.
36. Hilbeck A, Meier M, Römbke J, Jänsch S, Teichmann H, Tappeser B. Environmental risk assessment of genetically modified plants - concepts and controversies. Environmental Sciences Europe. 2011; 23(13).
37. Breyer H. EFSA definition of “biological relevance” in connection with GMO tests: Written question by Hiltrud Breyer (Verts/ALE) to the Commission 22 December 2008. <http://bit.ly/M6UFyn>
38. European Food Safety Authority (EFSA). Scientific Opinion: Statistical significance and biological relevance. EFSA Journal. 2011; 9(9): 2372.
39. International Life Sciences Institute (ILSI). Nutritional and safety assessments of foods and feeds nutritionally improved through biotechnology, prepared by a Task Force of the ILSI International Food Biotechnology Committee. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2004; 3: 38–104.

40. International Life Sciences Institute (ILSI). Risk assessment of genotoxic carcinogens task force. 31 August 2011.
41. European Commission. Commission implementing regulation (EU) No.... on applications for authorization of genetically modified food and feed in accordance with Regulation (EC) No 1829/2003 of the European Parliament and of the Council and amending Regulations (EC) No 641/2004 and (EC) No 1981/2006. 2012.
42. Levidow L, Murphy J, Carr S. Recasting “substantial equivalence”: Transatlantic governance of GM food. *Science, Technology, and Human Values*. January 2007; 32(1): 26–64.
43. Séralini GE, de Vendomois JS, Cellier D, et al. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int J Biol Sci*. 2009; 5(5): 438-443.
44. European Food Safety Authority Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). Scientific Opinion on Guidance for risk assessment of food and feed from genetically modified plants. *EFSA Journal*. 2011; 9(5): 2150.
45. European Commission. A decade of EU-funded GMO research (2001–2010). 2010.
46. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). EC report on “A Decade of EU-Funded GMO Research” describes “tailored” bioenergy crop research project. *Crop Biotech Update* 2010. <http://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=7082>
47. Doward J. Scientist leading GM crop test defends links to US biotech giant Monsanto. *The Guardian*. 18 July 2010. <http://www.guardian.co.uk/environment/2010/jul/18/gm-scientist-defends-monsanto-links>
48. Jones JD. The cost of spurning GM crops is too high. *The Guardian (UK)*. 21 July 2011. <http://bit.ly/MpSlil>
49. Federoff NV. Engineering food for all. *New York Times*. 18 August 2011. <http://nyti.ms/K4Hufn>
50. European Commission. Commission publishes compendium of results of EU-funded research on genetically modified crops 9 December 2010. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/10/1688>
51. Freeman RM, Taylor PR. Influence of histidine administration on zinc metabolism in the rat. *Am J Clin Nutr*. Apr 1977; 30(4): 523-527.
52. Wensink J, Van den Hamer CJ. Effect of excess dietary histidine on rate of turnover of ⁶⁵Zn in brain of rat. *Biol Trace Elem Res*. Jul 1988; 16(2): 137-150.
53. Michaels D. *Doubt is Their Product: How Industry’s Assault on Science Threatens Your Health*: Oxford University Press; 2008.
54. Lexchin J, Bero LA, Djulbegovic B, Clark O. Pharmaceutical industry sponsorship and research outcome and quality: systematic review. *British Medical Journal*. 2003; 326: 1167.
55. Baker CB, Johnsrud MT, Crismon ML, Rosenheck RA, Woods SW. Quantitative analysis of sponsorship bias in economic studies of antidepressants. *British Journal of Psychiatry*. 2003; 183: 498–506.
56. Huss A, Egger M, Hug K, Huweiler-Müntener K, Rösli M. Source of funding

- and results of studies of health effects of mobile phone use: Systematic review of experimental studies. *Environmental Health Perspectives*. January 2007; 115: 1–4.
57. Diels J, Cunha M, Manaia C, Sabugosa-Madeira B, Silva M. Association of financial or professional conflict of interest to research outcomes on health risks or nutritional assessment studies of genetically modified products. *Food Policy*. 2011; 36: 197–203.
 58. Domingo JL, Bordonaba JG. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environ Int*. Feb 4 2011; 37: 734–742.
 59. Tribe D. 410+ published safety assessments on GM foods and feeds. *GMO Pundit blog* 2007. <http://gmopundit.blogspot.com/2007/06/150-published-safety-assessments-on-gm.html>
 60. Freese W, Schubert D. Safety testing and regulation of genetically engineered foods. *Biotechnol Genet Eng Rev*. 2004: 299-324.
 61. Netherwood T, Martin-Orue SM, O'Donnell AG, et al. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. *Nat Biotechnol*. Feb 2004; 22(2): 204–209.
 62. Heritage J. The fate of transgenes in the human gut. *Nat Biotechnol*. Feb 2004; 22(2): 170-172.
 63. Yum HY, Lee SY, Lee KE, Sohn MH, Kim KE. Genetically modified and wild soybeans: an immunologic comparison. *Allergy Asthma Proc*. May-Jun 2005; 26(3): 210-216.
 64. Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med*. Mar 14 1996; 334(11): 688-692.
 65. Aris A, Leblanc S. Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reproductive Toxicology*. 2011; 31(4).
 66. Mead PS, Slutsker L, Dietz V, et al. Food-related illness and death in the United States. *Emerg Infect Dis*. Sep-Oct 1999; 5(5): 607-625.
 67. Foegeding PM, Roberts T, Bennet J, et al. *Foodborne pathogens: Risks and consequences*. Ames, Iowa. Council for Agricultural Science and Technology. 1994.
 68. Mozaffarian D, Katan MB, Ascherio A, Stampfer MJ, Willett WC. Trans fatty acids and cardiovascular disease. *N Engl J Med*. 2006; 354: 1601–1613.
 69. Mayeno AN, Gleich GJ. Eosinophilia-myalgia syndrome and tryptophan production: A cautionary tale. *Trends Biotechnol*. Sep 1994; 12(9): 346-352.
 70. US Congress: House Committee on Government Operations: Human Resources and Intergovernmental Relations Subcommittee. *FDA's regulation of the dietary supplement L-tryptophan: Hearing before the Human Resources and Intergovernmental Relations Subcommittee of the Committee on Government Operations, House of Representatives, One Hundred Second Congress, first session, July 18, 1991*. 1992.
 71. Slutsker L, Hoesly FC, Miller L, Williams LP, Watson JC, Fleming DW. Eosinophilia-myalgia syndrome associated with GMO Myths and Truths 62 exposure to tryptophan from a single manufacturer. *JAMA*. Jul 11 1990; 264(2): 213-217.

72. Belongia EA, Hedberg CW, Gleich GJ, et al. An investigation of the cause of the eosinophilia-myalgia syndrome associated with tryptophan use. *N Engl J Med.* Aug 9 1990; 323(6): 357-365.
73. Garrett L. Genetic engineering flaw blamed for toxic deaths. *Newsday.* 14 August 1990. C-1.
74. Roberts L. L-tryptophan puzzle takes new twist *Science.* 31 August 1990; 249(4972): 988.
75. Jacobs P. Cornucopia of biotech food awaits labeling. *Los Angeles Times.* 31 January 2000. <http://articles.latimes.com/2000/jan/31/news/mn-59543>
76. Crist WE. James Maryanski, interviewed by William E. Crist. In: William E. Crist, Toxic L-tryptophan: Shedding light on a mysterious epidemic. 5 July 1996.
77. Crist WE. Morgan, D., Attorney. Cleary, Gottlieb, Steen & Hamilton, Washington, DC. Personal email correspondence to William E. Crist. In: William E. Crist, Toxic L-tryptophan: Shedding light on a mysterious epidemic. 19 April 2001.
78. Cimon M. FDA expands L-tryptophan recall, cites a major risk: *Health.* *Los Angeles Times.* 23 March 1990. <http://lat.ms/NAzzw8>
79. Kilbourne EM, Philen RM, Kamb ML, Falk H. Tryptophan produced by Showa Denko and epidemic eosinophilia-myalgia syndrome. *J Rheumatol Suppl.* Oct 1996; 46: 81-88; discussion 89-91.
80. Antoniou M. Genetic pollution. *Nutritional Therapy Today.* 1996; 6(4): 8-11.
81. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Investigation of Human Health Effects Associated with Potential Exposure to Genetically Modified Corn. A Report to the US Food and Drug Administration. 11 June 2001. www.cdc.gov/nceh/ehhe/cry9creport/pdfs/cry9creport.pdf
82. FIFRA Scientific Advisory Panel. A Set of Scientific Issues Being Considered by the Environmental Protection Agency Regarding Assessment of Additional Scientific Information Concerning StarLink™ Corn. SAP Report No. 2001-09. Arlington, Virginia. US Environmental Protection Agency (EPA). 17-18 July 2001.
83. Mesnage R, Clair E, Gress S, Then C, Sze?ka?cs A, Se?ralini G-E. Cytotoxicity on human cells of Cry1Ab and Cry1Ac Bt insecticidal toxins alone or with a glyphosate-based herbicide. *Journal of Applied Toxicology.* 15 Feb 2012.
84. Bernstein IL, Bernstein, J.A., Miller, M., Tierzieva, S., Bernstein, D.I., Lummus, Z. Selgrade, M.K., Doerfler, D.L., and Seligy, V.L. Immune responses in farm workers after exposure to *Bacillus thuringiensis* pesticides. *Environmental Health Perspectives.* July 1999; 107(7): 575-582.
85. Vázquez RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazan L, De La Riva GA, Lopez-Revilla R. *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant. *Scand J Immunol.* Jun 1999; 49(6): 578-584.
86. Vázquez-Padrón RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazan L, de la Riva GA, Lopez-Revilla R. Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induces systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sci.* 1999; 64(21): 1897-1912.
87. Vázquez-Padrón RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazan L, Martínez-Gil AF, de-la-Riva GA, Lopez-Revilla R. Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from *Bacillus thuringiensis* HD 73 in mice. *Braz J Med Biol Res.* Feb 2000; 33(2): 147-155.

88. GMO Compass. Environmental safety: insects, spiders, and other animals. 2006. <http://bit.ly/oYcVww>
89. Losey JE, Rayer LS, Carter ME. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*. May 20 1999; 399(6733): 214.
90. Jesse LCH, Obrycki JJ. Field deposition of Bt transgenic corn pollen: Lethal effects on the monarch butterfly. *J. Oecologia*. 2000; 125: 241–248.
91. Lang A, Vojtech E. The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic and Applied Ecology*. 2006; 7: 296–306.
92. Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Kareiva P. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science*. Jun 8 2007; 316(5830): 1475–1477.
93. Lövei GL, Arpaia S. The impact of transgenic plants on natural enemies: A critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. January 2005; 114: 1–14.
94. Ramirez-Romero R, Desneux N, Decourtye A, Chaffiol A, Pham-Delègue MH. Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2008; 70: 327–333.
95. Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, et al. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Oct 9 2007; 104(41): 16204–16208.
96. Bohn T, Traavik T, Primicerio R. Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. *Ecotoxicology*. Feb 2010; 19(2): 419–430.
97. Castaldini M, Turrini A, Sbrana C, et al. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Appl Environ Microbiol*. Nov 2005; 71(11): 6719–6729.
98. GMO Compass. Maize. 2012. <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>
99. Paul V, Guertler P, Wiedemann S, Meyer HH. Degradation of Cry1Ab protein from genetically modified maize (MON810) in relation to total dietary feed proteins in dairy cow digestion. *Transgenic Res*. Aug 2010; 19(4): 683–689.
100. Guimaraes V, Drumare MF, Lereclus D, et al. In vitro digestion of Cry1Ab proteins and analysis of the impact on their immunoreactivity. *J Agric Food Chem*. Mar 10 2010; 58(5): 3222–3231.
101. American Academy of Environmental Medicine. Genetically modified foods. 2009. <http://www.aeonline.org/gmopost.html>
102. GMO Compass. The allergy check. 2006. <http://bit.ly/LWmnNR>
103. Bernstein JA, Bernstein IL, Bucchini L, et al. Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods. *Environ Health Perspect*. Jun 2003; 111(8): 1114–1121.
104. GMO Compass. Do GMOs mean more allergies? 2011. <http://bit.ly/MIxt8O>
105. European Food Safety Authority Panel on Genetically Modified Organisms (GMO). Guidance document for the risk assessment of genetically modified plants and derived food and feed. *EFSA Journal*. May 2006; 99: 1–100.

106. Food and Agriculture Organization (FAO) and World Health Organization. Decision tree approach to the evaluation of the allergenicity of genetically modified foods. Evaluation of Allergenicity of Genetically Modified Foods: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology, 22–25 January 2001. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 2001:5–15; 25–27.
107. Friends of the Earth. Could GM foods cause allergies? A critique of current allergenicity testing in the light of new research on transgenic peas. February 2006.
108. Penninks AH, Knippels LM. Determination of protein allergenicity: studies in rats. *Toxicol Lett.* 31 March 2001; 120(1-3): 171-180.
109. Pusztai A, Bardocz S, Ewen SWB. Genetically modified foods: Potential human health effects. In: D’Mello JPF, ed. *Food Safety: Contaminants and Toxins*. Wallingford, Oxon: CABI Publishing 2003:347–372.
110. Pusztai A. Genetically modified foods: Are they a risk to human/ animal health? *Actionbioscience.org*. June 2001.
111. Zolla L, Rinalducci S, Antonioli P, Righetti PG. Proteomics as a complementary tool for identifying unintended side effects occurring in transgenic maize seeds as a result of genetic modifications. *J Proteome Res.* May 2008; 7(5): 1850-1861.
112. Agodi A, Barchitta M, Grillo A, Sciacca S. Detection of genetically modified DNA sequences in milk from the Italian market. *Int J Hyg Environ Health.* Jan 2006; 209: 81–88.
113. Mazza R, Soave M, Morlacchini M, Piva G, Marocco A. Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res.* Oct 2005; 14(5): 775–784.
114. Sharma R, Damgaard D, Alexander TW, et al. Detection of transgenic and endogenous plant DNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal. *J Agric Food Chem.* 2006; 54(5): 1699–1709.
115. Chainark P, Satoh S, Hirono I, Aoki T, Endo M. Availability of genetically modified feed ingredient: investigations of ingested foreign DNA in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science.* 2008; 74: 380–390.
116. Ran T, Mei L, Lei W, Aihua L, Ru H, Jie S. Detection of transgenic DNA in tilapias (*Oreochromis niloticus*, GIFT strain) fed genetically modified soybeans (Roundup Ready). *Aquaculture Research.* 2009; 40: 1350–1357.
117. Tudisco R, Mastellone V, Cutrignelli MI, et al. Fate of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offsprings. *Animal.* 2010; 4: 1662–1671.
118. Zhang L, Hou D, Chen X, et al. Exogenous plant MIR168a specifically targets mammalian LDLRAP1: Evidence of cross-kingdom regulation by microRNA. *Cell Res.* 20 Sep 2011.
119. Lappé M, Bailey B, Childress C, Setchell KDR. Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified herbicide-tolerant soybean. *Journal of Medicinal Food.* 1999; 1: 241–245.

120. Shewmaker C, Sheehy JA, Daley M, Colburn S, Ke DY. Seed-specific overexpression of phytoene synthase: Increase in carotenoids and other metabolic effects. *Plant J*. 1999; 20(4): 401–412X.
121. Jiao Z, Si XX, Li GK, Zhang ZM, Xu XP. Unintended compositional changes in transgenic rice seeds (*Oryza sativa* L.) studied by spectral and chromatographic analysis coupled with chemometrics methods. *J Agric Food Chem*. Feb 10 2010; 58(3): 1746-1754.
122. Ye X, Al-Babili S, Klotti A, et al. Engineering the provitamin A (beta-carotene) biosynthetic pathway into (carotenoid-free) rice endosperm. *Science*. Jan 14 2000; 287(5451): 303-305.
123. Paine JA, Shipton CA, Chaggar S, et al. Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content. *Nat Biotechnol*. Apr 2005; 23(4): 482-487.
124. Enserink M. Tough lessons from Golden Rice. *Science*. 2008; 230: 468–471.
125. Sharma A. Golden Rice still at development stage. *The Financial Express (India)*. 22 November 2006. <http://www.plantbiotechblog.com/2006/11/news-golden-rice-still-at-development-stage.html>
126. Hooper Mea. Tufts University involvement in Golden Rice feeding trials. Letter from scientists and experts to Professor Robert Russell, Professor Emeritus, Friedman School of Nutrition Science and Policy, Tufts University School of Medicine. 2009. <http://www.i-sis.org.uk/SPUCTGM.php>
127. Mayo-Wilson E, Imdad A, Herzer K, Yakoob MY, Bhutta ZA. Vitamin A supplements for preventing mortality, illness, and blindness in children aged under 5: systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*. 2011; 343: d5094.
128. BBC News. Vitamin A pills “could save thousands of children”. 27 August 2011. <http://www.bbc.co.uk/news/health-14666287>
129. World Health Organization (WHO). Micronutrient deficiencies: Vitamin A deficiency. 2011. <http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/index.html> Accessed 15 September, 2011
130. Pollan M. The way we live now: The great yellow hype. *The New York Times Magazine*. 4 March 2001. <http://bit.ly/Lb7J9m>
131. John Innes Centre. Purple tomatoes may keep cancer at bay. October 2008. <http://bit.ly/NAwtZ6>
132. Martin C. How my purple tomato could save your life. *Mail Online*. 8 November 2008. <http://www.dailymail.co.uk/health/article-1084073/How-purple-tomato-save-life.html>
133. Butelli E, Titta L, Giorgio M, et al. Enrichment of tomato fruit with health-promoting anthocyanins by expression of select transcription factors. *Nat Biotechnol*. Nov 2008; 26(11): 1301-1308.
134. Mulyatno KC. Purple tomatoes: The richness of antioxidants against tumors Institute of Tropical Disease, Airlangga University. 2011. http://itd.unair.ac.id/index.php?Itemid=103&id=281&option=com_content&task=view
135. Philpott M. What the papers say. *BBC News*. 27 October 2008. http://news.bbc.co.uk/1/hi/northern_ireland/7692560.stm

136. Knowles M. Italian producers unveil “supertomato”. Fruitnet.com. 5 July 2010. <http://www.fruitnet.com/content.aspx?ttid=14&cid=7359>
137. CBS News. Purple tomatoes may fight cancer, other diseases. 3 December 2011. <http://on.wfmy.com/L7aB5Z>
138. BBC News. Vitamins “may shorten your life”. 16 April 2008. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/7349980.stm>
139. Foster P. Fortified rice to save millions of lives each year. The Telegraph. 14 May 2009. <http://bit.ly/KIKT3g>

Apéndice

Por segunda vez una revista científica publica el estudio de Gilles-Eric Séralini sobre efecto crónico en ratas alimentadas con maíz transgénico y agua con Roundup

El *Journal Environmental Sciences Europe* re-publicó el estudio hecho en 2012 sobre la toxicidad crónica del glifosato (Roundup) y el maíz NK603 de Monsanto, desarrollado por el equipo liderado por el Profesor Gilles-Eric Séralini. Esto se dio luego de la controvertida retractación de la investigación – o “*paper*”, término usado por la comunidad científica – por la revista científica *Food and Chemical Toxicology*. La republicación vuelve a colocar el estudio en el nivel de literatura revisada por pares para que así pueda ser consultada y desarrollada por otros científicos. La noticia fue publicada en el sitio www.seralini.org en junio de 2014 con el título “El estudio de Séralini fue publicado nuevamente: La ciencia habla por sí misma”.

La versión republicada (noticia en www.gmoseralini.org/republicacion-del-estudio-de-seralini-la-ciencia-habla-por-si-misma/) contiene material extra que aborda las críticas de la publicación original. Los datos brutos que destacan los descubrimientos del estudio también son publicados, en contraste con los datos para los estudios de la industria que sustentan las aprobaciones regulatorias del Roundup, que son mantenidos en secreto. Sin embargo, el nuevo *paper* presenta el mismo resultado que el anterior y las conclusiones permanecen inmutables. Está disponible en inglés, en www.enveurope.com/content/26/1/14

El estudio republicado está acompañado por un comentario separado del equipo del Profesor Séralini, describiendo los esfuerzos de lobby de parte de los que apoyan las cosechas transgénicas para forzar al editor de *Food and Chemical Toxicology* a retractar la publicación original. En el artículo se recuerda que el estudio pasó por tres revisiones de pares, a raíz de lo cual el Dr. Michael Antoniou, genetista molecular

con base en Londres comentó: “Pocos estudios sobrevivirían a tan intenso escrutinio de parte de colegas científicos. La nueva publicación del estudio luego de tres revisiones de expertos, es un testamento de su rigor, así como también de la integridad de los investigadores. Si alguien aún duda de la calidad de este estudio, simplemente debiera leer el *paper* republicado. La ciencia habla por sí sola. Si incluso así se rehúsan a aceptar los resultados, debieran emprender su propio estudio de investigación sobre estos dos productos tóxicos que han estado en la cadena alimenticia humana y animal por muchos años.”

El Dr. Jack A Heinemann, Profesor de Biología Molecular y Genética de la Universidad de Canterbury en Nueva Zelanda, dijo de la segunda publicación del estudio: “Es una importante demostración de la resiliencia de la comunidad científica”. El Dr. Heinemann continúa: “La primera publicación de estos resultados reveló algunos de los brutales ataques desatados sobre los investigadores que presenten descubrimientos incómodos. Aplaudo a *Environmental Sciences Europe* por someter el trabajo a otra rigurosa ronda ciega de revisión de pares, y luego valientemente apoyar el proceso y las recomendaciones de sus evaluadores, especialmente luego de ser testigo de los eventos respecto de la primera publicación. Este estudio ha prevalecido a través del proceso de revisión más extensivo e independiente que haya habido para un estudio científico sobre transgénicos.”

Como el estudio de Séralini se publicó por primera vez en septiembre del año 2012, no figura en la primera edición de *Mitos y Verdades*, traducida por RAP- Chile, que fue publicada por *Open Source* en julio de 2012. Al cierre de la traducción de este libro, dos años después, en julio de 2014, apareció una segunda versión de *Mitos y Verdades*. De esta nueva edición reproducimos las siguientes páginas, que informan (en la nueva versión del Capítulo 3 del libro) sobre el estudio realizado en 2012 por Gilles-Eric Séralini y la encendida controversia surgida a raíz de sus resultados.

El estudio de Gilles-Eric Séralini sobre efecto crónico en ratas de la alimentación con maíz transgénico y el herbicida Roundup

Mito: La investigación de Séralini (2012) era ciencia de mala calidad y no se pueden sacar conclusiones de él.

Verdad: La investigación de Séralini es el estudio más detallado y completo que se haya hecho jamás sobre un alimento transgénico y su plaguicida asociado.

Un vistazo al mito

Un estudio publicado el año 2012 (1) encontró que un maíz de Monsanto tolerante al Roundup cultivado con muy bajos niveles del herbicida con el cual fue manipulado para ser cultivado, causó graves daños y alteraciones hormonales en ratas alimentadas con ese maíz a lo largo de dos años, un período considerado de largo plazo. El aumento de las tasas de tumores grandes y palpables, y la muerte prematura en algunos grupos en tratamiento fueron hallazgos adicionales inesperados. A horas de su publicación, el documento recibió fuertísimos ataques como “ciencia de mala calidad” provenientes de científicos pro transgénicos y comentaristas. Un año después de la publicación de la investigación, previo paso exitoso por la revisión de pares, el editor de la revista científica aparentemente sucumbió a las continuas presiones y retiró de la revista el *paper* con la investigación. Científicos de todo el mundo cuestionaron esta medida considerándola un acto de “censura científica” que no encontraba justificación en argumentos científicos ni éticos. La investigación, llevada adelante por un equipo liderado por el académico Gilles-Eric Séralini, de la Universidad de Caen, Francia, sigue siendo a la fecha el estudio más detallado y completo que se haya hecho jamás sobre un cultivo transgénico.

¿Por qué se hizo este estudio?

Séralini diseñó su estudio de alimentación a ratas por dos años como un seguimiento directo del estudio de alimentación de ratas en corto plazo (90 días) de Monsanto con el mismo maíz transgénico NK603, que la transnacional había desarrollado para fundamentar su postulación a la autorización regulatoria de ese maíz. Monsanto publicó los resultados de su experimento en 2004 (2), el mismo año que se autorizó este maíz en la Unión Europea.

Se encontraron diferencias en las ratas alimentadas con transgénicos, pero los autores de la investigación de Monsanto desecharon los hallazgos sosteniendo que no estaban relacionados con el maíz transgénico y que no eran “biológicamente significativos” (2). La Autoridad Sanitaria Europea (EFSA) estuvo de acuerdo con Monsanto, proclamando que las diferencias no tenían ninguna “de importancia biológica” y que el maíz era tan seguro como el maíz no transgénico (3).

El equipo de Séralini obtuvo los datos brutos de Monsanto y los analizó por segunda vez. Ellos encontraron signos de toxicidad hepática y renal en las ratas alimentadas con transgénicos, y publicaron sus hallazgos en una revista con revisión de pares, en 2009 (4).

Séralini desarrolló su investigación del año 2012 sobre el maíz NK603 y el Roundup (1) para ver si estos hallazgos iniciales de toxicidad potencial realmente no tenían importancia biológica, como proclamaban Monsanto y EFSA o bien se iban a manifestar en el desarrollo de una enfermedad seria.

El diseño experimental general era similar al de Monsanto, para que se pudiera comparar los dos experimentos. Las diferencias que tenía eran las siguientes.

El estudio de Séralini:

- Era más prolongado (dos años en comparación con los 90 días del de Monsanto) y mucho más detallado en su alcance.
- Incluía tres dosis de alimentación con maíz transgénico en lugar de las dos utilizadas por Monsanto.
- Medía una mayor cantidad de funciones corporales.
- Estaba diseñado para aislar los efectos generados por el maíz trans-

génico, de aquellos efectos atribuibles al herbicida Roundup que el maíz tolera debido a la manipulación genética. Este era el primer estudio realizado en un cultivo transgénico para diferenciar los efectos de esta manera.

La metodología

El estudio de Séralini (1) ponía a prueba los efectos de largo plazo (crónicos) del maíz transgénico NK603 de Monsanto que está manipulado para sobrevivir a la fumigación con el herbicida Roundup, y los efectos del Roundup en forma separada y en combinación.

El experimento usó 200 ratas divididas en diez grupos, cada uno de diez machos y diez hembras. El maíz transgénico solo, se probó en tres grupos con un 11%, 22% y 33% de la dieta total. El maíz transgénico que había sido asperjado con Roundup en el campo fue probado en los tres grupos en las mismas proporciones. El Roundup solo, que se le dio a beber con el agua en tres dosis diferentes, fue probado en tres grupos. La dosis más baja correspondió al nivel de contaminación que puede encontrarse en el agua de la llave, la dosis intermedia es el nivel máximo permitido en Estados Unidos para forraje animal y la dosis más alta tenía la mitad de la cantidad de Roundup que se usa en la agricultura. A las ratas del grupo control se las alimentó con una dieta que contenía 33% de maíz no transgénico (convencional) y agua pura.

Los hallazgos en resumen, y sus implicancias

Los hallazgos de Séralini fueron alarmantes. Tanto el maíz transgénico NK603 como el Roundup generaron grave daño en riñones e hígado y también adelantaron y aumentaron el desarrollo de tumores grandes y palpables, lo que llevó a un aumento de la tasa de mortalidad. Los primeros tumores solo aparecieron a los cuatro meses de iniciado el estudio, un mes después del tiempo de término del estudio hecho por Monsanto, y llegaron a su punto máximo a los 18 meses del experimento. Muchos efectos tóxicos encontrados en los grupos tratados con maíz transgénico también se encontraron en los grupos

tratados con Roundup, indicando que las dos sustancias tenían efectos tóxicos similares (1).

Estos graves efectos no habían aparecido en el experimento de 90 días hecho por Monsanto, o sencillamente porque éste era demasiado corto. Se requiere un tiempo para que sea notorio el desarrollo de las enfermedades crónicas como daño en los órganos y la aparición de tumores. (5).

Un análisis objetivo del experimento de Séralini concluiría que se requiere hacer estudios de largo plazo sobre la toxicidad crónica y la carcinogénesis de todos los alimentos transgénicos y las formulaciones comerciales de plaguicidas antes que puedan ser comercializados.

Detalle de los hallazgos

Efectos toxicológicos

Los principales hallazgos fueron fallo múltiple en los órganos de las ratas alimentadas con maíz transgénico ya sea que el maíz hubiera sido o no fumigado con Roundup, y en forma independiente, en ratas alimentadas con bajos niveles de Roundup del agua que se les dio a beber. Se desarrolló un análisis estadístico de los niveles bioquímicos de muestras de sangre y orina tomados a los 15 meses, el punto más tardío, cuando al menos 90% de las ratas aún estaban vivas en cada uno de los grupos que estaban recibiendo las dosis.

Se encontró daño estadísticamente significativo en los tejidos mamaros, hígado, riñones y glándulas pituitarias de las ratas alimentadas con el maíz transgénico cultivado con y sin Roundup, y en las ratas a las cuales se les dio Roundup solo en su agua de beber. El principal objetivo del estudio era ver los signos de toxicidad en hígado y riñones que habían aparecido en la investigación de 90 días de Monsanto, para ver si desaparecían o llegaban a una escalada de serios problemas de salud en el período extendido de dos años. El estudio encontró que los signos de toxicidad hepática y renal hallados a los 90 días, se convirtieron efectivamente en grave fallo de órganos y daños en el período de dos años. De esta manera se abordó en forma extendida el principal objetivo del estudio.

Mortalidad y tumores

En forma inesperada, tanto el momento de aparición de los tumores como la tasa de mortalidad se vieron afectados por los tratamientos.

La mortalidad reflejó tanto las muertes espontáneas como la eutanasia debida a tumores que impedían funciones tales como la respiración, la nutrición y la digestión. En el caso de los machos la mortalidad fue mayormente de muertes espontáneas, mientras en las hembras se debió a eutanasia durante el estudio.

Machos y hembras respondieron de forma diferentes a los tratamientos con maíz transgénico y Roundup. Mientras el 30 % de los controles de machos y el 20% de las hembras de control murieron antes de la media de su expectativa de vida, más de un 50% de los machos y un 70% de las hembras murieron en forma prematura en algunos grupos que ingerían maíz transgénico. Sin embargo, la tasa de mortalidad no aumentó en forma proporcional a la dosis de tratamiento, alcanzando un umbral a la dosis más baja (11%) o, para algunos grupos, la dosis media (22%) de maíz transgénico, tanto con maíz transgénico fumigado o no fumigado.

En los machos la diferencia máxima entre grupos de tratamiento y los controles fue de cinco veces más muertes, que tuvieron lugar durante el mes 17 en el grupo que consumió 11% de maíz transgénico, y en las ratas hembras hubo seis veces mayor mortalidad durante el mes 21 de las que estaban con dieta de una dosis de 22% de maíz transgénico, con y sin Roundup. En los grupos de tratamiento de hembras, hubo dos a tres veces más muertes en comparación con los controles al final del experimento, y estas muertes ocurrieron en forma más temprana. Las hembras eran más sensible a la presencia de Roundup en el agua de beber que los machos, como queda en evidencia por su más corta sobrevida. Las causas más frecuentes de muerte estaban asociadas en hembras a grandes tumores mamarios, y en machos, a fallo hepático y renal.

Se reportaron tres tipos de tumores: tumores no regresivos palpables (NRPTs), pequeños tumores internos, y tumores en metástasis

(extensión a otras partes del cuerpo). En cuanto a la mortalidad, la incidencia de tumores pareció variar entre machos y hembras. La mayor parte de las muertes de machos se dieron entre quienes tenían pequeños tumores internos, y esto fue así casi para la mitad de las hembras, aunque la proporción varió entre los tratamientos. Los casos de NRPT en ratas hembra fueron mayormente tumores mamarios. Las metástasis fueron escasas.

Ninguno de los tratamientos afectó la incidencia de los tumores internos pequeños o de los de metástasis, pero todos los tratamientos aumentaron la frecuencia de NRPTs en comparación con los controles. Más aún, los NRPTs comenzaron a presentarse más temprano en los grupos tratados que en los grupos de control. Para machos y hembras, respectivamente, el primer NRPT se presentó alrededor de los 700 y 400 días en los grupos control, en comparación con los 100 y 200-300 días en los grupos en tratamiento con maíz transgénico, y en alrededor de 530-600 y 200-400 días en los tratamientos con agua que contenía dosis de Roundup.

Aunque esto no fue un estudio de carcinogenicidad sino un estudio de toxicidad crónica, la aparición de tumores es relevante por dos razones. Primero, se requiere que los investigadores reporten los tumores incluso en los estudios de toxicidad, según el protocolo de toxicidad crónica establecido por la OCDE (Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo) (6). Segundo, algunos tipos de tumores pueden indicar disfunciones metabólicas que deben ser exploradas en estudios posteriores.

Sin embargo, la extrema importancia de la prueba de seguridad de los transgénicos es el momento en que aparecen los tumores. Los primeros NRPTs se detectaron a los 4 y 7 meses para ratas macho y hembras respectivamente, mientras que la mayor parte de los tumores se presentan después de los 18 meses. Esto ilustra la inutilidad de dar crédito a experimentos de 90 días de alimentación para detectar riesgos potenciales de exposición crónica a transgénicos y sus plaguicidas asociados.

Efectos hormonales

Tanto el maíz transgénico NK603 como el Roundup alteraron la regulación de las hormonas en forma significativa y en forma independiente. Las sustancias que generan eso se conocen como disruptores endocrinos o alteradores de la función endocrina. El equipo de Séralini sugirió posibles formas a través de las cuales eso podría estar sucediendo.

El rasgo transgénico insertado en el maíz NK603 causa la sobreexpresión de una enzima clave que podría de otra manera estar suprimida por el glifosato. La versión transgénica de la enzima no resulta afectada por glifosato, lo que quiere decir que la planta transgénica puede sobrevivir aunque se la fumigue con el herbicida glifosato. Sin embargo, en su estado original, no modificado, esta enzima cataliza el primer paso del camino del ácido shikimico, un baúl metabólico importante con muchas funciones. Una de estas funciones es la producción de los metabolitos, de los ácidos cafeicos y ferúlicos que pueden inhibir el crecimiento de tumores. Se sabe que el ácido ferúlico modula la actividad estrogénica en los mamíferos y el crecimiento de la mayor parte de los tumores mamarios es dependiente del estrógeno.

Además de posibles impactos metabólicos en cadena del rasgo transgénico, también es necesario dar cuenta del efecto independiente del glifosato. Se sabe que Roundup, que puede estar presente como residuo en los tratamientos con maíz fumigado como también en los tratamientos de agua con una dosis del herbicida, altera la aromatasa. Esta enzima, también conocida como estrógeno sintetase, cataliza la conversión de un andrógeno en estrógeno. Se ha demostrado después en estudios citados por el equipo de Séralini que impacta en los receptores de andrógenos y estrógenos, y que actúa como un alterador o disruptor endocrino de las hormonas sexuales.

Más aún, en estudios desarrollados *in vitro* (experimentos de laboratorio no desarrollados en animales vivos o seres humanos) se ha demostrado que el glifosato actúa como un sustituto del estrógeno capaz de estimular el crecimiento de células cancerosas del pecho dependientes del estrógeno, en dosis muy bajas (7). Esto puede ser un factor

que contribuye a un crecimiento más rápido de los tumores mamarios en los grupos tratados con Roundup.

Por tanto el maíz transgénico, así como el herbicida Roundup del cual depende, tuvieron efectos tóxicos en la fisiología mamaria de un modo específico de género. En otras palabras, los efectos en animales machos fueron diferentes de los que se presentaron en hembras.

Las respuestas al tratamiento registradas en este estudio fueron no-lineales, es decir el efecto no aumentó en proporción a la dosis. Parecían ser más bien el reflejo de una respuesta tipo umbral. Por ejemplo, la incidencia de NRPTs en ratas hembras fue uniforme a lo largo de las tres dosis de Roundup contenidas en el agua de beber. Esto sugeriría que aun la dosis más baja fue lo suficientemente alta como para estar en el umbral de una respuesta completa. Los efectos de disrupción endocrina pueden actuar a concentraciones extremadamente bajas y pueden ser no lineales. (8). Esto puede explicar porqué la mortalidad pareció ser más alta en machos alimentados con una dieta que tenía un 11% de maíz, que con una dieta que contenía 22% de maíz o un 33% de maíz.

Los hallazgos del estudio cuestionan la premisa central de los transgénicos, es decir que es factible insertar un gen transgénico para conferir un rasgo único específico sin que se comprometa la expresión de otros rasgos que aparentemente no están relacionados con aquel.

El estudio fue una bomba

El estudio fue llamado “una bomba” por Corinne Lepage, un miembro francés del Parlamento Europeo y anterior ministra de medio ambiente de Francia. Lepage explicó que la investigación expuso la debilidad de los estudios desarrollados por la industria para lograr las autorizaciones regulatorias (9). El maíz transgénico había sido encontrado seguro previamente por los reguladores a nivel global, incluida la autoridad sanitaria europea EFSA(3) sobre la base de un estudio de 90 días realizado por Monsanto (2).

Si se tomara en serio el estudio, podría causar el colapso de la industria mundial de los transgénicos y de los sistemas regulatorias que han

aprobado los alimentos transgénicos como seguros desde los años 90.

Como ejemplo del impacto del estudio, en una demanda llevada adelante por Greenpeace Asia contra el gobierno filipino, siete testigos expertos trataron infructuosamente de rebatirlo a nivel legal. El tribunal falló a favor de Greenpeace y prohibió la introducción de la berenjena transgénica Bt sobre la base del principio de precaución (10).

Campaña para desacreditar el estudio

A pocas horas de la publicación del estudio (1), comenzó el sostenido ataque de los científicos pro transgénicos y sus lobbyistas. El Centro de Medios Científicos del Reino Unido (Science Media Centre) (11), una organización que defiende y promueve la tecnología transgénica y ha tenido financiamiento de transnacionales como Monsanto y Syngenta, lideró la campaña de difamación (12,13).

Los críticos de Séralini pronto volcaron su atención a tratar de controlar la revista científica que había publicado el estudio para que lo retirara (retractara). Muchos de los críticos tenían conflictos de interés ocultos con la industria de los transgénicos o con los grupos de lobby financiados por la industria, o con organizaciones con intereses comprobados para lograr la aceptación pública de la tecnología transgénica (14, 15).

El estudio también fue desechado por las agencias regulatorias, incluyendo la EFSA (16, 17, 18, 19). Sin embargo estas eran las mismas agencias que previamente habían aprobado este u otros alimentos transgénicos como seguros. Por ejemplo, en 2003 EFSA había dado a conocer su posición acerca de que el maíz transgénico NK603 era tan seguro como el maíz convencional (3), una opinión que había servido como base para su autorización en Europa en uso como alimento y forraje.

EFSA también había previamente argumentado que los experimentos de alimentación durante 90 días eran suficientes para ver incluso los efectos tóxicos crónicos (de largo plazo), agregando que incluso estas pruebas cortas no siempre eran necesarias (20). Sin embargo los primeros tumores en el experimento de Séralini sólo se mostraron a

los cuatro meses del estudio, un mes completo después de que hubiera terminado un experimento de 90 días (21). El estudio de Séralini mostró que los experimentos de 90 días son inadecuados para encontrar efectos crónicos. De esta manera, para EFSA aceptar que el estudio hubiera tenido alguna validez habría sido equivalente, como dijo Corinne Lepage, (diputada francesa y anterior ministro del medio ambiente) a “cortar la rama bajo la cual la agencia se había instalado durante años”.

La Academia Francesa de Ciencias emitió una declaración atacando el estudio de Séralini pero fue fuertemente cuestionada por una emi-nencia de la academia, Paul Dehuvels. (22).

Las críticas hacen una descripción equívoca del estudio

Las críticas más importantes dirigidas al estudio de Seraline son respondidas en el sitio web gmoSéralini.org creado por científicos y ciudadanos que estaban preocupados de que los importantes hallazgos estaban siendo sepultados. El equipo de Séralini también ha replicado a las críticas en las páginas de la revista que publicó su investigación original (23)

Las críticas se basan en una descripción errónea del estudio, como si fuera un estudio de carcinogenicidad (cáncer) con fallas. En realidad, era un estudio de toxicidad de largo plazo (crónica), como queda claro con el título y la introducción (1). Criticar el estudio sobre esa base es equivalente a criticar un gato por no ser perro. Es simplemente irrelevante, aparentemente se hace para distraer la atención de los principales hallazgos del estudio que eran de naturaleza toxicológica e incluían severo daño a los órganos y alteraciones hormonales.

La crítica de que eran “muy pocas ratas”

La crítica dirigida contra el aspecto estadístico del estudio de Séralini es que la cantidad de ratas del experimento (diez por cada grupo de género) era demasiado pequeña para sacar conclusiones sobre tumores. Los críticos proclamaron que dado el relativamente bajo número de ratas y la tendencia de la cepa de ratas Sprague-Dawley a desarrollar

espontáneamente tumores, el dramático aumento en los grandes tumores palpables en los grupos de ratas tratadas se debía únicamente a una variación al azar y no a los efectos del maíz transgénico y el herbicida Roundup (11).

Sin embargo el estudio de Séralini no era un estudio de carcinogenicidad para lo cual se usan generalmente grupos más grandes de ratas. Era un estudio de toxicidad crónica que de manera inesperada encontró un aumento en la incidencia de tumores. La cantidad de ratas utilizadas era adecuada para un estudio de toxicidad crónica (24). Por ejemplo, el protocolo de toxicidad crónica fijado por la OCDE para las pruebas de la industria de sustancias químicas recomienda que se usen grupos de 20 ratas por sexo, pero estipula que se necesita analizar químicamente la sangre y orina de sólo un 50% (10 por sexo por grupo) (6). Esta es la misma cantidad que Séralini usó en total, de manera que su experimento entregó la misma cantidad de datos de los estudios de toxicidad crónica de OCDE, que conforman la base de las autorizaciones de miles de sustancias químicas a nivel global. Además, el hecho de que Séralini analizó el 100% de los animales en su estudio significa que él evitó el prejuicio de selección introducido por la práctica de la OCDE de permitir que se analizara sólo un 50% de los animales.

El eminente hombre de estado y miembro de la Academia de Ciencias de Francia Paul Deheuvels, ha defendido los aspectos estadísticos del estudio de Séralini, incluyendo la cantidad de ratas utilizadas. Deheuvels argumenta que solo se necesita cantidades más grandes de ratas (generalmente 50 por sexo por grupo) en estudios de cáncer que prueban la seguridad de una sustancia para evaluaciones regulatorias. En el diseño se exige que haya más cantidad para evitar que haya errores de falsos negativos, en los cuales existe un efecto tóxico pero se deja de lado porque se usaron demasiado pocas ratas como para demostrarlo de forma confiable (25).

La afirmación de Deheuvel se confirma por la pauta 116 de la OCDE sobre cómo desarrollar estudios de carcinogenicidad y estudios de toxicidad crónica, la cual establece que el objetivo de usar cantidades más altas de animales es “aumentar la sensibilidad del estudio”(26).

La falta de sensibilidad del diseño del estudio no fue problema en la investigación de Séralini, ya que se vió un aumento dramático de la incidencia de tumores en los grupos de ratas tratadas, a pesar del tamaño relativamente pequeño de los grupos. Deheuvels dijo que esto entregaba certera evidencia acerca de que el maíz transgénico y el Roundup probados eran en realidad tóxicos (25).

Peter Saunders, profesor emérito de matemáticas del King's College de Londres coincidió con Deheuvel en que el hecho que Séralini hubiera usado grupos más pequeños “en todo caso hace el resultado más convincente en lugar de hacerlo menos convincente”. Saunders explicó: “Usar una cantidad más pequeña de ratas en realidad hacía menos probable que se observara cualquier efecto. El hecho que a pesar de la pequeña cantidad de animales se haya observado un efecto, hizo que el resultado fuera aun más serio” (27).

La crítica sobre el uso de una “cepa equivocada” de ratas

Séralini también fue criticado por usar la cepa Sprague-Dawley de ratas, que según los críticos es llamativamente proclive a los tumores (11). El razonamiento usado es que las ratas iban a tener tumores de todas maneras, aunque no hubieran estado expuestas a maíz transgénico NK603 y a Roundup.

Pero esta es una crítica absurda. La rata Sprague-Dawley (SD) es de una cepa estándar para experimentos de toxicidad crónica como el de Séralini, y también para los de carcinogenicidad (28). En los estudios que fueron la base para su autorización regulatoria, desarrollados por Monsanto acerca de toxicidad crónica, carcinogenicidad, y toxicidad reproductiva de alimentación de ratas con glifosato (el principal ingrediente del herbicida Roundup) se usó la cepa de rata SD (29,30).

Si la rata SD era la cepa errada para su uso por Séralini, entonces también era errado utilizarla en otros estudios también y se tendría que revocar las autorizaciones al mercado para miles de sustancias químicas y alimentos transgénicos autorizados sobre la base de estos estudios.

Monsanto también usó la cepa SD de ratas en su estudio de 90 días sobre maíz transgénico NK603 (2). Séralini escogió la misma cepa para que su estudio pudiera ser comparado con el de Monsanto. Si él hubiera usado una cepa diferente, indudablemente habría sido criticado porque su estudio no podría ser comparado con el de Monsanto.

Se ha argumentado que la rata SD es aceptable para estudios de carcinogenicidad que usan gran cantidad de animales, pero no para estudios que usan cantidades más pequeñas, debido a que es de naturaleza “proclive a los tumores”. Sin embargo, como ya señalamos, el estudio de Séralini no era un estudio de carcinogenicidad sino de toxicidad crónica que inesperadamente encontró un aumento en la incidencia de tumores.

En realidad, hay razones para dudar de las afirmaciones acerca de que la rata SD es especialmente proclive a tumores. La rata SD tiene tantas probabilidades de desarrollar tumores cancerígenos como los seres humanos que viven en países industrializados, como se ve en los datos del Instituto Ramazzini de Italia, que se especializa en investigación en carcinogenicidad y usa esta cepa de ratas (31).

Y aunque los tumores no son necesariamente cancerosos, la incidencia de tumores en los animales de control del experimento de Séralini era coherente con los datos sobre incidencia de cáncer en seres humanos en el Reino Unido. En el estudio de Séralini, 30% de las hembras del grupo control desarrollaron tumores (1), y el riesgo vital de desarrollar cáncer en el Reino Unido (excluyendo el cáncer a la piel no melanoma) es de un 37% para mujeres y 40% para hombres (32). Debería destacarse también que sólo uno de los diez grupos de control machos del experimento de Séralini desarrolló un tumor, y eso ocurrió muy al final de su vida (1).

Apoyo de científicos

El estudio de Séralini fue apoyado por centenares de científicos independientes de todo el mundo en una serie de cartas, declaraciones y artículos (33, 34, 35, 36, 37, 38, 39).

Dos grupos de investigación científica de interés público condenaron el doble estándar con el cual las autoridades regulatorias criticaron desenfadadamente el estudio de Séralini por debilidades en la metodología, y sin embargo aceptaron por su valor de presentación, estudios mucho más débiles llevados adelante por la industria de transgénicos como prueba de la seguridad de sus productos (36,40).

Aunque ningún estudio de investigación es perfecto y todos tienen limitaciones de alcance, el estudio de Séralini es a la fecha el estudio con el diseño más cuidadoso, completo y detallado sobre un alimento transgénico.

La retractación

Un año después que el estudio de Séralini pasó la revisión de pares y fue publicado en la revista *Elsevier Food and Chemical Toxicology* (FCT), el Dr. A. Wallace Hayes, editor jefe de la revista aparentemente cedió a la presión y retiró el *paper* (41). La retractación fue el resultado de un segundo proceso de revisión post publicación, sin transparencia, hecho por personas anónimas de desconocida competencia profesional y que usaron términos de referencia secretos (42). Además, esto ocurrió después del nombramiento como miembro del comité editorial de la revista de un científico que trabajaba anteriormente con Monsanto, Richard E. Goodman, (43).

Las razones entregadas por Hayes para retractarse de la publicación del estudio no tienen precedentes en la historia de las publicaciones científicas. Según el comité sobre Éticas de Publicación (COPE) del cual FCT (*Food and Chemical Toxicology*) es miembro (44), la retractación o retiro de una investigación publicada se reserva para casos de hallazgos no confiables debido a error sin mala intención, conducta errada, plagio, e investigación no ética (45). Ninguno de esos criterios se aplican al *paper* de Séralini, lo cual fue reconocido por Hayes en una carta al Profesor Séralini. Hayes declaró que un examen de los datos brutos de Séralini había revelado que “no existe evidencia de fraude o entrega intencionalmente errada de datos” y que los resultados presentados “no eran incorrectos” (42).

Hayes agregó que la retractación solo se debió a la naturaleza “poco concluyente” de los resultados relacionados con las tasas de incidencia de tumor y mortalidad, sobre la base del número relativamente bajo de animales y la cepa de rata utilizada (42). En una declaración posterior, Hayes pareció contradecir su afirmación previa de que los resultados “no eran incorrectos”. El ahora sostuvo que el *paper* era un ejemplo de hallazgos no confiables debido a “error honesto”. El escribió: “La estadística no es concluyente, por tanto la afirmación (es decir la conclusión) de que el maíz NK603 Roundup Ready y/o el herbicida Roundup están asociados a cáncer no es confiable...lo que estamos retirando es todo el *paper*, con la afirmación de que hay una asociación definitiva entre transgénicos y cáncer” (46).

Sin embargo, esta es una presentación errónea del *paper* de Séralini. Los autores no proclamaron que el maíz transgénico NK603 y/o el herbicida Roundup estaban “asociados al cáncer” y menos que esa era una asociación definitiva. En realidad, la palabra cáncer ni siquiera se usa en el *paper* y los autores especificaron en su introducción que el estudio no fue diseñado como un estudio de carcinogenicidad (1).

Más aun, es inaceptable retirar un *paper* completo sobre la base de la supuesta falla en la conclusión de algunos de sus hallazgos. Los hallazgos de toxicidad crónica –fallo en órganos y disrupción hormonal – tienen bases sólidas y estadísticamente significativas y no han sido cuestionados por Hayes. Sin embargo estos hallazgos han sido sacados del registro sobre la base de la supuesta falta de conclusión definitiva de una parte de los hallazgos del estudio relativa a las tasas de tumores y mortalidad.

Científicos condenan la retractación

La retractación fue condenada por científicos de todo el mundo, muchos de los cuales cuestionaron la sola idea de que un estudio científico debiera producir “resultados concluyentes”. El profesor Jack Heinemann del Centro de Investigación Integrada en Bioseguridad de Nueva Zelanda aplicó el criterio de “conclusión definitiva” de Hayes a varios estudios revolucionarios y señeros en la historia de la ciencia.

Heinemann encontró que entre los estudios que deberían haber sido retractados sobre la base de no tener una “conclusión definitiva” estaban dos *papers* pioneros de los ganadores del Premio Nobel, James Watson y Francis Crick, al describir la estructura del ADN y cómo podría ser replicada. Watson y Crick expresaron importantes calificaciones en su datos, las cuales sólo se confirmaron en un estudio posterior cinco años después. Sin embargo al momento de su publicación se reconoció que estos hallazgos no eran totalmente concluyentes.

Heinemann concluyó que en la ciencia, obtener resultados que no son definitivos no es “poco frecuente” y que esos hallazgos deben ser permitidos para permitir que pasen la prueba del tiempo y de investigación futura (47).

David Schubert, un profesor del Instituto Salk de Estudios Biológicos de Estados Unidos comentó acerca la razón entregada para la retractación: “Los editores sostienen que la razón fue que ‘no se podían alcanzar conclusiones definitivas’. Como científico yo puedo asegurar a ustedes que si esa fuera una razón válida para retractar una publicación, una parte muy grande de la literatura científica no existiría” (48). Esa crítica no tiene validez. La cepa de rata es la que se requiere por la FDA para estudios de toxicología en remedios y los efectos tóxicos fueron importantes de una forma que no deja duda alguna. (48)

La Red Europea de Científicos por la Responsabilidad Social y Ambiental (ENSSER) dijo en una declaración que la retractación viola los “estándares de la ciencia de calidad”, agregando: “Los resultados definitivos son escasos en la ciencia y ciertamente un editor y un equipo secreto de personas que usan criterios y métodos no revelados no son quienes deben decidir sobre ello. La ciencia independiente debería dejar de existir si este fuera un procedimiento aceptado” (49). ENSSER denunció la falta de transparencia sobre cómo se tomó la decisión de retirar el *paper*, destacando: “En un caso como éste, donde muchos de los que denuncian el estudio tienen vínculos prolongados y bien documentados vínculos con la industria transgénica, y por tanto un claro interés en desacreditar los resultados del estudio, tal falta de transparencia es inexcusable, no es científica y es inaceptable. Levanta sos-

pechas en el sentido que la retractación es un favor para la industria interesada, principalmente Monsanto”(49).

Un grupo de científicos mexicanos también critica a Hayes por ceder a una “presión” de compañías transnacionales para retractar el estudio. Elena Alvarez-Buylla, miembro de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS) dijo que la retractación “no tiene base científica y es la respuesta a las presiones de las compañías multinacionales que venden cultivos transgénicos” (50).

Tres investigadores que escriben en la revista científica *Environmental Health Perspectives* declararon que la retractación de cualquier *paper* sobre la base de falta de conclusiones definitivas “tiene implicaciones dañinas para la integridad del concepto del proceso de revisión de pares concebida como la base crítica de investigación científica no basada en intereses o prejuicios y muestra “un vuelco importante y destructivo en el manejo de la publicación de investigación científica de carácter controvertido (51).

La retractación fue condenada como un acto de “censura científica por 181 científicos en el sitio web endsciencecensorship.org (52). Algunos de los autores escribieron un artículo en el sitio explicando por qué la retractación no tenía justificación ética ni científica. Destacaron que aunque en la ciencia existen conclusiones definitivas “tienden a ser encontradas en campos que han sido estudiados por muchos años. Por ejemplo, hay una conclusión definitiva de que existe en la tierra la gravedad, pero a ninguna revista le interesaría publicar hechos tan conocidos. Las publicaciones científicas son sobre los conocimientos científicos nuevos y las nuevas estadísticas. Casi nunca esto llega acompañado de “conclusiones definitivas” (53).En otra iniciativa distinta de la anterior, en el sitio del Instituto de Ciencia en Sociedad, más de 1.340 científicos se comprometieron a hacer un boicot a Elsevier por la retractación (54). La parlamentaria francesa Corinne Lepage comentó que el objetivo de la retractación era cerrar para siempre la posibilidad de que se hagan estudios de largo plazo en transgénicos. Ella dijo “El estudio de Gilles-Eric Séralini no debería haber existido. Pero existió. Ahora hay que hacer como si nunca hubiera existido”(55).

Conclusiones

El estudio de Séralini es el estudio más profundo que jamás se haya desarrollado sobre un alimento transgénico y su plaguicida asociado.

Los ataques al estudio y su consiguiente retractación por el editor de la revista que la publicó, han sido ampliamente condenados por científicos que han dicho que la retractación estuvo motivada por razones comerciales, basadas en descripciones erradas del estudio y sin justificación científica. Las razones dadas por el editor para la retractación – que el estudio en algunos aspectos no arrojaba conclusiones definitivas – no son creíbles, ya que la falta de conclusiones definitivas es común a los estudios científicos.

Además, los principales hallazgos del estudio, que consisten en el fallo de órganos internos y la alteración hormonal son estadísticamente significativos y no están cuestionados por el editor de la revista. Sin embargo se ha retirado todo el estudio sobre la base de la supuesta falta de conclusión definitiva de algunos de sus hallazgos sobre las tasas de incidencia de tumores y mortalidad.

Cualquier falta de certeza, así como las interrogantes que emergen de los hallazgos del estudio pueden ser resueltas únicamente por posteriores estudios de largo plazo.

Mientras tanto, el maíz transgénico NK603 y el Roundup deberían ser retirados del mercado, ya que no se ha probado que sean seguros a largo plazo y el estudio de Séralini y sus colegas entrega evidencia de que no son seguros.

Referencias al Apéndice 3

1. Séralini GE, Clair E, Mesnage R, et al. [RETRACTED:] Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem Toxicol.* 2012;50:4221-4231.
2. Hammond B, Dudek R, Lemen J, Nemeth M. Results of a 13 week safety assurance study with rats fed grain from glyphosate tolerant corn. *Food Chem Toxicol.* 2004;42:1003-14. doi:10.1016/j.fct.2004.02.013.
3. European Food Safety Authority (EFSA). Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the safety of foods and food ingredients derived from herbicide-tolerant genetically modified maize NK603, for which a request for placing on the market was submitted under Article 4 of the Novel Food Regulation (EC) No 258/97 by Monsanto (QUESTION NO EFSA-Q-2003-002): Opinion adopted on 25 November 2003. *EFSA J.* 2003;2003(9):1-14.
4. De Vendomois JS, Roullier F, Cellier D, Séralini GE. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci.* 2009;5:706-26.
5. Séralini GE, de Vendomois JS, Cellier D, et al. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *Int J Biol Sci.* 2009;5:438-43.
6. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). OECD guideline no. 452 for the testing of chemicals: Chronic toxicity studies: Adopted 7 September 2009. 2009. Available at: <http://bit.ly/LxJT1Z>.
7. Thongprakaisang S, Thiantanawat A, Rangkadilok N, Suriyo T, Satayavivad J. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. *Food Chem Toxicol.* 2013. doi:10.1016/j.fct.2013.05.057.
8. Vandenberg LN, Colborn T, Hayes TB, et al. Hormones and endocrine-disrupting chemicals: Low-dose effects and nonmonotonic dose responses. *Endocr Rev.* 2012;33(3):378-455. doi:10.1210/er.2011-1050.
9. Lepage C. OGM: Une étude et une démarche historiques [GMOs: A study and a historical approach]. *Huffington Post.* <http://huff.to/10Jp0PP>. Published September 24, 2012.
10. Republic of the Philippines Court of Appeals, Manila, Former Special 13th Division. Greenpeace Southeast Asia et al. vs Environmental Management Bureau of the Dept of Environment and Natural Resources et al. CA-G.R. SP No. 00013: Resolution. Manila, Philippines; 2013:10.
11. Science Media Centre. Expert reaction to GM maize causing tumours in rats [press release]. <http://bit.ly/163wOg6>. Published September 19, 2012.
12. Powerbase. Science Media Centre. 2014. Available at: http://www.powerbase.info/index.php/Science_Media_Centre.
12. Science Media Centre. Funding. 2012. Available at: <http://bit.ly/11sRAzV>.
14. Matthews J. Smelling a corporate rat. *Spinwatch.* <http://bit.ly/184fwif>. Published December 11, 2012.
15. Sourice B. OGM: La guerre secrète pour décrédibiliser l'étude Séralini [The covert war to discredit Séralini's study]. *Rue 89/Le Nouvel Observateur.* <http://blogs>.

- ruel9.nouvelobs.com/de-interet-conflit/2012/11/12/ogm-la-guerre-secrete-pour-decredibiliser-letude-Seralini-228894. Published November 12, 2012.
16. European Food Safety Authority (EFSA). Review of the Séralini et al. (2012) publication on a 2-year rodent feeding study with glyphosate formulations and GM maize NK603 as published online on 19 September 2012 in Food and Chemical Toxicology. EFSA J. 2012;10:2910.
 17. European Food Safety Authority (EFSA). Final review of the Séralini et al. (2012a) publication on a 2-year rodent feeding study with glyphosate formulations and GM maize NK603 as published online on 19 September 2012 in Food and Chemical Toxicology. EFSA J. 2012;10:2986.
 18. Haut Conseil des Biotechnologies Comité Scientifique (France). Avis en réponse à la saisine du 24 septembre 2012 relative à l'article de Séralini et al (Food and Chemical Toxicology, 2012). 2012. Available at: <http://bit.ly/ZODCDn>.
 19. ANSES (French Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety). Opinion concerning an analysis of the study by Séralini et al. (2012) "Long term toxicity of a ROUNDUP herbicide and a ROUNDUP-tolerant genetically modified maize." 2012. Available at: <http://www.anses.fr/sites/default/files/files/BIOT2012sa0227EN.pdf>.
 20. European Food Safety Authority (EFSA) GMO Panel Working Group on Animal Feeding Trials. Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: The role of animal feeding trials. Food Chem Toxicol. 2008;46:S2-70. doi:10.1016/j.fct.2008.02.008.
 21. Lepage C. OGM: l'EFSA a manqué à une déontologie élémentaire [GMOs: EFSA breaches basic ethical code]. Le Nouvel Observateur. <http://bit.ly/QWjizy>. Published October 7, 2012.
 22. Guyon C. Académie des sciences: le scandale des OGM [French Academy of Sciences: The GMO scandal]. Rebelle-Santé. 2013;(153). Available at: <http://gmoSeralini.org/french-academy-of-sciences-the-gmo-scandal/>.
 23. Séralini GE, Mesnage R, Defarge N, et al. Answers to critics: Why there is a long term toxicity due to NK603 Roundup-tolerant genetically modified maize and to a Roundup herbicide. Food Chem Toxicol. 2013;53:461-8.
 24. GMOSeralini.org. Criticism: Séralini used too few animals to draw any conclusions.; 2013. Available at: <http://gmoSeralini.org/criticism-Seralini-used-too-few-animals/>.
 25. Deheuvels P. Étude de Séralini sur les OGM: Pourquoi sa méthodologie est statistiquement bonne [Séralini study on GMOs: Why the methodology is statistically sound]. Le Nouvel Observateur. <http://www.gmwatch.org/component/content/article/14294>. Published October 9, 2012.
 26. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Guidance document 116 on the conduct and design of chronic toxicity and carcinogenicity studies, supporting test guidelines 451, 452 and 453: 2nd edition: Environment directorate joint meeting of the chemicals committee and the working party on chemicals, pesticides and biotechnology. 2012.
 27. Saunders P. Excess cancers and deaths with GM feed: The stats stand up. Sci Soc. 2012. Available at: http://www.i-sis.org.uk/Excess_cancers_and_deaths_from_GM_feed_stats_stand_up.php. GMO Myths and Truths 159

28. Meyer H, Hilbeck A. Rat feeding studies with genetically modified maize - a comparative evaluation of applied methods and risk assessment standards. *Environ Sci Eur.* 2013;25(33). Available at: <http://www.enveurope.com/content/pdf/2190-4715-25-33.pdf>.
29. Rapporteur member state Germany. Monograph on glyphosate: Glyphosate: Annex B-5: Toxicology and metabolism: Full Report Glyphosat 05: Volume 3-1_Glyphosat_05.pdf. German Federal Agency for Consumer Protection and Food Safety (BVL); 1998. Available at: <http://bit.ly/12Af5cm>.
30. Rapporteur member state Germany. Monograph on glyphosate: Glyphosate: Annex B-5: Toxicology and metabolism: Vol 3-1 Glyphosat 04. German Federal Agency for Consumer Protection and Food Safety (BVL); 1998. Available at: <http://bit.ly/QwOnPA>.
31. Soffritti M, Belpoggi F, Degli Esposti D. Cancer prevention: The lesson from the lab. In: Biasco G, Tanneberger S, eds. *Cancer Medicine at the Dawn of the 21st Century: The view from Bologna*. Bologna: Bononia University Press; 2006:49–64. Available at: http://www.ramazzini.it/ricerca/pdfUpload/Cancer%20Medicine%2049-64_2006.pdf.
32. Sasieni PD, Shelton J, Ormiston-Smith N, Thomson CS, Silcocks PB. What is the lifetime risk of developing cancer?: The effect of adjusting for multiple primaries. *Br J Cancer.* 2011;105:460-5. doi:10.1038/bjc.2011.250.
33. Bardocz S, Clark EA, Ewen SW, et al. Séralini and science: an open letter. *Independent Science News.* <http://bit.ly/11NhFKw>. Published October 2, 2012.
34. Andalo C, Chercheuse AHS, Atlan A, Auclair D, Austerlitz F, Barot S. Science et conscience [Science and conscience]. *Le Monde.* <http://bit.ly/ZEtOUM>. Published November 14, 2012.
35. Heinemann J. Letter to the editor. *Food Chem Toxicol.* 2013;53:427.
36. European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER). Questionable biosafety of GMOs, double standards and, once again, a “shooting-the-messenger” style debate. Berlin, Germany; 2012. Available at: <http://bit.ly/SHCfvm>.
37. GMOSéralini.org. What was the reaction to the study? Available at: <http://gmoSéralini.org/faq-items/what-was-the-reaction-to-the-study-2/>.
38. Agence France Presse. OGM: Séralini publie une liste de soutien de 193 scientifiques internationaux. *20minutes.fr.* <http://bit.ly/11LJlk8>. Published November 16, 2012.
39. Battaglia D. Kritische Gentech-Forschung: “Hier geht es um viel Geld” [Crucial GM research: “This is about large sums of money”]. *Tages Woche.* <http://www.gmwatch.org/index.php/news/archive/2012/14458>. Published November 2, 2012.
40. Then C. The European Food Safety Authority: Using double standards when assessing feeding studies: A Testbiotech background. Munich, Germany; 2012. Available at: <http://www.testbiotech.de/node/725>.
41. Elsevier. Elsevier announces article retraction from Journal Food and Chemical Toxicology. 2013. Available at: <http://www.elsevier.com/about/press-releases/research-and-journals/elsevier-announces-article-retraction-from-journal-food-and-chemical-toxicology#sthash.VfY74Y24.dpuf>.

42. Hayes AW. Letter to Professor GE Seralini. 2013. Available at: http://www.gmwatch.org/files/Letter_AWHayes_GES.pdf.
43. Robinson C, Latham J. The Goodman affair: Monsanto targets the heart of science. Earth Open Source Indep Sci News. 2013. Available at: <http://bit.ly/1hC69y4>.
44. Committee on Publication Ethics (COPE). Members: Food and Chemical Toxicology. 2014. Available at: <http://publicationethics.org/members/food-and-chemical-toxicology>.
45. Committee on Publication Ethics (COPE). Retraction guidelines. 2009. Available at: <http://publicationethics.org/files/retraction%20guidelines.pdf>.
46. Hayes AW. Food and Chemical Toxicology editor-in-chief, A. Wallace Hayes, publishes response to Letters to the Editors. 2013. Available at: <http://www.elsevier.com/about/press-releases/research-and-journals/food-and-chemical-toxicology-editor-in-chief,-a.-wallace-hayes,-publishes-response-to-letters-to-the-editors#sthash.tTW2LCGq.dpuf>.
47. Heinemann J. Let's give the scientific literature a good clean up. Biosafetycooperative.newsvine.com. 2013. Available at: <http://bit.ly/1aeULiB>.
48. Schubert D. Science study controversy impacts world health. U-T San Diego. <http://www.utsandiego.com/news/2014/jan/08/science-food-health/>. Published January 8, 2014.
49. European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility (ENSSER). Journal's retraction of rat feeding paper is a travesty of science and looks like a bow to industry: ENSSER comments on the retraction of the Seralini et al. 2012 study. Berlin, Germany; 2013. Available at: <http://bit.ly/1cytNa4>.
50. AFP. Mexican scientists criticise journal's retraction of study on GMO. terra. cl. <http://bit.ly/1jV11HZ>; English translation available at: <http://gmwatch.org/index.php/news/archive/2013/15225>. Published December 18, 2013.
51. Portier CJ, Goldman LR, Goldstein BD. Inconclusive findings: Now you see them, now you don't! Environ Health Perspect. 2014;122(2).
52. EndScienceCensorship.org. Statement: Journal retraction of Seralini GMO study is invalid and an attack on scientific integrity. 2014. Available at: <http://www.endsciencencensorship.org/en/page/Statement#.UwUSP14vFY4>.
53. Antoniou M, Clark EA, Hilbeck A, et al. Reason given for retraction – inconclusiveness – is invalid. 2014. Available at: <http://www.endsciencencensorship.org/en/page/retraction-reason#.Uweb4l4vFY4>.
54. Institute of Science in Society. Open letter on retraction and pledge to boycott Elsevier. 2013. Available at: http://www.i-sis.org.uk/Open_letter_to_FCT_and_Elsevier.php#form.
55. European Parliament. Seralini au Parlement Européen (28/11/2013) - Elsevier retire l'étude sur les OGM.; 2013. Available at: <http://www.youtube.com/watch?v=4VSqeKd7M9k&feature=youtu.be>; Partial English translation of French transcript available at: <http://gmwatch.org/index.php/news/archive/2014/15271>.

Capítulo 4

Peligros para la salud del Roundup y el Glifosato

Un vistazo al capítulo

- Roundup, el herbicida basado en la sustancia química glifosato, al cual son tolerantes la mayor parte de los cultivos transgénicos, se vende como un herbicida seguro, sobre la base de estudios obsoletos y generalmente no publicados, hechos por sus fabricantes.
- Pero estudios de laboratorio y epidemiológicos confirman que el Roundup representa serios peligros para la salud, que incluyen alteración del sistema endocrino (las hormonas), daño al ADN, cáncer, malformaciones congénitas y alteraciones neurológicas.
- Algunos de estos efectos se encuentran en dosis bajas y reales que podrían ser halladas como residuos en alimento y forraje y en agua contaminada. La gente que come alimentos derivados de cultivos transgénicos podría estar ingiriendo niveles potencialmente peligrosos de residuos de Roundup.
- Se ha detectado Roundup y glifosato en aire, lluvia, agua subterránea, orina de personas e incluso en el torrente circulatorio de mujeres. El glifosato puede atravesar la barrera de la placenta y de este modo, el feto podría estar expuesto a la sustancia.
- La dosis “segura” para exposición a Roundup determinada por los reguladores no se basa en pruebas objetivas y actualizadas; por ello las regulaciones actuales no protegen al público.

Más del 75% de todos los cultivos transgénicos son manipulados para tolerar herbicidas. La soya Roundup Ready (RR) es el cultivo transgénico más vastamente conocido, constituyendo el 52% de todos los cultivos transgénicos (1). La soya RR está manipulada para tolerar el herbicida Roundup, cuyo principal ingrediente es el glifosato. El gen RR permite que los agricultores fumiguen el campo a voluntad con herbicida. Toda vida vegetal morirá, excepto el cultivo transgénico.

La extensión de la adopción de la soya transgénica RR en Norteamérica y Sudamérica ha llevado a aumentos masivos en el uso de Roundup y de otros herbicidas con glifosato (2).

En América del Sur se ha generado una crisis de salud pública debido a la fumigación de Roundup en soya transgénica, que a menudo es a través de fumigación aérea. El problema saltó a las primeras planas de los medios de comunicación a raíz de la publicación de un estudio hecho por investigadores argentinos en 2010 que mostraba que glifosato y Roundup causaban malformaciones congénitas en anfibios y embriones de pollos en dosis mucho más bajas que las utilizadas en las fumigaciones aéreas. Las malformaciones que se ven en los embriones experimentales eran similares a las malformaciones congénitas informadas en las áreas donde hay cultivos transgénicos en América del Sur.

Los investigadores sostuvieron que los resultados eran relevantes para los seres humanos porque estos tienen los mismos mecanismos de desarrollo que los vertebrados y los pollos. El estudio identificó la ruta por la cual glifosato y Roundup afectan el desarrollo del embrión, la ruta que muestra el ácido retinoico (3).

Un informe de médicos de Argentina basado en estadísticas clínicas informó de los siguientes efectos en la salud de gente expuesta a fumigación por agroquímicos (mayormente glifosato) en soya transgénica Roundup Ready: aumento en la incidencia de malformaciones congénitas, abortos, infertilidad, cánceres, daño al ADN (que puede llevar a cáncer y malformaciones congénitas), problemas de desarrollo neurológico en niños, daño al riñón, problemas respiratorios y alergias (4).

Un informe encomendado por el gobierno provincial de Chaco, Argentina, encontró que la tasa de malformaciones congénitas aumentó cuatro veces y las tasas de cánceres en niños se triplicaron en sólo una década en las áreas donde se fumiga muchísimo cultivos transgénicos de soya y arroz. El informe destacó que los problemas se centraban en “cultivos transgénicos, que requieren fumigación aérea y terrestre con agrotóxicos”; y se identificó a glifosato como una sustancia química que genera preocupación (5).

Estos temas son relevantes no sólo para las personas que viven en las regiones donde crecen los cultivos transgénicos de soya RR, sino para los consumidores que comen productos hechos de cultivos fumigados con glifosato. Los cultivos transgénicos RR no descomponen el glifosato sino lo absorben. Una parte se descompone (se metaboliza) convirtiéndose en una sustancia llamada ácido aminometilfosfónico (AMPA). Pero tanto el glifosato como AMPA permanecen en la planta y son ingeridos por la gente y los animales. Ambos son tóxicos.

La evidencia científica sugiere que Roundup y otras formulaciones comerciales son más tóxicas que el glifosato solo, sin embargo la industria hizo pruebas únicamente con glifosato solo para obtener la autorización de venta y la aprobación de los reguladores. Las formulaciones del herbicida que se venden y se usan no han sido adecuadamente probadas ni evaluadas en su seguridad.

4.1 Mito: Roundup es un herbicida seguro con baja toxicidad

Verdad: Roundup representa importantes peligros para la salud.

Roundup se vende como un herbicida “seguro”, sobre la base de estudios desactualizados y generalmente no publicados, hechos por sus fabricantes (6). Pero estudios toxicológicos y epidemiológicos independientes confirman que Roundup y glifosato presentan serios peligros para la salud, que se detallan a continuación.

4.1.2 La gente que come cultivos Roundup Ready puede estar comiendo residuos tóxicos

Los efectos generados en animales y seres humanos por la ingesta de cantidades crecientes de residuos de glifosato presentes en estos cultivos no han sido investigados adecuadamente. Por el contrario, los reguladores han ignorado los riesgos y han cambiado las reglas de seguridad para permitir mayores niveles de residuos de glifosato en los alimentos y la cadena alimentaria.

Por ejemplo, después de la comercialización de soya transgénica RR en 1996, los reguladores de la Unión Europea elevaron en 200 veces el límite máximo de residuos (LMR) permitido para glifosato en la soya importada, que subió de 0.1mg/kg a 20 mg/kg (7). El gobierno del Reino Unido sostuvo que eso era necesario para facilitar la nueva práctica agrícola de usar glifosato como un secante para “quemar” cultivos antes de la cosecha, facilitando la recolección de los granos o porotos (8). Pero ello también coincidió convenientemente con la introducción de la soya transgénica.

En realidad, un informe del año 1994 de la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR) indirectamente admitió que la soya transgénica fue un factor presente en la necesidad de elevar el límite. Esta reunión JMPR parece haber sido la fuente de la recomendación para el nuevo límite más elevado. La JMPR dijo que se

necesitaba ese cambio por la combinación de dos factores: el uso de glifosato como un secante previo a la cosecha; y para facilitar la “secuencia de aplicación de glifosato en el cultivo” (9), una práctica que sólo se puede hacer con soya transgénica, ya que de otra forma su uso mataría la soya no transgénica.

En una entrevista de prensa realizada en 1999, Malcolm Kane, que poco antes de esa fecha se había jubilado como jefe de seguridad alimentaria de la cadena de supermercados Sainsbury del Reino Unido, confirmó que los reguladores europeos elevaron el límite de residuos “para satisfacer a las compañías fabricantes de transgénicos” y facilitar el camino por el cual la soya transgénica ingresara a los alimentos y al mercado de alimentos. Kane agregó: “No se necesita ser un activista o ser totalmente anti -OGMs para destacar que los cultivos resistentes a herbicidas surgen a costa de contener importantes residuos de sustancias químicas del principio activo presentes en el herbicida comercial” (8).

Este alto límite de residuos es potencialmente inseguro, según estadísticas proporcionadas por estudios independientes que los reguladores de la Unión Europea ignoraron para fijar la dosis diaria de uso que aseguran es segura (10, 11, 12). Se ha descubierto que glifosato, AMPA y especialmente la formulación comercial Roundup son tóxicos, en algunos casos en niveles de dosis extremadamente bajas (13, 14, 15). Roundup daña y mata células humanas en niveles inferiores a los niveles utilizados en agricultura (16) y en niveles de residuos que se puede esperar sean encontrados en alimentos y forraje derivados de cultivos tratados con Roundup (13). Roundup es un alterador endocrino poderoso (alterna la función hormonal) en concentraciones hasta 800 veces más bajas que los niveles más altos permitidos para alimento y forraje (17). De manera que la gente que come productos alimentarios de cultivos transgénicos RR está comiendo cantidades de estas sustancias que pueden tener efectos tóxicos.

4.1.3 Hay estudios que muestran efectos tóxicos de glifosato y Roundup

Estudios independientes en células humanas y animales de experimentación han mostrado que glifosato y Roundup tienen graves efectos tóxicos, en muchos casos en niveles bajos que podrían encontrarse en el ambiente o como residuos en alimento o forraje (13, 14, 15). Los ingredientes agregados (coadyuvantes) al Roundup son por sí mismos tóxicos y aumentan la toxicidad de glifosato permitiéndole penetrar las células de los seres humanos y animales más fácilmente (13, 18, 19).

Los hallazgos incluyen:

- Glifosato y Roundup causaron malformaciones en anfibios y embriones de pollo (3).
- Roundup causó malformaciones en la columna vertebral en fetos de rata (20). Los propios estudios de la industria realizados para fines regulatorios ya en el año 80 muestran que el glifosato causaba malformaciones congénitas en ratas y conejos. Estos efectos se veían no sólo en dosis altas dadas a las madres sino también en dosis más bajas. Es interesante destacar que estos efectos no fueron tomados en cuenta por los reguladores, que aprobaron el uso de glifosato para la producción de alimentos (10).
- Roundup causó toxicidad en hígado y riñones de pescado en dosis subletales. Los efectos en el hígado incluyeron hemorragia y necrosis (muerte de células y tejido vivo) (21).
- Roundup causó muerte total de células en células humanas dentro de 24 horas en concentraciones mucho más bajas que las usadas en agricultura y que correspondían a niveles de residuos encontrados en alimento y forraje (13).
- Roundup causó muerte de células humanas y muerte celular programada a una concentración de 50 partes por millón, muy por debajo de la dilución para usos agrícolas (16).
- Roundup fue un poderoso alterador del sistema endocrino a niveles hasta 800 veces más bajos que los niveles de residuos permitidos en

alimento y forraje. Fue tóxico para células humanas y causó daño al ADN en dosis muy por debajo de las utilizadas en agricultura (17).

- Glifosato fue tóxico para las células de la placenta humana y es un alterador del sistema endocrino en concentraciones más bajas que las encontradas en su uso agrícola. Los coadyuvantes de Roundup amplifican la toxicidad de glifosato permitiéndole penetrar las células en forma más fácil y bioacumularse en las células (15).
- Glifosato y Roundup dañaron las células de los embriones humanos y la placenta en concentraciones más bajas que las utilizadas en agricultura, sugiriendo ello que pueden interferir con la reproducción humana y el desarrollo del embrión (14).
- AMPA, el principal metabolito de glifosato (producto de la descomposición en el ambiente), alteró los puntos de aseguramiento del ciclo celular interfiriendo con los mecanismos de reparación celular del ADN (22, 23, 19, 24). Se sabe que el colapso de los puntos de aseguramiento del ciclo celular lleva a inestabilidad genómica y cáncer en seres humanos.
- Glifosato y AMPA dañaron el ADN en forma irreversible, sugiriendo que ello puede aumentar el riesgo de cáncer (25, 26).
- Glifosato fue un promotor de cáncer en la piel de ratas (27).
- Roundup generó daño celular y del ADN de las células del epitelio de la parte interna de boca y garganta, y el glifosato por sí solo causó daño al ADN, generando preocupación sobre la seguridad de inhalar el herbicida. La inhalación es una de las formas más comunes de exposición al herbicida por las personas. En forma importante, tanto glifosato como Roundup causaron daño al ADN en concentraciones por debajo de las requeridas para inducir daño celular, sugiriendo que el daño al ADN fue causado directamente por glifosato y Roundup y no fue un resultado indirecto de toxicidad celular. (28).

4.1.4. Estudios epidemiológicos de Roundup muestran vínculos con serios problemas de salud

Estudios epidemiológicos muestran un vínculo entre exposiciones a Roundup/glifosato y problemas serios de salud que incluyen:

- Daño al ADN (27)
- Nacimientos prematuros y abortos (28, 29)
- Malformaciones congénitas incluyendo anomalías del tubo neural y anencefalia (falta de gran parte del cerebro y cráneo) (32, 33).
- Meloma múltiple, un tipo de cáncer (34)
- Linfoma no Hodgkin, un tipo de cáncer (35, 36, 37)
- Alteración del comportamiento neurológico en hijos cuyos padres son aplicadores de plaguicidas, en particular déficit atencional (ADD) y síndrome hiperactivo (ADHD) (38).

Los estudios epidemiológicos no pueden probar una relación de causa efecto entre la exposición a una sustancia sospechosa y un efecto en la salud. Sin embargo, en el caso de glifosato/Roundup, estudios toxicológicos que se llevaron a cabo bajo condiciones de laboratorio controladas, confirman la relación causal con los problemas de salud (ver 4.1.3).

4.1.5. Las personas están altamente expuestas a glifosato

Los herbicidas basados en glifosato se usan ampliamente fuera del ambiente del campo, por ejemplo nivel comunal para controlar malezas en caminos y parques y patios de escuelas, y también en jardines domésticos. Así que aunque se excluyera el uso agrícola, la exposición de personas a glifosato es significativa. En áreas agrícolas donde hay cultivos transgénicos resistentes al glifosato, es probable que la exposición aumente en forma exponencial. Los hallazgos de estudios en exposición humana y carga corporal incluyen:

- Se encontró glifosato entre el 60 y el 100% de muestras de aire y agua tomadas en el Medio Oeste norteamericano durante la estación de crecimiento de los cultivos (39). Los cultivos transgénicos Roundup Ready se plantan extensamente en esta región.

- Se encontró glifosato y su principal metabolito AMPA en arroyos en el medioeste norteamericano durante la época de cultivo (40).
- Se encontró remanentes de glifosato y su principal metabolito AMPA en suelos arcillosos en concentraciones que excedían las cantidades aceptables para agua potable (0.1 µg/l), con valores máximos sobre 5 µg/l. (41).
- Se encontró glifosato en el torrente sanguíneo de mujeres no embarazadas, aunque en niveles bajos (42).
- La carga corporal urinaria de glifosato en familias campesinas y no campesinas del estado de IOWA era de 900 partes por billón (=9 mg por kg de peso corporal) en el 75% de los campesinos, el 67% de sus esposas y el 81% de sus hijos. La carga corporal urinaria en niños no campesinos era ligeramente menor que la de los niños campesinos. Los autores sugirieron que esto era debido al vasto uso de glifosato en áreas no campesinas, tales como los jardines domésticos. (43).

En los mamíferos, a menudo se dice que la placenta opera como una barrera para proteger al feto de las exposiciones a glifosato. Pero esta afirmación resultó ser falsa debido a un estudio de modelación de exposición a humanos, en el cual un 15% del glifosato suministrado atravesó la barrera de la placenta humana e ingresó al compartimento fetal. (44).

4.1.6. Las actuales regulaciones sobre glifosato no protegen a las personas

Un análisis de la aprobación actual de glifosato en la Unión Europea y Estados Unidos sugiere que el nivel de “ingesta diaria admisible” (ADI), que es el nivel de exposición que se considera seguro para los seres humanos en un período prolongado de tiempo, es inexacto y potencialmente es peligrosamente elevado (10). Los reguladores calculan el ADI sobre la base de estudios de la industria sometidos a los gobiernos en demanda de aprobación de la sustancia química. El número uti-

lizado para fijar el ADI es la dosis más alta en la cual no se encuentran efectos dañinos (índice NOAEL, por su sigla en inglés, Nivel de Efectos Dañinos no Observable) la cual es también más baja que la dosis mínima que tiene un efecto tóxico (índice LOAEL, Nivel Más bajo del Efecto Dañino Observable). El ADI se calcula dividiendo esta cifra por 100, para permitir un margen de seguridad.

El ADI actual para glifosato es 0.3 mg por kg de peso corporal diario (que se escribe como: 0.3 mg/kg bw/d). Pero a través de dos estudios independientes sobre Roundup que han utilizado ratas y rutas de exposición (alimentación oral) aprobadas por la Unión Europea y por reguladores internacionales, ha quedado demostrado que este ADI es inexacto. Los estudios encontraron que:

- Roundup era un poderoso alterador del sistema endocrino y generaba alteraciones en el desarrollo reproductivo de ratas cuando la exposición se desarrollaba durante el período de la pubertad. Los efectos dañinos incluían retraso en la pubertad y reducción de la producción de testosterona, y se encontraron en todos los niveles de dosis, incluyendo el nivel LOAEL de 0.5 mg/kg bw/d (11).
- El herbicida glifosato causaba daño al hígado de las células hepáticas de ratas que los investigadores consideraron era probablemente “irreversible” en una dosis de sólo 4.87 mg/kg bw/d (12).

Estos estudios no encontraron un nivel seguro o “sin efecto” (NOAEL). Incluso la dosis más pequeña probada produjo un efecto tóxico y no se hicieron nuevos experimentos con dosis más bajas para establecer el NOAEL. Una estimación razonable del NOAEL podría ser 2.5 mg/kg de masa corporal (aunque esta estimación, por supuesto, debería ser probada). Entonces, aplicando el factor de seguridad de 100 veces, el ADI debería ser 0.025 mg/kg bw/d, es decir 12 veces más bajo que el establecido en la actualidad.

Incluso si sólo se considerara los estudios de la industria, el ADI actual debería ser más bajo. Un análisis objetivo de estos estudios da como resultado un ADI más exacto y objetivo de 0,1 mg/kg bw/d, que sería un tercio del ADI actual (10).

4.1.7. Es falso argumentar que el Roundup reemplaza a herbicidas más tóxicos

Los proponentes de transgénicos a menudo argumentan que Roundup reemplaza herbicidas más tóxicos, y que los cultivos transgénicos RR por tanto reducen la carga tóxica en seres humanos y el ambiente. Pero esto es falso. Los cultivos transgénicos RR no sólo han aumentado el uso de herbicidas que contienen glifosato, sino también han aumentado el uso de otros herbicidas potencialmente aún más tóxicos, debido al surgimiento de malezas resistentes al glifosato (ver Capítulo 5). Y como hemos visto, la supuesta seguridad de Roundup se debe más a un marketing astuto que a hallazgos científicos objetivos.

Conclusiones del capítulo 4

La soya transgénica Roundup Ready (RR) es el cultivo transgénico más extendido. Ha sido manipulado para tolerar la fumigación con el herbicida Roundup, basado en el principio activo glifosato. Los cultivos extensivos de soya transgénica en América del Norte y en América del Sur han ocasionado grandes aumentos en la cantidad de herbicida glifosato utilizado. Los reguladores han respondido elevando los límites de residuos de glifosato permitidos para los cultivos que son comidos por las personas y los animales. De esta manera, las personas y los animales que comen cultivos RR están comiendo residuos potencialmente tóxicos de un herbicida.

Los reguladores y la industria declaran que esto es seguro porque Roundup tiene toxicidad baja. Pero estas declaraciones - al igual que el nivel supuestamente “seguro” fijado por los reguladores - se basan en estudios desactualizados de la industria, cuyos hallazgos han sido puestos en duda por numerosos estudios independientes. Estos estudios muestran que Roundup y glifosato no son seguros y por el contrario presentan graves riesgos para la salud. Los efectos encontrados en estudios de animales y estudios de células humanas in vitro incluyen muerte celular y daño; con daño al ADN, alteración de hormonas, malformaciones congénitas y cáncer. Algunos de estos efectos se han encontrado en niveles muy por debajo de los que se usan en agricultura y corresponden a niveles bajos de residuos en alimentos y forraje. Los ingredientes que se han agregado al Roundup (coadyuvantes) aumentan la toxicidad de glifosato, y el principal producto de descomposición del glifosato, AMPA, también es tóxico.

Los efectos de la exposición a los herbicidas que contienen glifosato en seres humanos encontrados en estudios epidemiológicos incluyen daño al ADN, nacimientos prematuros y abortos, cáncer y síndrome de déficit atencional en niños.

El uso extendido de herbicidas que contienen glifosato -no solo en el campo sino en jardines, a la vera de caminos y en parques y patios de escuelas -significa que muchas personas están expuestas. Además, glifosato no permanece donde se aplica sino se traslada por el ambiente.

Frecuentemente se le encuentra en agua de lluvia, aire, arroyos y aguas subterráneas e incluso en el torrente sanguíneo de mujeres.

Los cultivos transgénicos han aumentado el uso de glifosato y en consecuencia, la exposición de las personas a esta sustancia química, lo que representa un riesgo que no ha sido considerado adecuadamente en las evaluaciones regulatorias de los cultivos transgénicos.



El Dr. Andrés Carrasco, argentino (director del Laboratorio de Embriología Molecular de la Universidad de Buenos Aires), símbolo de la ciencia independiente, denunció hasta su temprana muerte (2014) los dañinos impactos del glifosato.

Referencias del capítulo 4

1. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). ISAAA Brief 43-2011: Slides & Tables, Slide 6. 2011. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/43/pptslides/default.asp> Also: ISAAA. Global status of commercialized biotech/GM crops: 2009. The first fourteen years, 1996 to 2009. ISAAA Brief 41: Executive summary. 2009. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/41/executivesummary/default.asp>
2. Benbrook CM. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the United States: The first thirteen years. The Organic Center. November 2009. http://www.organic-center.org/reportfiles/13Years20091126_FullReport.pdf
3. Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL, Carrasco AE. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chem Res Toxicol.* 2010; 23(10): 1586–1595.
4. European Commission (DG SANCO). Pesticide Residues MRLs2008. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=homepage&CFID=2518091&CFTOKEN=39365402&jsessionid=08048bf256e015201134TR Accessed 5 April 2012
5. Comisión Provincial de Investigación de Contaminantes del Agua. Primer informe [First report]. Resistencia, Chaco, Argentina. April 2010. http://www.gmwatch.eu/files/Chaco_Government_Report_Spanish.pdf ; http://www.gmwatch.eu/files/Chaco_Government_Report_English.pdf
6. European Commission Health & Consumer Protection Directorate-General. Review report for the active substance glyphosate. 21 January 2002.
7. European Commission (DG SANCO). Pesticide Residues MRLs2008. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=homepage&CFID=2518091&CFTOKEN=39365402&jsessionid=08048bf256e015201134TR Accessed 5 April 2012
8. Poulter S. Pesticide safety limit raised by 200 times “to suit GM industry”. Daily Mail. September 21 1999. <http://www.connectotel.com/gmfood/dm210999.txt>
9. Food and Agriculture Organization (FAO). Pesticide residues in food – 1994: FAO plant production and protection paper 127. Report of the joint meeting of the FAO panel of experts on pesticide residues in food and the environment and the WHO expert group on pesticide residues, Rome, 19–28 September. 1994. <http://bit.ly/LSeBaB>
10. Antoniou M, Habib M, Howard CV, et al. Roundup and birth defects: Is the public being kept in the dark? *Earth Open Source.* June 2011. <http://bit.ly/IP2FWH>
11. Romano RM, Romano MA, Bernardi MM, Furtado PV, Oliveira CA. Prepubertal exposure to commercial formulation of the herbicide Glyphosate alters testosterone levels and testicular morphology. *Archives of Toxicology.* 2010; 84(4): 309-317.
12. Benedetti AL, Vituri CdL, Trentin AG, Domingues MA, Alvarez-Silva M. The effects of sub-chronic exposure of Wistar rats to the herbicide Glyphosate-Biocarb. *Toxicol Lett.* 2004; 153(2): 227–232.

13. Benachour N, Seralini GE. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chem Res Toxicol.* Jan 2009; 22: 97–105.
14. Benachour N, Sipahutar H, Moslemi S, Gasnier C, Travert C, Seralini GE. Time- and dose-dependent effects of Roundup on human embryonic and placental cells. *Arch Environ Contam Toxicol.* Jul 2007; 53: 126–133.
15. Richard S, Moslemi S, Sipahutar H, Benachour N, Seralini GE. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect.* Jun 2005; 113(6): 716–720.
16. Mesnage R, Clair E, Gress S, Then C, Sze?ka?cs A, Se?ralini G-E. Cytotoxicity on human cells of Cry1Ab and Cry1Ac Bt insecticidal toxins alone or with a glyphosate-based herbicide. *Journal of Applied Toxicology.* 15 Feb 2012.
17. Gasnier C, Dumont C, Benachour N, Clair E, Chagnon MC, Seralini GE. Glyphosate-based herbicides are toxic and endocrine disruptors in human cell lines. *Toxicology.* Aug 21 2009; 262(3): 184–191.
18. Haefs R, Schmitz-Eiberger M, Mainx HG, Mittelstaedt W, Noga G. Studies on a new group of biodegradable surfactants for glyphosate. *Pest Manag Sci.* Aug 2002; 58(8): 825–833.
19. Marc J, Mulner-Lorillon O, Boulben S, Hureau D, Durand G, Belle R. Pesticide Roundup provokes cell division dysfunction at the level of CDK1/cyclin B activation. *Chem Res Toxicol.* Mar 2002; 15(3): 326–331.
20. Dallegre E, Mantese FD, Coelho RS, Pereira JD, Dalsenter PR, Langeloh A. The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup in Wistar rats. *Toxicol Lett.* Apr 30 2003; 142(1-2): 45–52.
21. Albinati ACL, Moreira ELT, Albinati RCB, et al. Biomarcadores histológicos – toxicidade crônica pelo Roundup em piauçu (*Leporinus macrocephalus*). *Arq Bras Med Vet Zootec.* 2009; 61(3): 621–627.
22. Marc J, Mulner-Lorillon O, Belle R. Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biol Cell.* Apr 2004; 96(3): 245–249.
23. Bellé R, Le Bouffant R, Morales J, Cosson B, Cormier P, Mulner-Lorillon O. Sea urchin embryo, DNA-damaged cell cycle checkpoint and the mechanisms initiating cancer development. *J Soc Biol.* 2007; 201: 317–327.
24. Marc J, Belle R, Morales J, Cormier P, Mulner-Lorillon O. Formulated glyphosate activates the DNA-response checkpoint of the cell cycle leading to the prevention of G2/M transition. *Toxicol Sci.* Dec 2004; 82(2): 436–442.
25. Mañas F, Peralta L, Raviolo J, et al. Genotoxicity of glyphosate assessed by the Comet assay and cytogenic tests. *Environ Toxicol Pharmacol.* 2009; 28: 37–41.
26. Mañas F, Peralta L, Raviolo J, et al. Genotoxicity of AMPA, the environmental metabolite of glyphosate, assessed by the Comet assay and cytogenetic tests. *Ecotoxicol Environ Saf.* Mar 2009; 72(3): 834–837.
27. George J, Prasad S, Mahmood Z, Shukla Y. Studies on glyphosate-induced carcinogenicity in mouse skin: A proteomic approach. *J Proteomics.* Mar 10 2010; 73: 951–964.

28. Koller VJ, Furhacker M, Nersesyan A, Misik M, Eisenbauer M, Knasmueller S. Cytotoxic and DNA-damaging properties of glyphosate and Roundup in human-derived buccal epithelial cells. *Arch Toxicol*. Feb 14 2012; 86: 805–813.
29. Paz-y-Miño C, Sánchez ME, Arévalo M, et al. Evaluation of DNA damage in an Ecuadorian population exposed to glyphosate. *Genetics and Molecular Biology*. 2007; 30(2): 456–460.
30. Savitz DA, Arbuckle T, Kaczor D, Curtis KM. Male pesticide exposure and pregnancy outcome. *Am J Epidemiol*. 15 December 1997; 146(12): 1025-1036.
31. Arbuckle TE, Lin Z, Mery LS. An exploratory analysis of the effect of pesticide exposure on the risk of spontaneous abortion in an Ontario farm population. *Environmental Health Perspectives*. August 2001; 109: 851–857.
32. Rull RP, Ritz B, Shaw GM. Neural tube defects and maternal residential proximity to agricultural pesticide applications. *Epidemiology*. July 2004; 15(4): S188.
33. Rull RP, Ritz B, Shaw GM. Neural tube defects and maternal residential proximity to agricultural pesticide applications. *Am J Epidemiol*. Apr 15 2006; 163(8): 743-753.
34. De Roos AJ, Blair A, Rusiecki JA, et al. Cancer incidence among glyphosate-exposed pesticide applicators in the Agricultural Health Study. *Environ Health Perspect*. Jan 2005; 113(1): 49-54.
35. Hardell L, Eriksson M. A case-control study of non-Hodgkin lymphoma and exposure to pesticides. *Cancer*. 1999; 85(6): 1353–1360.
36. Hardell L, Eriksson M, Nordstrom M. Exposure to pesticides as risk factor for non-Hodgkin's lymphoma and hairy cell leukemia: pooled analysis of two Swedish case-control studies. *Leuk Lymphoma*. May 2002; 43(5): 1043-1049.
37. Eriksson M, Hardell L, Carlberg M, Akerman M. Pesticide exposure as risk factor for non-Hodgkin lymphoma including histopathological subgroup analysis. *Int J Cancer*. Oct 1 2008; 123(7): 1657-1663.
38. Garry VF, Harkins ME, Erickson LL, Long-Simpson LK, Holland SE, Burroughs BL. Birth defects, season of conception, and sex of children born to pesticide applicators living in the Red River Valley of Minnesota, USA. *Environ Health Perspect*. Jun 2002; 110 Suppl 3: 441-449.
39. Chang FC, Simcik ME, Capel PD. Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environ Toxicol Chem*. Mar 2011; 30(3): 548–555.
40. Coupe RH, Kalkhoff SJ, Capel PD, Gregoire C. Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins. *Pest Manag Sci*. 2011; 68(1): 16–30.
41. Kjær J, Olsen P, Barlebo HC, et al. Monitoring results 1999–2003: The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. 2004. http://pesticidvarsling.dk/monitor_uk/2003.html
42. Aris A, Leblanc S. Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reproductive Toxicology*. 2011; 31(4).

43. Curwin BD, Hein MJ, Sanderson WT, et al. Urinary pesticide concentrations among children, mothers and fathers living in farm and non-farm households in Iowa. *Ann Occup Hyg.* 2007; 51(1): 53–65.
44. Poulsen MS, Rytting E, Mose T, Knudsen LE. Modeling placental transport: Correlation of in vitro BeWo cell permeability and ex vivo human placental perfusion. *Toxicol In Vitro.* Oct 2009; 23: 1380–1386.

Capítulo 5

Cultivos transgénicos: impactos en el campo y el ambiente

Un vistazo al capítulo

- Los cultivos transgénicos no aumentan el rendimiento intrínseco de los cultivos. Algunos cultivos transgénicos tienen rendimientos más bajos que sus contrapartes no transgénicas.
- Los cultivos transgénicos han aumentado el uso de plaguicidas en 383 millones de libras en Estados Unidos en los primeros 13 años transcurridos desde su introducción.
- La modesta reducción en uso de fumigaciones con insecticidas químicos por parte de los cultivos transgénicos que tienen incorporado el insecticida Bt en su ADN, queda anulada por el enorme aumento del uso de herbicidas en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas.
- Los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas han causado una dependencia excesiva de un solo herbicida, el glifosato, generando la aparición de supermalezas resistentes y haciendo que los productores tengan que utilizar más herbicidas, incluyendo algunos agrotóxicos más antiguos como dicamba y 2,4-D.
- La solución de la industria de los transgénicos al problema de las supermalezas resistentes al glifosato son los cultivos transgénicos con características apiladas que toleran la aplicación de múltiples herbicidas, y de mezclas de herbicidas. Los especialistas en malezas advierten que esto triplicará el uso de herbicidas, y significará la aparición de supermalezas resistentes a varios herbicidas, además de imposibilitar la producción agrícola sustentable.
- Las afirmaciones de la industria respecto de beneficios ambientales del método de cero labranza utilizado con cultivos tolerantes a herbicidas, se desploman si se toma en cuenta el uso de herbicidas.
- Los cultivos transgénicos no eliminan el uso de herbicidas, sino sólo cambian el modo en que se usan los insecticidas. Es la planta misma quien se convierte en insecticida.

- La tecnología transgénica Bt está siendo sabotada por el surgimiento de plagas de insectos resistentes a los cultivos Bt, lo que obliga a los productores agrícolas a usar insecticidas químicos al comprar semillas Bt de alto costo.
- Las toxinas Bt de los cultivos transgénicos Bt no son específicas para las plagas de insectos, sino dañan a insectos predadores benéficos y a organismos del suelo.
- El Roundup utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a plaguicidas no es seguro ambientalmente. Persiste en el ambiente y tiene efectos tóxicos en la vida silvestre y también en los seres humanos (ver capítulo 4).
- Roundup aumenta las enfermedades de las plantas, especialmente Fusarium, un hongo que causa muerte repentina y marchitamiento general en plantas de soya y es tóxico para seres humanos y ganado.
- Los impactos financieros que sufren los productores que adoptan los cultivos transgénicos fueron descritos en un estudio del Departamento de Agricultura de Estados Unidos como “mixtos o incluso negativos”.
- La “coexistencia” entre cultivos transgénicos y no transgénicos es imposible ya que los cultivos no transgénicos y orgánicos se contaminan, lo que da como resultado pérdidas de mercado y fuertes pérdidas financieras.
- La posibilidad de que las características de los cultivos transgénicos se traspasen no sólo a las especies relacionadas a través de polinización cruzada, sino también a especies no relacionadas, a través de la transferencia horizontal de genes, debería ser investigada antes de comercializar los cultivos transgénicos.

“En la década pasada, la industria y los gobiernos han gastado millones tratando de convencer a los productores agrícolas y otros ciudadanos de los beneficios de los cultivos transgénicos. Pero este gigantesco esfuerzo de relaciones públicas ha fracasado en su empeño de esconder la verdad: los cultivos transgénicos no entregan los beneficios prometidos; ellos crean numerosos problemas, costos y riesgos y...los consumidores y los clientes extranjeros no desean estos cultivos. “Sería demasiado generoso siquiera decir que los cultivos transgénicos son una solución en la búsqueda de un problema: estos cultivos han fracasado en la entrega de soluciones importantes, y su uso está creando problemas de tipo agronómico, ambiental, financiero, social y (potencialmente) en la salud de los seres humanos”.

–Sindicato Nacional de Productores Agrícolas de Canadá (1)

Se promueve los cultivos transgénicos sobre la publicitada base de que tendrán rendimientos más altos, reducirán el uso de plaguicidas y entregarán beneficios a los productores y el ambiente. Pero hay estudios independientes que contradicen esas afirmaciones o incluso muestran que se ha exagerado al respecto. La tecnología de cultivos transgénicos ya está fracasando bajo la arremetida de problemas tales como la extensión de supermalezas resistente a herbicidas y plagas que resisten la toxina Bt incorporada a los cultivos transgénicos. Estos fracasos significan un aumento de costos para los productores y un daño al ambiente.

Los impactos en la producción y el ambiente de los cultivos transgénicos no se limitan a los efectos del propio cultivo transgénico: por ejemplo, los genes transgénicos pueden extenderse hacia cultivos no transgénicos y orgánicos. También incluyen los efectos del plaguicida que se ha incorporado en ese cultivo o aquel plaguicida que la planta puede tolerar según su diseño. La investigación muestra que algunos de estos impactos se presentan también en cultivos industriales no transgénicos. Pero a menudo los proponentes de cultivos transgénicos esconden los efectos negativos de estos cultivos comparándolos con cultivos que utilizan sistemas de producción intensivos en el uso de agrotóxicos. Entonces sacan la conclusión de que los cultivos transgénicos tienen impactos menos dañinos.

Pero hacer eso es comparar un sistema de producción agrícola no sustentable con otro que tampoco lo es. Una comparación más significativa, que haría mejorar la tecnología agrícola, sería comparar los transgénicos con sistemas de cultivo agroecológico o de manejo integrado de plagas (MIP). Muchos productores de fuera del sector orgánico certificado ya están usando métodos agroecológicos y métodos de manejo integrado de plaguicidas (IPM). Esta tendencia que va en aumento debería ser estimulada. Pero en cambio, está siendo retrasada por la falsa esperanza que se ofrece a los productores con los cultivos transgénicos. En contraste con los métodos agroecológicos, la agricultura transgénica es una extensión de la agricultura intensiva en el uso de insumos químicas.

Más adelante, destacamos algunos de los errores de los argumentos comunes utilizados para promover los cultivos transgénicos.

5.1 Mito: Los cultivos transgénicos aumentan el rendimiento.

Verdad: Los cultivos transgénicos no aumentan el rendimiento, y en muchos casos lo disminuyen.

“Los cultivos transgénicos comerciales no han hecho avances hasta ahora en cuanto a aumentar el rendimiento intrínseco o potencial de algún cultivo. Por el contrario, la reproducción en forma tradicional ha tenido éxitos espectaculares a este respecto; a ella se le puede atribuir los créditos de aumentos de rendimiento intrínseco en Estados Unidos y otras partes del mundo que han caracterizado a la agricultura del siglo veinte”.

– Doug Gurian-Sherman, ex asesor en biotecnología de la Agencia de Protección Ambiental EPA, e investigador destacado de la Unión de Científicos Preocupados, de Washington DC (2).

A menudo se afirma que los cultivos transgénicos tienen rendimientos más altos que las variedades reproducidas en forma natural. Pero la estadística no apoya esta afirmación. A lo más, los cultivos transgénicos se han desempeñado igual que sus contrapartes no transgénicas, y los cultivos de soya transgénica en forma constante dan rendimientos más bajos (3).

Experimentos de campo controlados en los que se compara la producción transgénica y no transgénica de soya sugieren que el 50% de la caída en el rendimiento se debe a la alteración de los genes causada por el proceso de transformación genética (4). En forma similar, las pruebas de campo de híbridos de maíz Bt mostraron que ellos se demoraban más en llegar a madurar y producían rendimientos hasta 12% más bajos que los de sus contrapartes no transgénicas (5).

Un informe del Departamento de Agricultura de Estados Unidos confirmó el mal rendimiento de los cultivos transgénicos, diciendo “los cultivos transgénicos disponibles para uso comercial no aumentan el potencial de rendimiento de una variedad. En realidad, el rendimiento incluso puede disminuir... Tal vez el mayor problema surgido de estos resultados es cómo explicar la rápida adopción de cultivos transgénicos”.

cos cuando los impactos financieros en la producción parecen ser mixtos o incluso negativos “(6).

La investigación más importante a esta fecha sobre cultivos transgénicos y rendimientos es “Fracaso en el rendimiento” (2) del Dr. Doug Gurian-Sherman, investigador destacado de la Unión de Científicos Preocupados y ex asesor en biotecnología de EPA. El estudio, que se basa en investigación revisada por pares y estadísticas oficiales del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, fue el primer estudio que sembró dudas sobre la contribución de la ingeniería genética en el aumento del rendimiento de los cultivos, en comparación con los avances logrados a través del mejoramiento convencional. Al evaluar el desempeño en el rendimiento de los cultivos transgénicos, es importante tener presente que la industria de la biotecnología inserta sus genes propios en aquellas variedades convencionales que tienen el mejor desempeño.

El estudio también mostró las diferencias entre rendimiento intrínseco y rendimiento operacional. El rendimiento intrínseco o potencial, que es el más alto que se puede alcanzar, se obtiene cuando los cultivos crecen bajo condiciones ideales. Por el contrario, el rendimiento operacional se obtiene bajo condiciones de campo, cuando los factores ambientales tales como plagas y estrés dan como resultado rendimientos que están considerablemente lejos de lo ideal. Los genes que mejoran el rendimiento operacional reducen las pérdidas de esos factores.

El estudio encontró que la tecnología transgénica no ha elevado el rendimiento intrínseco de ningún cultivo. Los rendimientos intrínsecos de maíz y soya se elevaron durante el siglo veinte, pero no como resultado de la transgenia sino debido a mejoras que se lograron por métodos de mejoramiento o hibridez tradicional.

El estudio encontró que los porotos de soya transgénica no aumentaron sus rendimientos operacionales tampoco. El maíz transgénico aumentó esos rendimientos sólo un poquito, la mayor parte de las veces en caso de fuertes problemas debido al gusano europeo barrenador del maíz. El maíz Bt ofreció poca o ninguna ventaja en aquellos casos en que la presencia del gusano europeo era baja o moderada, incluso

en comparación con el maíz convencional que no era tratado con insecticidas.

El estudio concluyó “Los cultivos transgénicos comerciales no han hecho avances hasta ahora en cuanto a elevar el rendimiento intrínseco o potencial de ningún cultivo. Por el contrario, el mejoramiento tradicional ha tenido éxitos espectaculares respecto de eso; puede solamente dársele crédito a los aumentos de rendimiento intrínseco en Estados Unidos y otras partes del mundo que caracterizaron a la agricultura del siglo veinte” (2).

En 2009, tratando aparentemente de contrarrestar las críticas sobre bajo rendimiento de su soya transgénica, Monsanto, productor de semillas transgénica lanzó su nueva generación de soya transgénica RR2Yield, supuestamente de alto rendimiento. Pero un estudio llevado a cabo en cinco estados de Estados Unidos que incluyó a 20 productores agrícolas que plantaron soya RR2 ese año concluyó que las nuevas variedades “no cumplían sus expectativas (de rendimiento)”(7). En junio de 2010, el estado de Virginia Occidental inició una investigación contra Monsanto, por publicidad engañosa respecto de que la soya RR2 daba más altos rendimientos (8).

Si los transgénicos no pueden aumentar los rendimientos ni siquiera en Estados Unidos, donde la norma es contar con una producción que cuenta con insumos, riego y subsidio, es irresponsable asumir que va a mejorar los rendimientos en el sur global, donde los productores agrícolas pueden en forma literal estar apostando sus campos y su sustento en un cultivo.

Concordamos con la conclusión de “Fracaso en el Rendimiento” respecto de que los fondos y la investigación que actualmente se gastan para tratar de producir cultivos transgénicos de alto rendimiento deberían ser redirigidos hacia enfoques que comprobadamente sean efectivos en mejorar los rendimientos de los cultivos, incluyendo el mejoramiento o la hibridez convencional, así como el uso de prácticas agroecológicas. Estas son por lejos los métodos más eficientes que están disponibles, y se practican ampliamente para mejorar rendimientos.

5.2 Mito: Los cultivos transgénicos disminuyen el uso de plaguicidas.

Verdad: Los cultivos transgénicos aumentan el uso de plaguicidas.

“Los cultivos transgénicos son responsables del aumento del uso de plaguicidas que alcanza a 383 millones de libras en Estados Unidos en los primeros 13 años de uso comercial de transgénicos (1996-2008). Este aumento dramático en el volumen de herbicidas aplicados anuló la disminución en el uso de insecticidas que se puede atribuir a los cultivos transgénicos de maíz y algodón, haciendo que la huella total de sustancias químicas de los cultivos transgénicos de hoy sea decididamente negativa....La causa fundamental del aumento es la aparición de malezas resistentes a herbicidas.”

- Dr. Charles Benbrook, agrónomo (9).

“La promesa fue que usted podría usar menos químicos y tener mayores rendimientos. Pero déjeme decirle a usted que nada de eso es cierto”.

- Bill Christison, presidente de la Coalición Nacional de Agricultura Familiar (10).

Los proponentes de transgénicos afirman que los cultivos transgénicos reducen el uso de plaguicidas (el término “plaguicida” incluye herbicidas, que técnicamente son plaguicidas). Pero esto no es cierto. Los cultivos tolerantes a herbicidas han sido desarrollados por la industria agroquímica específicamente para generar dependencia de los agrotóxicos y han extendido el mercado de esas sustancias químicas. Lejos de alejar a la agricultura de las sustancias químicas que son ambientalmente peligrosas, la tecnología transgénica ha prolongado y extendido el modelo de agricultura basado en el uso intensivo de sustancias químicas.

La adopción de los cultivos transgénicos Roundup Ready, especialmente de la soya transgénica, ha causado aumentos masivos del uso de glifosato en todo el mundo (9, 11, 12, 13,14).

Un informe del ingeniero agrónomo Dr. Charles Benbrook, usando estadísticas oficiales del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, observó los efectos del uso de plaguicidas en los primeros 13 años de cultivos transgénicos en Estados Unidos, desde 1996 hasta 2008 (9). Los cultivos que se consideraron fueron aquellos tolerantes a herbicidas y las variedades de maíz Bt, soya RR y variedades de algodón tolerante a herbicida y algodón Bt.

El informe encontró que el maíz Bt y el algodón generaron reducciones del uso de insecticida que llegan a 64.2 millones de libras (29.2 millones de kg) en los 13 años, aunque incluso la sustentabilidad de esta tendencia es cuestionable, dada la aparición de plagas resistentes al Bt y los cambios en los modelos de uso de insecticidas (ver 5,3, más adelante).

Pero el maíz tolerante a herbicida, la soya y el algodón transgénicos hicieron que los productores agrícolas fumigaran con 383 millones más de libras (174 millones de kg) de herbicidas, en comparación con la cantidad de herbicida usado en ausencia de semillas tolerantes al herbicida. Ese masivo aumento del uso de herbicida anuló la modesta reducción de 64.2 millones de libras de uso de insecticida químico atribuibles al maíz y algodón Bts. El informe mostró que recientemente, el uso de herbicidas en campos transgénicos ha aumentado considerablemente. Los años de cultivos 2007 y 2008 son responsables por un 46% del aumento del uso de herbicidas en los 13 años de uso en los tres cultivos tolerantes a herbicidas. El uso de herbicidas en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicida se elevó en un 31.4% entre 2007 y 2008.

El informe concluyó que los productores agrícolas aplicaron 318 millones más de libras de plaguicidas como resultado de haber plantado semillas transgénicas, en los primeros trece años de uso comercial. En 2008, los campos de cultivos transgénicos necesitaron 26% más de libras de plaguicidas por acre (1 acre tiene 0,4 hectáreas) en comparación con lo utilizado en plantaciones de variedades no transgénicas.

5.2.1. Las supermalezas resistentes al glifosato

El uso extendido de cultivos Roundup Ready ha llevado a una sobredependencia de un solo herbicida, el glifosato, conocido comúnmente como Roundup. Esto ha significado una rápida extensión de malezas resistentes al glifosato en países donde hay cultivos transgénicos (15). Entre las malezas resistentes están amaranto (16), centeno (17) y cola de caballo (18).

El Comité de Acción en Resistencia a Herbicidas (HRAC), financiado por la industria de plaguicidas, tiene una lista de 21 malezas resistentes a glifosato en el mundo. En Estados Unidos se ha identificado malezas resistentes al glifosato en 22 estados (19).

Cuando las malezas resistentes aparecen por primera vez, los productores a menudo usan más herbicida glifosato para tratar de controlarlas. Pero con el paso del tiempo ningún aumento de glifosato es eficiente y los agricultores están obligados a recurrir a herbicidas que son más tóxicos en forma potencial o real, tales como 2,4-D y mezclas de herbicidas (15,16,17,18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26).

Los productores de transgénicos están regresando al uso de métodos más intensivos en mano de obra, como el arado e incluso han tenido que arrancar malezas manualmente (25). En Georgia, diez de centenares de acres de tierras fueron abandonadas después de haber sido cubiertas por amaranto, maleza resistente al glifosato (27, 28).

Un artículo de Monsanto publicado en un periódico de la ciudad donde está su sede, el *St. Louis Post-Dispatch* escribió sobre el sistema Roundup: “Esta bala de plata de la agricultura norteamericana está empezando a errar su blanco” (29). Como las malezas resistentes al glifosato sabotean el modelo agrícola de Roundup Ready, Monsanto ha dado un paso extraordinario y ha subsidiado las compras de herbicidas adicionales al Roundup, producidas por la competencia (25, 30).

5.2.2. ¿Cómo se crearon las supermalezas?

Muchas malezas resistentes al glifosato aparecen a través de lo que se conoce como presión de selección, es decir sólo las malezas que sobreviven al ser fumigadas con glifosato traspasan sus genes, llevando a un aumento constante de plantas resistentes al glifosato en la población de malezas.

Pero hay una segunda ruta por la cual se desarrollan malezas resistentes al glifosato: los cultivos transgénicos pueden traspasar sus genes de tolerancia al herbicida a parientes silvestres no transgénicos o convencionales. Se ha encontrado que la canola (raps, colza) transgénica ha traspasado sus genes de tolerancia a glifosato a plantas silvestres tales como la mostaza silvestre, convirtiéndola en malezas difíciles de controlar. Se encontró que el gen de tolerancia al herbicida persistió en estas poblaciones de malezas por un período de seis años (31).

La propia canola transgénica también se ha convertido en maleza. Las poblaciones de canola silvestre han adquirido resistencia a todos los principales herbicidas utilizados en Canadá, (24) dificultando y haciendo más caro el control de la canola “voluntaria” en los campos de soya y maíz. La canola transgénica voluntaria resistente a herbicida también se ha convertido en un problema en los campos de remolacha transgénica en Estados Unidos, donde se ha informado que las semillas de canola han sido depositadas en las heces de gansos migratorios de Canadá (32).

5.2.3. La “solución” de la industria de los transgénicos para las supermalezas: más herbicidas.

La solución de la industria de semillas transgénicas para la crisis generada por las supermalezas resistentes al glifosato ha sido primero, venderle a los productores en forma directa herbicidas pre-mezclados, y en segunda instancia, desarrollar variedades con “características apiladas” resistentes a varios herbicidas. Estos cultivos de características apiladas permiten a los productores rurales fumigar con mezclas de

matamalezas (herbicidas) libremente, en vez de tener que aplicarlas cuidadosamente para no dañar los cultivos (26). La simple aritmética indica que esto doblará o triplicará la cantidad de herbicida que se aplica en un campo en cuestión.

Dow ha postulado para que se autorice una soja tolerante a multi-herbicidas manipulada para que tenga tolerancia a ser fumigada con glifosato, glufosinato, y 2,4D (34), un ingrediente del Agente Naranja defoliador. En el año 2012 Dow generó ira en el público cuando pidió al Departamento de Agricultura de Estados Unidos permiso para comercializar su maíz tolerante al 2,4D (35).

Los expertos en malezas advierten que estos cultivos tolerantes a múltiples herbicidas generarán un aumento del uso del 2,4D, y gatillarán el surgimiento de malezas aún más rebeldes, resistentes tanto al glifosato como al 2,4D, y sabotearán los enfoques sustentables respecto del manejo de malezas (33).

En realidad, las especies de malezas resistentes a dicamba, (36) a 2,4D (37) y a múltiples herbicidas (38) ya existen.

La mayor parte de las supermalezas con rasgos apilados surgen por lo que se conoce como presión por selección, donde sólo las semillas que pueden tolerar un herbicida sobreviven para traspasar sus genes.

Pero hay otro camino por el cual las supermalezas pueden emerger: la polinización cruzada de cultivos tolerantes a herbicidas GM dentro de la especie del cultivo o sus parientes silvestres. Plantas de canola con “rasgos apilados” resistentes a multiherbicidas ya han aparecido como resultado de polinización cruzada accidental entre los cultivos transgénicos manipulados para tolerar diferentes herbicidas. Ya en 1998, se encontró plantas de raps que toleraban hasta tres diferentes herbicidas (39).

Un estudio del gobierno canadiense mostró que después de 4-5 años de cultivos comerciales, el raps transgénico manipulado para tolerar diversos herbicidas había sufrido polinización cruzada para crear plantas de rasgos apiladas resistentes hasta tres herbicidas de amplio espectro, presentando un serio problema para los agricultores (22, 23, 24).

5.2.4. Conclusión

Los cultivos transgénicos tolerantes a plaguicidas han generado aumentos masivos en el uso de herbicidas acompañado de la proliferación de malezas resistentes a herbicidas. Los productores agrícolas tienen que recurrir a fumigar con más herbicidas, o con mezclas de herbicidas, para tratar de controlar las malezas. Este modelo de agricultura que funciona como una cinta química transportadora es especialmente poco práctico para los agricultores del sur global que no pueden enfrentar comprar más de un herbicida o diferentes herbicidas para intentar controlar las malezas resistentes.

5.3 Mito: La cero labranza con cultivos transgénicos es amigable ambientalmente.

Verdad: Las afirmaciones de que la cero labranza genera beneficios ambientales no son serias

Los proponentes de cultivos transgénicos afirman que los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, especialmente los de soya RR, son amigables ambientalmente porque permiten que los productores agrícolas adopten el sistema de cultivos con cero labranza. La cero labranza evita arar para así conservar el suelo y agua y supuestamente reducir las emisiones de carbono. En los cultivos de cero labranza de soya transgénica RR, se controlan las malezas con aplicaciones de herbicidas en vez de hacerlo en forma mecánica con el arado.

Este razonamiento presenta al menos dos problemas:

- El método de cero o baja labranza puede ser utilizado – y lo es – en la producción agrícola convencional que usa químicos, y en la producción agroecológica. No es imperativo adoptar los cultivos transgénicos o utilizar herbicidas para practicar la cero labranza.
- Las afirmaciones de que hay beneficios ambientales derivados de los cultivos transgénicos con cero labranza han demostrado ser equívocas. Un estudio comparó los impactos ambientales de cultivar soya transgénica RR y soya convencional, usando un indicador llamado Cuociente de Impacto Ambiental (EIQ por su sigla en inglés). El IQ evalúa los impactos ambientales negativos del uso de plaguicidas y herbicidas en los trabajadores rurales, los consumidores y el ecosistema (peces, pájaros, abejas y otros insectos benéficos). El estudio encontró que en Argentina, el impacto negativo de la soya transgénica era más alto que el de la soya no transgénica tanto con los métodos de cero labranza como con arado, a causa de los herbicidas utilizados. Asimismo, la adopción de cero labranza elevó los EIQ independiente de si la soya fuera transgénica o no transgénica. La principal razón para el aumento en el uso de herbicidas en los sistemas de cero labranza fue la expansión de supermalezas resistentes al glifosato. (40)

Concluimos que las afirmaciones de que existen beneficios ambientales derivados de la cero labranza en cultivos transgénicos no tienen base real.

Los cultivos tolerantes a herbicidas sabotean la agricultura sustentable

“El manejo de malezas en la agricultura se ha atrincherado en una sola táctica, los cultivos resistentes a herbicidas, y necesita un mayor énfasis en prácticas integradas que sean sustentables en el largo plazo. En respuesta al surgimiento de malezas resistentes a glifosato, las industrias semilleras y agroquímicas están desarrollando cultivos que son manipulados genéticamente para tener resistencia combinada a glifosato y a otros herbicidas sintéticos reguladores del crecimiento. Esta tecnología permitirá a estos herbicidas ser usados en áreas muy extensas y probablemente crearán tres desafíos interrelacionados para un control sustentable de malezas. En primer lugar, los cultivos con resistencia apilada a herbicidas probablemente aumentarán la gravedad del impacto de las malezas resistentes. En segundo lugar, estos cultivos darán como resultado un aumento significativo del uso de herbicidas, con consecuencias potencialmente negativas para la calidad del ambiente. Finalmente, el parche de corto plazo entregado por los nuevos rasgos apilados estimulará la falta de investigación y extensión pública sobre manejo integrado de malezas”

– Mortensen Da, et al. Navegando a través de una coyuntura crítica para el manejo sustentable de malezas. *BioScience* 2012; 62: 75-8433 (en inglés).

5.4 Mito: Los cultivos transgénicos Bt reducen el uso de insecticidas.

Verdad: Los cultivos transgénicos Bt sólo cambian la forma de usar los insecticidas

Los proponentes de GM afirman que los cultivos transgénicos Bt reducen el uso de insecticidas, ya que los productores agrícolas no tienen que fumigar con insecticidas químicos. Pero esta afirmación no resiste análisis, ya que el gen Bt hace que la misma planta se convierta en un insecticida y además la respuesta de adaptación de las plagas hace que el insecticida transgénico sea cada vez menos efectivo, lo cual hace necesario volver a usar plaguicidas químicos después de unos pocos años. El gen insecticida manipulado genéticamente está presente en forma activa en todas las partes de la planta, incluidas aquellas que la gente y los animales comen.

Por lo tanto, los cultivos transgénicos no reducen o eliminan los insecticidas. Por un tiempo, cambian el tipo de insecticida y la forma en que se usa, es decir en vez de fumigar, la planta lo contiene en sí misma. Pero a largo plazo, se retoma el uso de insecticidas químicos, ya que se sigue el modelo de la agricultura industrial.

Incluso si escogiéramos ignorar este factor y considerar solamente la reducción temporal de fumigaciones con insecticidas químicos debido al uso de Bt, la cantidad no resulta ser espectacular (ver 5.2, anteriormente), pues la reducción es de 64.2 millones de libras (29.2 millones de kg) en los primeros 13 años de cultivos transgénicos en Estados Unidos. Esta reducción es anulada por el aumento masivo de uso de plaguicidas derivado de la adopción de cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, que ha generado que los productores fumiguen 383 millones más de libras (174 millones de kg) de herbicidas, en relación a lo que hacían en ausencia de semillas tolerantes a herbicidas (los herbicidas son técnicamente plaguicidas) (9).

Incluso la modesta reducción de insecticidas químicos atribuida a los cultivos transgénicos Bt ha demostrado que no es sustentable, de-

bido a la aparición de plagas resistentes a la toxina Bt y plagas secundarias, como se explica más adelante. Además, hay una interrogante respecto de si es cierto que los cultivos Bt son los que han reducido el uso de insecticidas químicos, teniendo a la vista los cambios en los tipos de insecticidas usados y en los métodos de aplicación.

5.4.1. Las plagas resistentes están haciendo que la tecnología Bt sea superflua

Los cultivos transgénicos insecticidas Bt expresan la toxina Bt en cada célula durante toda su vida, exponiendo en forma constante a las plagas a esta toxina. Esta es una forma diferente de la existente en el uso tradicional de la toxina Bt natural en forma de spray, donde las plagas objetivo sólo se exponían por un corto período antes de que el Bt se descompusiera con la luz del día. La exposición de las plagas a un plaguicida por largos períodos de tiempo inevitablemente acelera la aparición de plagas resistentes, ya que la presión por la selección elimina todo excepto las plagas más resistentes, las cuales se reproducen a continuación y traspasan sus genes.

Por esta razón la tecnología de cultivos BT a veces goza de un éxito en el control de plagas en el corto plazo, pero pronto es sabotada por la aparición de plagas resistentes a la toxina (43, 44, 45). En 2009, el gusano barrenador había desarrollado resistencia a una toxina del maíz BT que había sido manipulada específicamente para esa plaga objetivo y fue comercializada por primera vez sólo seis años antes (46). Se ha informado de poblaciones de gusano barrenador resistente al Bt en Iowa (46, 47) y en Illinois (48).

5.4.2. Colapso del concepto de “refugio”.

Se estimula a los productores agrícolas a plantar “refugios” de cultivos no Bts como una estrategia de control de la resistencia para demorar la aparición de plagas resistentes al Bt. La idea es que el cultivo no Bt actúe como refugio donde las plagas susceptibles al Bt puedan sobrevivir, asegurando la existencia de una población de plagas sensibles

a la toxina Bt para compartir con cualquier plagas resistente al Bt que sobreviva en el campo contiguo donde están los cultivos transgénicos Bt. La teoría es que la población de plagas susceptibles a la toxina Bt sobrepasará la población resistente al Bt que sobrevive en el cultivo Bt, asegurando que la población predominante sea susceptible al Bt.

Pero un estudio sobre resistencia del gusano barrenador de Iowa encontró que los refugios eran superfluos en el caso de poblaciones importantes de barrenadores resistentes a la toxina Bt, ya que las plagas podían vivir y reproducirse en campos de maíz transgénico Bt. El estudio concluyó, “Incluso con el desarrollo en el lugar de planes de control de la resistencia, confiar en los cultivos Bt para el control de las plagas agrícolas probablemente apresurará la evolución de la resistencia en algunos casos” (46).

También, la utilidad de los refugios descansa en que los cultivos Bt expresan dosis de toxina Bt lo suficientemente altas como para matar plagas, y los refugios no Bt están libres de los genes que expresan la toxina Bt. Pero se ha encontrado que la polinización cruzada entre maíz transgénico Bt genera niveles de toxina Bt “bajos a moderados” en las plantas refugio (49) haciendo que los refugios sean menos eficientes.

5.4.3. Plagas secundarias atacan los cultivos Bt

La naturaleza no acepta los vacíos. De manera que cuando la toxina Bt tiene éxito en controlar una plaga primaria, ese nicho ecológico es ocupado por plagas secundarias. Por ejemplo, en Estados Unidos, el gusano occidental barrenador del frijol ha aumentado significativamente en los cultivos de maíz Bt (50). En China e India, el algodón Bt inicialmente fue efectivo para suprimir la plaga objetivo, la polilla picudo. Pero su lugar fue ocupado por plagas resistentes a la toxina Bt, especialmente miridos y cochinillas (51, 52, 53, 54, 55, 56).

Dos estudios de China sobre algodón transgénico insecticida Bt muestran que la tecnología transgénica Bt ya está fallando bajo la amenaza de plagas secundarias: Un estudio de 1000 cultivos de pequeña agricultura familiar en cinco provincias encontró que los agricultores notaron un aumento importante en las plagas secundarias después de

la introducción del algodón Bt. Los investigadores encontraron que la reducción inicial del uso de plaguicidas en los cultivares de algodón Bt fueron “significativamente más bajos que lo reportado en la investigación en otras partes” y que “con el tiempo se necesitan más fumigaciones con plaguicidas para controlar la aparición de plagas secundarias “tales como áfidos, ácaros arácnidos y chinches lygus.

Además, la cuarta parte de los agricultores encontró que el algodón Bt tenía rendimientos inferiores a las variedades no transgénicas. Un porcentaje cercano al 60% dijo que los costos totales de producción no habían disminuido debido a los precios más altos de la semilla transgénica de algodón (57).

Los experimentos de campo desarrollados en diez años en la parte norte de China muestran que muchos insectos han aumentado en el algodón y en muchos otros cultivos, en una proporción relacionada con el aumento en la región de la adopción del algodón Bt. Los análisis de los investigadores muestran que “el algodón Bt se ha convertido en una fuente de varios insectos y que sus aumentos de población se relacionan con la disminución del uso de insecticida químico en este cultivo”. Además, la aparición de insectos en otros cultivos alimentarios (dátiles, uvas, manzanas, duraznos y peras) aumentó en proporción al área planteada con algodón transgénico en la región (58). Está claro a partir de estos resultados que la tecnología de transgénicos no es una “bala de plata” sino es ambientalmente insustentable, ya que los productores que han pagado altos precios por la semilla Bt han tenido que volver a fumigar con plaguicidas costosos y tóxicos.

5.4.4. Los productores de algodón transgénico Bt no siempre dejan de lado los insecticidas

Los proponentes de transgénicos a menudo asumen que los productores agrícolas que adoptan los cultivos transgénicos Bt no van a usar más insecticidas químicos, pero esto no necesariamente es así (45). Tabashnik (2008) informó que pese a que las polillas de la oruga que echa a perder las cápsulas de algodón han desarrollado resistencia a la toxina Bt en un tipo de algodón transgénico, la polilla no ha

causado un fracaso total en la agricultura ya que “los insecticidas han sido utilizados desde el principio para controlar la plaga. Por eso las afirmaciones de que hay reducción del uso de insecticidas derivado de la adopción de cultivos Bt no son confiables a menos que haya pruebas que el productor no usa insecticidas químicos”.

Además, la mayor parte de los cultivos transgénicos Bt que se venden o esperan aprobación han agregado rasgos de tolerancia a herbicidas y probablemente se cultivarán con herbicidas (59). Con razón un científico independiente denomina a los cultivos transgénicos “plantas plaguicidas”(60).

Estadísticas sobre uso de Plaguicidas

La afirmación más optimista respecto de reducción de uso de plaguicidas derivado de los cultivos transgénicos, figura en un estudio realizado por *G Economics*, la consultora privada para la industria transgénica, y se basa en “estadísticas a nivel de granjas” de una fuente no identificada, y la cantidad de reducción alcanza a un 6,9% (41).

En 2008 en Estados Unidos, según datos oficiales del gobierno, los cultivos transgénicos requirieron más de un 26% más de libras de plaguicidas por acre que lo que se requirió en los acres de cultivos convencionales (9).

Un estudio realizado en 2011 por científicos franceses que trabajan para el gobierno encontró que el uso de plaguicidas podía reducirse en un 30% sin perjudicar el rendimiento o el ingreso de los productores agrícolas (42), y sin cultivos transgénicos.

5.4.5. Los insecticidas químicos que se esconden tras el maíz Bt

Los estudios que afirman que hay reducción en el uso de insecticidas en los cultivos Bt se han enfocado previamente en los insecticidas que se aplicaban al suelo o se fumigaban en la planta después que ésta había comenzado a crecer. Puede que ellos dejen de mencionar un tipo diferente de plaguicida, potencialmente destructivo en términos ambientales: los que se aplican a la semilla antes de su brote.

Un estudio realizado por entomólogos de Estados Unidos, mostró que todas las semillas de maíz Bt resistente al gusano de la raíz del maíz disponibles comercialmente, se tratan antes de ser plantadas con una controvertida sustancia química de la familia de los neonicotinoides. Los autores sugirieron que la adopción de maíz Bt puede “cambiar los modelos de uso de insecticidas” es decir, la fumigación con insecticidas se cambia por este tratamiento de desinfección de la semilla (61).

De manera que los cultivos transgénicos Bt pueden haber sido de gran ayuda en ese vuelco en la forma y los medios de aplicación de insecticidas químicos, en vez de jugar un rol de reducción o eliminación de estas sustancias químicas. En aquellos lugares en que se aplicaba insecticidas en el suelo, o se aplicaba a la planta cuando estaba creciendo, ahora el insecticida se aplica a la semilla antes de que se plante.

Dr. Doug Gurian-Sherman, científico destacado de la Unión de Científicos Preocupados, comentó que los tratamientos con neonicotinoides de las semillas de maíz Bt tienen como objetivo matar las plagas de insectos que no son controladas por la toxina Bt. Agregó que estos tratamientos no se limitan al maíz BT: la mayor parte de las semillas de maíz, con excepción de las orgánicas, y un porcentaje creciente de la semilla de otros cultivos alimentarios se trata ahora en forma rutinaria con neonicotinoides. (62,63).

Los neonicotinoides son insecticidas sistémicos, es decir que el agrotóxico se expande por todos los tejidos de la planta cultivo a medida que crece y están presentes en el polen y el néctar. Igual que la toxina Bt que se ha manipulado para ser introducida en las plantas transgénicas, los neonicotinoides son diferentes de los insecticidas que se fumigan ya que ellos están constantemente presentes en la

planta mientras crece y siempre están activos. A raíz de este prolongado período de exposición, es más probable que las plagas desarrollen resistencia al insecticida y es más probable también que los insectos no objetivo junto a los insectos benéficos, también estén expuestos de la misma forma.

Los neonicotinoides son tóxicos para una muy amplia variedad de seres vivos, incluyendo aquellos que protegen los cultivos (64, 65). Se ha encontrado que tienen efectos altamente tóxicos incluso en dosis muy bajas porque persisten por largos períodos en el suelo y el agua (66). El aumento en el uso de tratamientos con neonicotinoides ha sido mencionado como un factor relacionado con el fenómeno del síndrome del colapso de las colmenas de abeja y su mortandad (67, 68). Se ha encontrado que las abejas que están en lugar cercanos a campos de cultivo están expuestas por múltiples formas, entre las cuales se incluye las flores contaminadas de esos campos; y en los cadáveres de abejas muertas se han encontrado neonicotinoides (68).

La principal, y aparentemente única preocupación de los defensores de la tecnología de cultivos transgénicos Bt es el volumen de insecticida aplicado en forma de fumigación después de la siembra. Si ese volumen disminuye, ellos consideran que los cultivos Bt reducen el uso de insecticida. Pero no están informando del cuento completo. El caso de los tratamientos de desinfección de semillas con neonicotinoides muestra que es necesario considerar otros tipos de aplicaciones de insecticidas, y estudiar su toxicidad (sobre la base de investigación revisada por pares y no de las cifras entregadas por la industria de agrotóxicos), estudiar cómo se comportan y persisten en el ambiente y la superficie sobre la cual se aplican (62).

Dada la extrema toxicidad de los neonicotinoides para abejas y otros organismos benéficos, su alto grado de persistencia y extensión, y la vasta superficie sobre la cual se aplican, se puede poner en duda que las semillas de cultivos Bt tratadas con neonicotinoides, hayan tenido un efecto positivo en cuanto al uso de insecticidas.

5.4.6. Conclusión

Los estudios que afirman que los cultivos transgénicos Bt reducen el uso de insecticidas se han negado a tomar en cuenta aspectos importantes tales como:

- La toxicidad de las toxinas Bt manipuladas genéticamente para organismos no objetivos e insectos benéficos.
- Las cantidades, tipo y toxicidad de los insecticidas que se usan realmente por los productores agrícolas en el campo incluso cuando se usan semillas Bt, lo cual se refleja en persistencia de plagas y la inutilidad de los refugios.
- Los cambios en la forma que se usan los insecticidas, tales como el vuelco dado desde la fumigación al uso de semillas desinfectadas con insecticidas.

Asimismo, al evaluar el impacto de los cultivos transgénicos Bt en el uso de insecticidas, sería más útil comparar esa cifra con el uso de plaguicidas en cultivos con manejo orgánico o con manejo integrado de plagas, donde el uso de plaguicidas se ha eliminado o se ha reducido, en lugar de hacerlo con las cifras provenientes de campos que usan plaguicidas químicos. Si se hiciera eso, quedaría claro en forma rápida cuáles son los métodos de cultivo que pueden reducir en mejor forma el uso de plaguicidas y al mismo tiempo maximizar el rendimiento del cultivo y los ingresos del productor agrícola.

5.5 Mito: Los cultivos transgénicos sólo afectan plagas objetivo y sus parientes silvestres.

Verdad: Los cultivos transgénicos Bt no son específicos para plagas pero afectan una gran variedad de organismos vivos.

Los proponentes de transgénicos afirman que los cultivos Bt sólo afectan plagas objetivo y sus parientes silvestres. Los reguladores, han aceptado esta afirmación en forma muy poco crítica permitiendo la comercialización de cultivos Bt con una supervisión mínima. Pero los estudios muestran que ese supuesto es falso.

5.5.1. Los cultivos Bt dañan organismos del suelo

Los hongos micorrizas son benéficos para las plantas, colonizando sus raíces, ayudándoles a absorber nutrientes, a resistir enfermedades y tolerar la sequía. Un estudio comparado entre cultivos de maíz Bt y maíz no Bt encontró niveles más bajos de colonización de raíces por micorrizas en maíz Bt en comparación con maíz no Bt. Residuos de plantas de maíz Bt, hundidos después de la cosecha y mezclados con el suelo permanecieron allí por más de cuatro meses, suprimiendo la respiración del suelo (producción de anhídrido carbónico), afectaron de manera visible las comunidades de bacterias, y redujeron la colonización por micorrizas (69). Un estudio diferente sobre residuos de maíz enterrados en el suelo después de la cosecha confirmó que la toxina Bt no se descomponía y persistía en el suelo por meses (70).

Los hongos micorriza arbuscular (AMF) son hongos benéficos que penetran en las células de la raíz de la planta huésped. Se ha encontrado que el maíz Bt disminuye la colonización de raíces por AMF en comparación con plantas de maíz no Bt (71,72).

5.5.2. Los cultivos Bt dañan a insectos no objetivo e insectos benéficos

Se ha encontrado que los cultivos transgénicos que producen insecticida Bt tienen efectos tóxicos en poblaciones de insectos no objetivo (73) lo cual incluye mariposas (75,76) y predadores benéficos tales como las chinitas (77, 78) y crisopas (79). Los cultivos Bt tienen más impactos negativos que positivos en los insectos benéficos (80). La toxina Bt daña la capacidad de aprendizaje de las abejas, interfiriendo con su capacidad para encontrar fuentes de néctar para su alimentación (81).

5.5.3. Los cultivos Bt dañan los organismos acuáticos

Un estudio desarrollado en Indiana, Estados Unidos, encontró que el insecticida Bt liberado desde el maíz transgénico Bt estaba contaminando el 25% de los arroyos examinados (82). Otros estudios han encontrado que la biomasa de maíz transgénico Bt es tóxica para organismos acuáticos (83) y organismos del suelo (69). Las moscas de agua (organismo utilizado a menudo como indicador de toxicidad ambiental) alimentadas con maíz transgénico Bt mostraron efectos tóxicos entre los cuales estaba la reducción de su habilidad, mortalidad más alta, daños en la reproducción (84).

5.5.4. Conclusión

Los cultivos Bt no son específicos para las plagas objetivo y sus parientes silvestres, sino afectan en forma negativa una gran variedad de organismos, incluyendo los insectos benéficos que ayudan a proteger los cultivos.

5.6 Mito: Roundup es un herbicida benigno y biodegradable.

Verdad: Roundup persiste en el ambiente y tiene efectos tóxicos en la vida silvestre.

La industria de los transgénicos afirma que Roundup, el herbicida cuyo principio activo es glifosato, utilizado en la mayor parte de los cultivos transgénicos, se descompone rápidamente generando cero daño en el ambiente. Pero la investigación ha demostrado que esto no es verdad. La investigación muestra que:

- En el suelo, glifosato tiene una vida media (la extensión de tiempo que demora en perder la mitad de su actividad biológica) de entre 3 y 215 días, según las condiciones del suelo (85, 86). En agua, la vida media de glifosato es de 35-63 días (87).
- Aunque glifosato se une en buena forma a las partículas del suelo, el Programa Nacional de Monitoreo de Plaguicidas de Dinamarca mostró que glifosato y su principal metabolito AMPA se lavan fuera de la zona raíz de suelos en concentraciones que exceden las cantidades aceptables para agua potable (0.1 µg/l), con valores máximos sobre los 5 µg/l (88).
- Se detectó entre 60 y 100% de glifosato en muestras de aire y lluvia tomadas en el medioeste norteamericano durante la estación de crecimiento de los cultivos en lugares donde hay extensas plantaciones de cultivos Roundup Ready transgénicos (89).
- Se detectó glifosato y su principal metabolito AMPA en arroyos del medio oeste norteamericano durante la estación de crecimiento de los cultivos (90).
- Glifosato es tóxico para los gusanos de tierra (91) y reduce las poblaciones de pájaros debido a los cambios en el habitat (92).
- Roundup es altamente tóxico para los anfibios. Un estudio realizado en un ambiente natural encontró que aplicaciones de Roundup a una tasa recomendada por el fabricante eliminaron dos especies de renacuajos y casi eliminaron una tercera, lo que dio como resultado un 70% de disminución en la diversidad de especies de rena-

cuajos. Al revés de lo que se piensa comúnmente, la presencia de suelo no reduce los efectos químicos (93). Nuevos experimentos con concentraciones más bajas, que están dentro de los niveles que se espera estén en el ambiente, todavía causaron una mortalidad de anfibios que llegó a un 40% (94).

- Las afirmaciones de que Roundup y glifosato son seguros para la salud y el ambiente han sido desmentidas en tribunales de Estados Unidos (95) y Francia. Un tribunal francés obligó a Monsanto a retirar avisos que decían que Roundup es biodegradable y deja el suelo limpio después de su uso (96).

Los equipos regulatorios de todo el mundo no se han puesto al día con el estado de la ciencia respecto de Roundup y glifosato. En lugar de eso, continúan confiando en estudios que son de varias décadas atrás, la mayor parte de ellos financiados por la industria agroquímica para demostrar que son seguros. Hace tiempo que debiera desarrollarse una revisión objetiva y actualizada de la persistencia y toxicidad de glifosato.

5.7 Mito: Roundup es un herbicida benigno que alivia la vida de los productores agrícolas.

Verdad: Roundup genera problemas en el suelo y en las plantas afectando el rendimiento de los cultivos.

Los cultivos Roundup Ready se venden sobre la base de que Roundup es un herbicida seguro que hace más sencillo el control de las malezas y alivia la vida de los productores agrícolas. Pero hay estudios recientes que muestran que Roundup y glifosato pueden acumularse en las plantas, generar efectos negativos en los organismos del suelo, e incluso dañar el crecimiento y la salud de las plantas de soya que han sido manipuladas genéticamente para tolerarlo. Estos efectos pueden ser parcialmente responsables de las bajas en el rendimiento y de la aparición de enfermedades en los cultivos de soya RR y maíz RR.

5.7.1. Glifosato causa o exagera enfermedades en las plantas

“Cuando fumigas un cultivo con glifosato, el efecto es similar a que contrajera SIDA”.

– Michael McNeill, Agrónomo y consultor rural (97).

Los fabricantes afirman que glifosato mata las plantas al inhibir una enzima que es necesaria para su crecimiento. Pero la investigación muestra que glifosato tiene otra forma de matar plantas: hace que las plantas estén más susceptibles a contraer enfermedades, y potencialmente hace que mueran por la enfermedad. En palabras del agrónomo norteamericano Michael McNeill, fumigar una planta con glifosato “es igual que contagiarla con SIDA”.

Un estudio sobre porotos de soya RR muestra cómo opera un posible mecanismo en este proceso. El estudio encontró que una vez que se aplica glifosato a la planta, se acumula en sus tejidos y luego se libera al suelo a través de las raíces, estimula el crecimiento de algunos hongos, especialmente *Fusarium*, que causa una enfermedad que marchita la

planta, y el síndrome de muerte repentina en plantas de soya (98). Otros estudios confirman el vínculo entre aplicaciones de glifosato y aumento de la infección con *Fusarium* (99, 100, 101, 102, 103).

Es interesante destacar que un estudio encontró que la colonización de raíces por *Fusarium* era mayor en soya GM RR que en su contraparte no transgénica, incluso cuando no se aplicó glifosato. Los investigadores sugirieron que esto se debía a un cambio no deseado en el cultivo transgénico, como resultado de la manipulación genética (98).

Fusarium constituye un hongo que concita preocupación especial porque no sólo afecta las plantas. Produce toxinas que pueden ingresar a la cadena alimentaria y dañar a los seres humanos y el ganado (104). Alimentos contaminados con *Fusarium* hicieron que los cerdos tuvieran problemas de reproducción (105) y que aumentara el número de crías muertas al nacer (106).

El estudio ha demostrado que glifosato aumenta la incidencia y la gravedad de otras enfermedades derivadas de los hongos en las plantas, entre estas el “come todo” en trigo y la pudrición de la raíz en la soya (107,108).

Intentando combatir enfermedades que vienen del suelo, como *Fusarium*, Monsanto lanzó al mercado su nueva soya RoundUp Ready 2 de alto rendimiento con rasgos que significan un recubrimiento que es tanto fungicida como insecticida (109). En otras palabras, Monsanto ha creado un problema (una infección por hongos) manipulando las semillas de soya en primer lugar, y luego ha encontrado una solución técnica “de parche” para ese problema. Ese tipo de cinta transportadora de sustancias químicas, genera ganancias para la industria de agrotóxicos y semillas pero daña a los productores agrícolas, a los consumidores y el ambiente.

5.7.2. Glifosato imposibilita que los nutrientes lleguen a la planta

Glifosato conecta al suelo a nutrientes vitales tales como el hierro, el manganeso, zinc y boro, impidiendo su absorción por las plantas (110). Por eso las plantas de soya transgénica tratadas con glifosato tienen niveles de nutrientes esenciales más bajos y crecimiento reducido, en comparación con los controles con soya transgénica y no transgénica no tratadas con glifosato (111) La disminución de absorción de nutrientes puede ser parcialmente responsable del aumento de la susceptibilidad de enfermedades en la soya y de su menor rendimiento. También podría tener consecuencias para los seres humanos y los animales que comen el cultivo, ya que tiene menos propiedades nutritivas.

5.7.3. Glifosato perjudica la fijación de nitrógeno

La baja en el rendimiento de la soya transgénica RR puede deberse en parte al impacto negativo del glifosato en la fijación de nitrógeno, un proceso que es vital para el crecimiento de la planta y que depende de la relación beneficiosa entre las plantas de soya y la bacteria que fija el nitrógeno. Se ha encontrado que en las plantas jóvenes de soya RR, glifosato demora el proceso de fijación de nitrógeno y reduce el crecimiento de las raíces y los brotes, lo que da como resultado una disminución del rendimiento. En condiciones de sequía, el rendimiento puede reducirse hasta en un 25% (112).

Otro estudio que explica el mecanismo que opera, encontró que glifosato entra en los nódulos de la raíz y afecta negativamente las bacterias del suelo que son esenciales para la fijación del nitrógeno. Inhibe el desarrollo de la raíz, reduciendo la biomasa del nódulo de la raíz hasta un 10%. También reduce hasta un 10% una proteína que lleva oxígeno, legahemoglobina, que ayuda a la penetración del oxígeno en las raíces de la soya (113).

Para dar respuesta a estos problemas, la industria de agrotóxicos y semillas ha empezado a vender un “parche tecno” que es un inoculador

de bacterias fijadoras de nitrógeno, que se aplica a la semilla ya sea antes de su venta o bien se aplica al suelo después de la siembra. Las compañías afirman que esto aumentará el potencial de rendimiento (114). Sin embargo, un experimento de evaluación de este inoculante en soya realizado en Iowa concluyó: “Ninguno de los inoculantes dio como resultado un aumento significativo del rendimiento en comparación con aquellos sitios no inoculados” (115). Inevitablemente, el costo de esos tratamientos, incluso si no funcionan, recae sobre los productores agrícolas.

5.7.4. Conclusión

Roundup y otros herbicidas que contienen glifosato no son benignos, sino tienen efectos negativos en el suelo y los cultivos, y algunos de estos efectos tienen impactos en la salud de las plantas y en el rendimiento. El vínculo existente entre glifosato y la infección por *Fusarium* es especialmente grave ya que *Fusarium* puede dañar a los seres humanos y al ganado.

5.8 Mito: Los cultivos transgénicos protegen la biodiversidad.

Verdad: Los herbicidas usados con los cultivos transgénicos dañan la biodiversidad.

“Muchos pájaros silvestres dependen de las semillas de las malezas para sobrevivir y experimentos hechos a escala de granjas por el gobierno del Reino Unido mostraron que la remolacha transgénica y el raps transgénico (canola) redujeron la cantidad de semillas hasta en un 80% en comparación con la remolacha tradicional y el raps no transgénico. La comercialización de remolacha transgénica y de raps transgénico podría ser desastrosa para los pájaros. El gobierno se ha comprometido a revertir la disminución de la población de pájaros y a prohibir los cultivos transgénicos si ellos dañan el ambiente. La “Evaluación a nivel de Granja” muestra que los cultivos transgénicos dañan el ambiente y los ministros no tienen otra opción sino rechazar su aprobación.”

– Dr Mark Avery, director de Conservación de la Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) del Reino Unido y miembro del gobierno del Reino Unido en el Panel oficial de Revisión Científica (116).

A comienzos de los 2000, el gobierno del Reino Unido llevó a cabo experimentos a escala de granja durante 3 años para examinar los impactos de la gestión de cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas (maíz, remolacha y raps transgénicos) en la biodiversidad del campo. Cada finca se dividió por la mitad, con una mitad plantada con una variedad no transgénica manejada según las prácticas habituales de los productores rurales y la otra mitad se plantó con una variedad transgénica tolerante a herbicida. La remolacha transgénica era tolerante al Roundup (herbicida basado en glifosato) y la canola (raps, colza) era tolerante al glufosinato de amonio. Los genes de tolerancia a herbicidas permitían que los agricultores fumigaran los cultivos con herbicidas de amplio espectro (mata todo), matando todas las malezas pero permitiendo la sobrevivencia del cultivo transgénico.

Las malezas entregan alimento y hábitat para pájaros, insectos y otras especies de la vida silvestre de manera que los experimentos a nivel de finca registraron niveles de malezas e invertebrados en los campos y en los costados adyacentes. También se estudiaron grupos escogidos de otros organismos que tienen campos de acción más amplios (escarabajos, abejas, mariposas). Los experimentos se planteaban ver si los cambios de métodos de cultivos asociados a los transgénicos reducirían el nivel de malezas y tendrían impactos mayores en la biodiversidad del campo.

Los hallazgos demostraron que las plantaciones de cultivos transgénicos resistentes a herbicidas reducen las poblaciones de vida silvestre y dañan la biodiversidad, debido a los efectos de herbicidas de alto espectro con los cuales ellos crecen (117, 118, 119, 120, 121, 122).

Se encontró que el maíz transgénico resistente a herbicida era mejor para la vida silvestre que el maíz no transgénico, con más especies de malezas e insectos en el campo y los alrededores. (117, 118, 119, 120, 121, 122). Pero la medición del maíz transgénico se realizó comparándolo con un maíz no transgénico cultivado con atrazina, un herbicida tóxico prohibido en Europa poco después de terminar esos experimentos. Con un tipo de control tóxico como el mencionado, era altamente probable que se encontrara que el cultivo transgénico era mejor para la vida silvestre. Hubiera sido más útil compararlo con un maíz cultivado en forma orgánica o con un cultivo realizado con manejo integrado de plagas, que elimina o reduce el uso de herbicidas.

En la Unión Europea esta no es sólo una afirmación idealista. Una Directiva del año 2009 de la Unión Europea pide a los estados miembros implementar planes para adoptar Manejo Integrado de Plagas y enfoques alternativos orientados a reducir el uso de plaguicidas (123).

5.9 Mito: Los cultivos transgénicos generan beneficios económicos para los productores agrícolas.

Verdad: Los impactos económicos de los cultivos transgénicos en los productores son variables.

“Quizás el debate más amplio generado por estos resultados es cómo explicar la rápida adopción de los cultivos transgénicos cuando los impactos finales parecen ser mixtos o peor aún, negativos.”

– J. Fernandez-Cornejo, W. D. McBride, The adoption of bioengineered crops, US Department of Agriculture (6).

La interrogante sobre los impactos económicos de los cultivos transgénicos en los productores agrícolas es compleja y examinarla en forma completa está más allá del marco de este informe. Los resultados son variados y dependen de muchos factores, entre ellos:

- Del cultivo para condiciones locales
- El clima
- Plagas y prevalencia de enfermedades
- Costo del control de malezas
- Subsidios e incentivos ofrecidos por los gobiernos o corporaciones.
- Costo de la semilla
- Disponibilidad de mercados para el cultivo

Los siguientes estudios dan un vistazo a esta interrogante:

Fernández-Cornejo (2002).

Este informe sobre impactos económicos a nivel de productores locales de la adopción de cultivos transgénicos encontró que eran “mixtos o incluso negativos”. El informe basado mayormente en estadísticas de encuestas llevadas a cabo por el Departamento de Agricultura del gobierno de Estados Unidos, encontró que la adopción de maíz tolerante a herbicidas tuvo un efecto positivo en ingresos netos, pero el efecto fue negativo en el caso del maíz Bt. La soya transgénica no tuvo efectos en ninguno de estos dos aspectos (6).

Gómez-Barbero (2006)

Esta revisión del impacto económico de los principales cultivos transgénicos globales, realizada para la Comisión Europea, encontró que la soya tolerante a herbicida tuvo un impacto negativo en los ingresos de productores norteamericanos. Pero el mismo cultivo trajo aumento en las ganancias a los productores argentinos, debido al precio más bajo de la semilla en ese país (124).

¿Por qué adoptan la soya transgénica los productores rurales norteamericanos si no les trae ganancias en dinero? Los autores sugirieron que la razón puede ser que simplifican el control de malezas (124), pero la estadística citada para respaldar esta afirmación es anterior a la explosión de supermalezas resistentes a herbicidas que ha significado que el costo de producción de la soya transgénica se eleve (ver 5.2).

La revisión encontró que el algodón Bt de China había producido ganancias a los productores rurales, en mayor medida a causa de que disminuyeron los gastos en compra y fumigación de plaguicidas. Del algodón Bt de India se dijo que entregaba beneficios económicos pero eso era variable según las localidades (124). Estos estudios se llevaron a cabo también antes del enorme impacto de la resistencia a plagas y la aparición de plagas secundarias que están sufriendo los agricultores de India y China.

Morse (2005)

Este estudio encontró que el algodón Bt de India producía mejores márgenes de ganancia para los productores rurales que el algodón no transgénico. Sin embargo, los autores destacaron que estos beneficios solo se mantendrán si las plagas no desarrollan resistencia al algodón Bt (125). Estudios recientes sugieren que ellas ya están desarrollando resistencia (ver 5.4).

Estos hallazgos se confirman por un boletín que se filtró, de autoría del gobierno de la India, que culpaba al algodón Bt por el aumento de suicidios de campesinos en el subcontinente. El boletín afirmaba “Los productores de algodón están en una profunda crisis desde que se volcaron a producir algodón Bt. La avalancha de suicidios campesinos

en 2011-2012 ha sido muy severa entre los productores de algodón Bt”. El boletín agregaba que el éxito del algodón Bt sólo había durado cinco años. Desde entonces, los rendimientos habían caído y habían aumentado los ataques de plagas. “En realidad, el costo de los cultivos de algodón se ha incrementado...debido a los precios elevados de los plaguicidas. La producción total de algodón Bt se ha reducido en los últimos cinco años” (126).

5.9.1. El aumento de costo de la semilla transgénica

Un importante factor en la evaluación de los impactos económicos de los cultivos transgénicos es el costo de la semilla. En Estados Unidos, donde las firmas transgénicas dominan el mercado semillero, un informe del año 2009 registra que los precios de las semillas transgénicas se han elevado dramáticamente en comparación con los de las semillas convencionales y orgánicas. Esto recorta los ingresos promedio de los agricultores norteamericanos que cultivan transgénicos. El precio de US\$70 por bolsa de semilla de porotos de soya RR2 86 para 2010, era el doble del costo de la semilla convencional y reflejaba un 143% de aumento en el precio de la semilla transgénica desde el año 2001 (127).

Los agricultores norteamericanos cada vez están más preocupados por el alto precio y el pobre desempeño de la semilla transgénica. Un informe publicado en la prensa en 2011 dijo que las compañías semilleras habían respondido retirando una variedad de maíz no transgénico de alto rendimiento, que daba mejores rendimientos que las variedades transgénicas. Este informe agregaba que las compañías están escalando los precios de herbicidas usados por productores convencionales para incrementar artificialmente el costo de la producción no transgénica (128).

Los productores no tienen mucha opción excepto tolerar las alzas de precios a raíz de la consolidación de la industria semillera. En otras palabras, la industria de transgénicos dictamina qué variedades de semillas están disponibles. En 2009, en Estados Unidos, el 85% de las patentes de maíz transgénico y el 70% de las patentes de maíz no

transgénico eran de las tres semilleras más importantes: Monsanto, DuPont y Syngenta. Incluso estas tres compañías no son independientes entre sí, sino tienen un trabajo en red para patentar en forma cruzada semillas con rasgos transgénicos (131).

La mayor de las tres grandes transnacionales es Monsanto. En el año 2010 Monsanto subió los precios de su soya RR2 y semillas de maíz SmartStax tan abruptamente que el Departamento de Justicia de Estados Unidos lanzó una investigación sobre la concentración de las firmas de agronegocios y sus prácticas monopólicas. Los productores entregaron pruebas importantes contra compañías como Monsanto (132,133).

En India se ha reportado el mismo modelo. Además, como los precios de algodón BT han escalado (134), las variedades no transgénicas –que en algunos casos tienen mejor desempeño que las transgénicas– han sido retiradas del mercado (135, 136). El resultado de ello es que los productores agrícolas están siendo obligados a depender de la industria transgénica. Esos informes dejan en evidencia la falsedad de las afirmaciones de que los cultivos transgénicos aumentan porque es la opción de los productores campesinos.

5.9.2. Conclusión

Los impactos económicos de los cultivos transgénicos son variables y dependen de factores complejos. Sin embargo, la concentración del mercado de la semilla ha guiado a aumentos abruptos en los precios de la semilla transgénica en comparación con la no transgénica. Esta concentración también ha llevado a que las variedades no transgénicas de semillas que compiten con las citadas están siendo retiradas del mercado, restringiendo así las opciones para los productores campesinos.

La importancia de la información independiente

Algunos de los que afirman que los cultivos transgénicos traen beneficios económicos a los productores citan informes escritos por Graham Brookes y Peter Barfoot. Pero esos informes no son independientes. Brookes y Barfoot son directores de una firma de consultores privados llamada *PG Economics*, cuyos principales clientes son la industria transgénica y de los agroquímicos (129). En general, los informes de *PG Economics* son a pedido de la industria transgénica o de los grupos de lobby de ella tales como *Agriculture Biotechnology* en Europa (130), entre cuyos miembros están las grandes transnacionales semilleras. La mayor parte de los informes de *PG Economics* no tienen revisión de pares y dependen muchísimo de la estadística entregada por la industria.

5.10 Mito: Los cultivos transgénicos pueden coexistir con los convencionales.

Verdad: La coexistencia significa extensión de la contaminación a cultivos convencionales y orgánicos.

“OK, sabemos que la polinización cruzada ocurrirá pero tenemos 30 años de experiencia para decir cuán lejos viajará el polen. Y por eso lo que hemos hecho es instalar un cultivo transgénico a una distancia determinada de uno convencional, de manera que la gente que no quiere transgénicos pueda comprar no transgénicos y la gente que quiera transgénicos compre transgénicos. Ambos no se mezclarán. Todos tendrán el derecho a escoger.”

Paul Rylott, gerente de semillas de Aventis CropScience (ahora Bayer)
(137).

La industria de los transgénicos solía afirmar que la contaminación de no transgénicos por transgénicos no se daría. Cuando quedó en claro que eso era falso, cambiaron al argumento para hacer lobby a favor de la “coexistencia” de cultivos transgénicos, convencionales y orgánicos. La industria ahora dice que los productores campesinos deberían poder escoger plantar cultivos transgénicos si lo desean y dicen que no hay problemas serios causados a convencionales y orgánicos. Pero la experiencia ha demostrado que la llegada de cultivos transgénicos a un país anula la opción de escoger. La “coexistencia” se transforma rápidamente en extendida contaminación de los cultivos no transgénicos, lo que da como resultado la pérdida de mercados. La contaminación se presenta a través de la polinización cruzada, el derrame de semilla transgénica en las máquinas utilizadas en el campo, y la mezcla inadvertida durante el almacenamiento. Los productores campesinos poco a poco se ven obligados a cultivar transgénicos o bien tendrán contaminados sus cultivos no transgénicos.

Los estudios científicos confirman que la contaminación por transgénicos es inevitable una vez que esos cultivos se siembran en una re-

gión. Por ejemplo, la semilla del raps (canola) resistente a herbicidas puede permanecer en el suelo por años, y ser viable. Se han encontrado plantas “voluntarias” resistentes a herbicidas – que no fueron plantadas sino son el resultado de semillas transgénicas de cultivos previamente sembrados de raps (canola) aceitero - que germinaron 10 años después que se plantó el cultivo transgénico (138). Se encontró raps transgénico silvestre resistente a herbicida en Dakota del Norte, lejos de las áreas de producción agrícola. Los genes transgénicos estaban presentes en el 80 % de las plantas silvestres de raps encontradas (139, 140).

5.10.1. ¿Quién es responsable por la contaminación por transgénicos?

En los países donde se ha establecido claramente la responsabilidad legal por contaminación por transgénicos, los cultivos de transgénicos se han restringido severamente. En Alemania, se ha aprobado una ley que hace responsable a los productores que cultivan transgénicos por los daños económicos que ocasionen a agricultores orgánicos y convencionales como resultado de la contaminación por transgénicos (141,142). Esta ley ha detenido virtualmente el cultivo de transgénicos en ese país porque los productores no están preparados para aceptar responsabilidad legal por la contaminación (142).

El hecho de que productores que anteriormente habían decidido cultivar transgénicos hayan dejado de hacerlo a raíz de que se les podía considerar legalmente responsables por los daños, es una clara evidencia de que la coexistencia es imposible. A raíz de esto, no es sorprendente que la industria semillera transgénica ha hecho lobby en forma decidida contra la implementación de leyes de responsabilidad legal en Estados Unidos y Canadá.

La industria de los semilleros transgénicos también sabe que no puede contener o controlar sus genes transgénicos. En febrero de 2011, después de años de lobby de la industria, la Unión Europea dejó de lado su política de tolerancia cero en forraje animal con transgénicos no aprobados, permitiendo una contaminación de hasta un 0.1.

(143, 144). Al obrar de esa manera, liberó a la industria de responsabilidad legal por daños que provengan de la contaminación por transgénicos hasta un 0.1% de presencia (“Niveles Bajos de Presencia) de transgénicos en variedades de cultivos transgénicos que están siendo evaluados pero aun no están aprobados por la Unión Europea.

En Estados Unidos, las cortes federales han reconocido que los cultivos transgénicos pueden probablemente contaminar cultivos no transgénicos. Dos fallos de cortes revirtieron las aprobaciones del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) referidas al cultivo comercial de remolacha y alfalfa transgénicas. Las cortes ordenaron al USDA detener la siembra de cultivos transgénicos hasta que se completara el estudio de impacto ambiental sobre los efectos ambientales y económicos de la contaminación de cultivos no transgénicos por estos cultivos.

En el caso de la remolacha azucarera transgénica, USDA desafió el fallo de la corte y permitió a los productores continuar el cultivo mientras desaprobaba el estudio de impacto ambiental. En el caso de la alfalfa transgénica, USDA completó un estudio de impacto ambiental en el cual admitía que se podía presentar contaminación cruzada con alfalfa no transgénica y que los intereses económicos de los productores no transgénicos podían verse afectados. Pero, cediendo ante el fuerte lobby de la industria de transgénicos, el USDA “desreguló” la alfalfa transgénica. Esa acción pasó por encima del fallo de la corte y permitió que se plantara el cultivo sin restricciones (145).

5.11 Mito: Si hay contaminación por transgénicos, eso no es problema.

Verdad: La contaminación por transgénicos ha tenido consecuencias económicas graves para los productores agrícolas, para las empresas que comercian alimentos y forraje, y para los mercados.

“Si a alguna gente se le autoriza para escoger la opción de plantar, vender y consumir alimentos transgénicos, pronto nadie será capaz de escoger alimentos o una biosfera libre de transgénicos. Esta es una vía con una sola opción, similar a la introducción de conejos o sapos de caña en Australia. Una vez que eso se hace, no hay vuelta atrás.”

– Roger Levett, especialista en desarrollo sustentable (163)

La contaminación de cultivos por transgénicos ha tenido graves consecuencias económicas, amenazando la sobrevivencia de productores que reciben ganancias por cultivos orgánicos y libres de transgénicos, y bloqueando los mercados de exportación a países con regulaciones estrictas sobre transgénicos.

Entre los ejemplos de problemas por contaminación con transgénicos están:

- En 2011, se encontró arroz Bt transgénico no autorizado (Bt 63) en un producto lácteo para bebés y en fideos de arroz a la venta en China (146). Productos con arroz contaminado se encontraron en Alemania (147) y Suecia (148). El mismo arroz se encontró en productos que contienen arroz en Nueva Zelanda en 2008, lo que llevó a requisar los productos (149). No se ha demostrado que el arroz transgénico Bt sea sano para el consumo en seres humanos. Requisiciones frecuentes de productos contaminados con arroz Bt (63) continúan siendo informadas incluso hasta hoy en Europa.
- En 2009 una linaza transgénica no autorizada llamada CDC Triffid contaminó las exportaciones canadienses de semilla de linaza, lo

cual tuvo como resultado el colapso de las exportaciones de semilla canadiense de linaza al mercado europeo (150,151).

- En 2006 se encontró que un arroz transgénico experimental, no aprobado y que se cultivó solo por un año en sitios experimentales, contaminó los abastecimientos de arroz en Estados Unidos y sus stocks de semillas (152). Se encontró arroz contaminado en lugares tan lejanos como África, Europa y Centroamérica. En 2007 las exportaciones de arroz de Estados Unidos bajaron en un 20% en comparación con el año anterior, como resultado de la contaminación por transgénicos (153). En 2011, la compañía que desarrolló el arroz transgénico, Bayer, llegó a un acuerdo para pagar US\$750 millones para zanjar las demandas legales entabladas por 11.000 productores norteamericanos cuyos cultivos de arroz se habían contaminado (154). Una corte ordenó a Bayer pagar US\$ 137 millones en daños a Riceland, una empresa exportadora de arroz, por la pérdida de sus ventas a la Unión Europea (155).
- En Canadá, la contaminación generada por los cultivos de raps aceitero transgénico ha hecho prácticamente imposible cultivar raps orgánico o convencional (156).
- La producción de maíz orgánico en España ha caído a medida que aumenta la producción de maíz transgénico, debido a la contaminación por polinización cruzada con el maíz transgénico (157).
- El año 2000, se descubrió que el maíz StarLink producido por Aventis (que ahora es Bayer CropScience) contaminó el abastecimiento de maíz en Estados Unidos. StarLink tenía aprobación para forraje pero no para consumo en seres humanos. El descubrimiento llevó a requisar productos alimentarios contaminados con StarLink en Estados Unidos, lo que se extendió a Europa, Japón, Canadá y otros países. Los costos para la industria alimentaria se han estimado en alrededor de 1 billón de dólares (158). Además el gobierno norteamericano se hizo cargo de costos indirectos de entre US\$172 y US\$776 millones a través del Programa de Préstamos por Pagos Deficitarios del Departamento de Agricultura, que les ofrece préstamos de corto plazo y pagos directos a productores si el precio de

un cultivo commodity cae más bajo de la tasa del préstamo (159). Aventis pagó más de US\$110 millones a productores que presentaron una acción legal contra la compañía (160) y gastó otros US\$110 millones para comprar de vuelta el maíz contaminado (152). Como no existe una instancia oficial que lleve un registro de los incidentes por contaminación con transgénicos, Greenpeace y Genewatch del Reino Unido han llenado ese vacío con su Registro de Contaminación por transgénicos (161). Tan solo entre los años 2005-2007, se registraron 216 incidentes por contaminación en esa base de datos (162).

5.12 Mito: La contaminación horizontal de genes desde cultivos transgénicos es poco probable o no tiene consecuencias.

Verdad: Los genes transgénicos pueden fugarse al ambiente vía transferencia horizontal de genes, con consecuencias potencialmente serias.

La mayor parte de los incidentes de contaminación por transgénicos se dan durante la polinización cruzada, la contaminación de los stocks de semillas, o la no separación de cultivos transgénicos de los no transgénicos después de la cosecha. Sin embargo durante años los científicos han alertado que los genes transgénicos podrían también fugarse de los cultivos transgénicos para introducirse en otros organismos a través de un mecanismo llamado transferencia horizontal de genes (HGT por su sigla en inglés). HGT es el movimiento de material genético entre especies no relacionadas a través de un mecanismo diferente a la reproducción. La reproducción, por el contrario, se denomina transferencia vertical de genes porque los genes pasan a través de las generaciones desde los padres hacia la descendencia.

Los proponentes de cultivos transgénicos y los reguladores del gobierno a menudo afirman que, sobre la base de la información estadística disponible, HGT se presenta raramente. El sitio GMO Compass apoyado por la Unión Europea afirma “Hasta ahora, la transferencia horizontal de genes solo puede demostrarse bajo condiciones óptimas de laboratorio” (164).

En forma alternativa, argumentan que en el caso que ocurra, no tiene importancia, ya que un ADN transgénico no es más peligroso que un ADN no transgénico. Pero hay varios mecanismos a través de los cuales es posible que haya HGT, algunos de los cuales son más probables que otros. Es fácil y frecuente que en la naturaleza se presenten casos de HGT por la vía de algunos de estos mecanismos. Las consecuencias de HGT desde cultivos transgénicos son potencialmente graves, sin embargo no han sido tomadas en cuenta en forma adecuada por los reguladores.

Estos son los mecanismos básicos a través de los cuales podría darse HGT:

- Captura de ADN transgénico por bacterias.
- Traslado de ADN del tubo digestivo hacia los tejidos del organismo.
- Transmisión del ADN transgénico a través de *Agrobacterium tumefaciens*, una bacteria que se usa a menudo para introducir genes transgénicos a plantas porque tiene una capacidad natural para portar y transferir ADN extranjero y para infectar plantas a través de heridas en su cubierta exterior.
- Transferencia de genes por virus.

Las secciones siguientes resumen estos mecanismos y entregan una perspectiva sobre la frecuencia con que pueden ocurrir estos eventos, y sobre sus potenciales impactos.

5.12.1. Captura de ADN por bacterias

Las bacterias son promiscuas. Siempre están intercambiando ADN entre ellas mismas y tomando ADN de su ambiente. Parte de este ADN adquirido ambientalmente puede ser incorporado en su genoma y puede expresarse. Hay dos escenarios en los cuales la captura de ADN por las bacterias podría dar como resultado HGT de genes transgénicos.

La primera es la transferencia de ADN transgénico del alimento transgénico hacia las bacterias del intestino. El ADN de una planta transgénica es liberado al tubo digestivo del consumidor durante la digestión. Al revés de lo que se dice frecuentemente, el ADN transgénico no se descompone en la digestión y puede sobrevivir en fragmentos lo suficientemente grandes que pueden contener genes intactos que potencialmente están activos biológicamente (ver 3.1.1, 3.6.2).

En el caso de transgénicos, esto podría ser problemático. Como en el tracto digestivo hay bacterias de muchas especies diferentes, algunas de las cuales pueden capturar ADN de su ambiente e incorporarlo a su propio ADN. Por ejemplo, si la planta transgénica contenía un gen de resistencia a un antibiótico, la bacteria podría incorporar ese gen de resistencia al antibiótico en su genoma, y por tanto convertirse en resistente al antibiótico. Si la bacteria en cuestión por casualidad fue-

ra patogénica (causante de enfermedades) este proceso podría haber creado una superbacteria, un patógeno resistente al antibiótico.

Como las bacterias del tubo digestivo frecuentemente intercambian ADN, la creación de la superbacteria podría darse en un proceso de dos fases. Primero, el gen de resistencia al antibiótico podría ser tomado inicialmente e incorporado en una bacteria no patogénica del tubo digestivo. A continuación, si una especie de bacterias patógenas se hace parte de la flora intestinal, la bacteria no patógena podría transferir el gen de resistencia al antibiótico a la bacteria patógena, creando así una “superbacteria”.

La transferencia de genes transgénicos desde el alimento a las bacterias del intestino se ha documentado en un estudio hecho en seres humanos que encontró que las bacterias del intestino de una persona cuya dieta incluía soya portaban secuencias que son características de la soya transgénica que era parte de su dieta (165).

El segundo escenario en el cual la captura de ADN por las bacterias podría dar como resultado HGT de genes transgénicos es la transferencia de ADN transgénico a las bacterias del suelo. El cultivo de plantas transgénicas lleva a la descomposición de material transgénico de la planta al ambiente, introduciendo genes transgénicos en el suelo. Cada centímetro cúbico de suelo contiene miles de especies diferentes de bacterias, y solo un pequeño porcentaje de ellas ha sido identificado y caracterizado. Algunas de las bacterias conocidas del suelo pueden, y de hecho toman ADN libre que puede estar presente en el suelo, incorporando ese ADN en sus genomas (166). Esto podría dar como resultado la transferencia de genes transgénicos a las poblaciones naturales de bacterias de suelo. Sobre la base de la estadística disponible actualmente, muy limitada, se ha estimado que este tipo de evento sería extremadamente escaso (167). Sin embargo, se ha demostrado que el ADN transgénico puede persistir en el suelo a niveles detectables por al menos un año (18), aumentando la probabilidad de HGT.

Más aún, solo conocemos una pequeña fracción de las bacterias del suelo que podrían tomar potencialmente ADN de su ambiente (166). Más aún, si la toma de un gen transgénico, por ejemplo de resistencia

a antibiótico, confiere a la bacteria una ventaja en sobrevivida y crecimiento, esta puede permitirle dejar fuera de competencia otras familias de bacteria en presencia de antibióticos vastamente usados en la agricultura y la medicina. Por eso, este evento inicialmente escaso podría de todas formas generar un resultado importante en términos ambientales y de salud (169).

5.12.2. Captura de ADN durante la digestión de alimentos transgénicos

Un estudio hecho en ratas demostró que el ADN transgénico presente en alimentos puede ser transferido desde el tubo digestivo al torrente sanguíneo de los animales que comen el alimento. Este ADN extranjero se encontró también en los glóbulos blancos y células de muchos otros tejidos de las ratas (170). En otro estudio, en una dieta que se dio a ratas preñadas, se encontró ADN extranjero en los órganos de sus fetos y de las crías recién nacidas (171). Se cree que el ADN extranjero llegó al feto a través de la placenta.

Se ha demostrado que el ADN transgénico del forraje puede ser capturado por los órganos de los animales que lo comen y puede ser detectado en la carne y el pescado que come la gente (172, 173, 174, 175).

La mayor parte del ADN transgénico del alimento se fragmenta antes de alcanzar la sangre o los tejidos. Sin embargo, unas pocas copias de ADN transgénico de tamaño suficiente como para contener la secuencia de un gen funcional y completo, podrán estar también presentes en el tubo digestivo y pueden ser llevadas a la sangre a una frecuencia más baja, donde puede ser transportada por la sangre y capturada por las células de algunos tejidos o órganos (170). Una vez que está en una célula, ese tipo de gen transgénico podría ser integrado al ADN de la célula, causando ya sea la mutación directa de una función del gen huésped o la reprogramación de la célula huésped para producir la proteína para la cual ese gen transgénico está codificado.

Actualmente, este escenario es especulativo. Aunque es altamente posible detectar ADN transgénico en los tejidos de los organismos

que consumen forraje transgénico, no se ha publicado ninguna investigación que muestre que el ADN transgénico se expresa en los tejidos de estos organismos. Es de esperar que si efectivamente se presentara esa expresión, no ocurriría en forma frecuente. Para averiguar si esos eventos de expresión ocurren realmente, sería necesario llevar a cabo estudios a muy gran escala, aunque sería todo un desafío poder identificar un diseño experimental adecuado para ese estudio.

Debería destacarse sin embargo que aunque esos eventos puedan ser de frecuencia baja, el hecho de que existe un extendido consumo de transgénicos tanto por seres humanos como por animales, esa baja frecuencia no elimina esos eventos como material importante a tomar en cuenta para las evaluaciones de bioseguridad de los transgénicos.

Aunque todavía no está claro el mecanismo, se ha encontrado que el forraje transgénico afecta la salud de los animales que lo comen. Se ha detectado ADN transgénico de soya en la sangre, órganos y leche de cabras. Se encontró una enzima, deshidrogenasa láctica en niveles elevados en forma importante en el corazón, músculos y riñones de cabras jóvenes alimentadas con soya transgénica (176). Esta enzima se filtra de las células dañadas durante reacciones del sistema inmunológico o heridas, de manera que los altos niveles presentes pueden indicar ese tipo de problemas.

5.12.3. Transferencia horizontal de genes vía *Agrobacterium tumefaciens*

Agrobacterium tumefaciens (*A. tumefaciens*) es una bacteria del suelo que a menudo se usa para introducir genes transgénicos en plantas.

La introducción de genes transgénicos en plantas infectándolas con *A. tumefaciens* se lleva a cabo explotando un plásmido TI, una molécula circular pequeña de ADN que está presente en forma natural en *A. tumefaciens*. Cuando *A. tumefaciens* infecta una planta, el plásmido Ti se introduce en las células de la planta. Partes del plásmido Ti pueden a continuación insertarse por sí mismas en el ADN de la planta.

Los biotecnólogos vegetales han adaptado este proceso natural para introducir ADN extranjero en las plantas y así producir cultivos

transgénicos. Primero, los genes presentes naturalmente en el plásmido TI en la región que puede insertarse en el ADN celular de la planta huésped se remueven y remplazan por el gen transgénico escogido. El plásmido Ti que ahora está modificado genéticamente se introduce al *A. tumefaciens*, que a su turno se usa para infectar las células de la planta. Una vez que está adentro de la célula de la planta, parte del plásmido Ti modificado genéticamente puede insertarse en el ADN celular de la planta huésped, alternando permanentemente de esta manera la conformación genética de las células infectadas.

Aunque *A. tumefaciens* es una forma conveniente para introducir genes nuevos en plantas, puede también servir como vehículo para HGT desde la planta transgénica a otras especies. Esto puede suceder a través de dos mecanismos.

El primero, es que residuos de *A. tumefaciens* llevados a una planta transgénica podrían infectar plantas de otras especies, trasladando los genes transgénicos desde la planta transgénica modificada intencionalmente a otras plantas. *A. tumefaciens* puede servir como vehículo para HGT a centenares de especies de plantas, ya que se ha encontrado que *A. tumefaciens* infecta un amplio rango de especies de plantas.

El segundo mecanismo crea el riesgo de que *A. tumefaciens* podría traspasar genes transgénicos a un rango incluso más amplio de especies, que va más allá de las plantas y no se limita a ellas. Consiste en ciertos tipos de hongos que operan como huéspedes intermedios en la transferencia de transgenes desde *A. tumefaciens* transgénica a otros organismos.

Un estudio realizado en 2010 encontró que bajo condiciones que se dan en la naturaleza, *A. tumefaciens* introdujo ADN en una especie de hongos que causa enfermedades conocidas por infectar plantas. El estudio también mostró que secuencias de ADN transgénico de *A. tumefaciens* fueron incorporadas al ADN de los hongos. En otras palabras, la *A. tumefaciens* estaba manipulando genéticamente a los hongos.

Los autores concluyeron que en los casos en que una planta transgénica se infecta con hongos, *A. tumefaciens* de la planta transgénica podría infectar los hongos, introduciendo genes transgénicos en los

hongos (177). Tales hongos, podrían a su vez, traspasar los genes transgénicos a otras plantas que ellos infectaran.

Los ingenieros en biotecnología habían asumido previamente que *A. tumefaciens* solo infecta plantas. Pero este estudio mostró que puede infectar hongos, una clase diferente de organismos. El estudio afirmó: “*A. tumefaciens* puede ser capaz de manipular en la naturaleza organismos que no son plantas, tales como los hongos, y se desconoce las implicaciones de eso” (177). Los autores destacaron que ya se sabe que *A. tumefaciens* puede manipular genéticamente células humanas en laboratorio (177, 178).

Uno de los co-autores del estudio, Andy Bailey, un patólogo vegetal de la Universidad de Bristo, UK, dijo “Nuestro trabajo genera la interrogante de si el ámbito de huésped de *A. tumefaciens* es más amplio de lo que habíamos pensado, tal vez no se limita sólo a plantas, después de todo” (179).

Las implicaciones de esta investigación son que es posible que los genes transgénicos, una vez que se introdujeron vía *A. tumefaciens* en un cultivo transgénico y se liberaron al ambiente, podrían luego introducirse en un organismo diferente del reino vegetal, en este caso un hongo, y manipularlo genéticamente. Esto sería un proceso no controlado y no controlable, con consecuencias impredecibles.

*Implicancias de la transferencia horizontal de genes vía **A. tumefaciens***

¿Podría *A. tumefaciens* transferir genes transgénicos desde una planta transgénica a otro organismo bajo condiciones reales de producción en el campo? La respuesta depende de si hay un poco de *A. tumefaciens* portador de los genes transgénicos remanente en el cultivo transgénico que se planta al aire libre. Los biotecnólogos usan antibióticos para tratar de sacar la *A. tumefaciens* de la planta transgénica después del proceso de transformación se completa en el laboratorio. Pero se ha encontrado que este proceso no es confiable y es incompleto:

- Un estudio realizado en brassicas, papas y berries transgénicas mostró que el uso de tres antibióticos no logró remover totalmente *A. tumefaciens*. En cambio, los niveles de *A. tumefaciens* aumenta-

ron entre las 12 a 16 semanas siguientes al proceso de manipulación genética y se detectó *A. tumefaciens* hasta 6 meses después de la manipulación (180).

- Un estudio en coníferas transgénicas encontró residuos de *A. tumefaciens* en árboles 12 meses después de la manipulación genérica pero no se detectaron posteriormente en las mismas plantas (181).

Sin embargo estos experimentos solo examinaron los primeros clones de plantas transgénicas. En el proceso de desarrollo de la transgenia, tales clones transgénicos pasan por un largo proceso de cruzamiento y propagación con sus parientes vegetales de mejor desempeño, sean no transgénicas o transgénicas, para producir una planta transgénica que tenga un buen desempeño en el campo y exprese los rasgos deseados. La pregunta importante es si *A. tumefaciens* que porta los genes transgénicos sobrevive este proceso de cruce y propagación y permanece en la planta transgénica final que se vende.

Hasta donde sabemos, no ha habido estudios para evaluar si hay algo de *A. tumefaciens* en la planta transgénica comercializada finalmente.

El estudio en coníferas transgénicas examinó los clones transgénicos iniciales, no las plantas que habían sido cruzadas y reproducidas a través de varias generaciones, tal como los cultivos de transgénicos lo son antes de ser comercializados, así que no entrega respuesta a esta interrogante.

Sin embargo, debería responderse esta interrogante antes de que se comercialice una variedad transgénica, para evitar consecuencias no deseadas que podrían ser originadas por *A. tumefaciens* residual en la planta transgénica final. Algunos ejemplos de las consecuencias que deberían ser excluidas son la transferencia de propiedades insecticidas a las bacterias, o de la tolerancia a herbicidas a otros cultivos o plantas silvestres. El estudio del que se habló anteriormente (5.12.3) muestra que la introducción de genes transgénicos en plantas podría tener consecuencias en organismos fuera del reino vegetal, a través del mecanismo de infección propalado por hongos que portan *A. tumefaciens*, el cual a su turno porta genes transgénicos (177).

Las consecuencias de esta HGT para la salud de los seres humanos y el ambiente no son predecibles, pero potencialmente son graves. La evaluación del riesgo ambiental y a la salud de cualquier variedad transgénica debe demostrar que las plantas transgénicas han sido completamente despojadas de la bacteria transgénica *A. tumefaciens* antes de que sea aprobada su comercialización.

5.12.4. La transferencia de genes a través de virus

Los virus son eficientes en la transferencia de genes de un organismo a otro y en efecto son capaces de realizar HGT. Los científicos han usado esta capacidad para crear vectores de transferencia viral de genes que se usan frecuentemente en investigación para introducir genes transgénicos en otros organismos. Esos vectores basados en virus de las plantas también se han desarrollado para generar cultivos transgénicos, aunque hasta la fecha no se han comercializado cultivos producidos por esta vía (182, 183).

Los vectores virales que se usan para generar cultivos transgénicos están diseñados para impedir la transferencia no controlada de material genético. Sin embargo, a raíz del largo período de tiempo durante el cual el cultivo manipulado genéticamente con un virus se propagaría al ambiente, y la gran cantidad de seres humanos y ganado que estaría expuesto a este material transgénico hay un riesgo real, aunque pequeño de que se podrían presentar modificaciones no deseadas que podrían llevar a un HGT por la vía de un virus, con efectos impredecibles.

Otro riesgo potencial de HGT vía virus proviene de cultivos transgénicos manipulados para contener el gen de un virus, especialmente los que llevan información para una proteína “superficial” de un virus. Esto se hace tratando de conferir resistencia del cultivo de una infección presente y daño por la familia del virus “silvestre” del cual se originó el gen transgénico viral. Sin embargo, se ha sugerido que un cultivo transgénico que contiene un gen viral de este tipo, infectado por los virus, puede generar un intercambio de material genético entre el gen viral transgénico de la planta y el virus de la infección, a través de un proceso conocido como recombinación. Esto puede potencial-

mente dar como resultado una nueva familia más potente (virulenta) del virus (184,185).

A continuación, las razones que están tras estas preocupaciones.

El gen transgénico viral estará presente en cada célula del cultivo. El resultado de esto es que el cultivo a gran escala de plantaciones de transgénicos que contienen el gen del virus transgénico generará una concentración extremadamente y altamente peligrosa de genes virales específicos en los campos. Se ha sugerido que esto entrega una oportunidad sin precedentes para el surgimiento de eventos de recombinación entre un virus de infección y los genes virales transgénicos del cultivo, y por tanto aumentan el riesgo de que se produzcan nuevas familias de virus nuevos, mutagénicos y potencialmente más virulentos (185).

Se ha demostrado bajo condiciones de laboratorio la aparición de esas mutaciones virales con virulencia aumentada (186, 187).

Hasta ahora solo dos cultivos transgénicos manipulados con genes de virus se han comercializado: una variedad de zapallo cultivado en Estados Unidos y México (188 189) y la papaya cultivada en Hawaii (190). No hay informes de ninguna investigación para estudiar si han surgido nuevas familias de virus por recombinación en estos dos cultivos. Es interesante, y totalmente inesperado, que aunque el zapallo transgénico era resistente a la infección viral, se encontró que era proclive a la enfermedad de marchitamiento por bacterias luego del ataque de escarabajos (191).

5.12.5. Evaluación general de los riesgos de HGT por los métodos mencionados anteriormente

Los eventos HGT de todos los tipos tienen muy baja probabilidad de presentarse. El método en el cual hay una probabilidad más alta de presentarse es la captura de ADN por bacterias ya sea en el ambiente o el tubo digestivo. Hay buenas pruebas de que esto ya ha sucedido en las bacterias del intestino de seres humanos que consumen soya transgénica.

Los otros escenarios son de una probabilidad que es significativamente más baja. Sin embargo, dada la extremadamente amplia distribución de los cultivos transgénicos y su uso por décadas, estas bajas probabilidades llevan a la probabilidad de que podrían ocurrir este tipo de eventos HGT realmente, aunque los mecanismos por los cuales se espera que ocurran tienen probabilidades bajas.

Por eso, los impactos negativos y los riesgos asociados a HGT deben ser tomados en cuenta al considerar la bioseguridad general de cualquier cultivo transgénico.



Conclusiones del capítulo 5

La mayor parte de los beneficios para los productores agrícolas y el ambiente citados en favor de los cultivos transgénicos son exagerados, o bien son falsos. Por ejemplo, al revés de lo que se dice en forma frecuente, los cultivos transgénicos no han aumentado los rendimientos intrínsecos de los cultivos. Los rendimientos de los cultivos han aumentado en las últimas décadas, pero ello se debe a éxitos alcanzados a través de las formas de hibridez y no a los rasgos transgénicos.

Los cultivos transgénicos tampoco han disminuido el uso de plaguicidas. La adopción del maíz transgénico y el algodón transgénico Bt han tenido como resultado una pequeña disminución en el volumen de insecticidas con que se fumiga estos cultivos, pero es muy probable que esta disminución no permanezca en el tiempo ya que las plagas generan resistencia a las toxinas Bt y son remplazadas por plagas secundarias. Asimismo, la reducción de fumigaciones con insecticidas está minimizada por el aumento masivo del uso de herbicidas generado por la adopción de cultivos transgénicos resistentes a herbicidas. La adopción de estos cultivos transgénicos ha significado que los productores agrícolas fumiguen con 383 millones más de libras (174 millones de kg) de herbicidas, en comparación con lo que ellos habrían hecho en ausencia de cultivos de semillas transgénicas tolerantes a herbicidas.

Este aumento se debe en gran medida a la extensión de malezas resistentes al glifosato, el herbicida más usado comúnmente en los cultivos transgénicos. Como “solución” al problema de las malezas resistentes al glifosato, las empresas de biotecnología han desarrollado cultivos manipulados para tolerar varios herbicidas diferentes, incluyendo herbicidas que son potencialmente aún más tóxicos, tales como dicamba y 2,4-D (un ingrediente extremadamente tóxico del Agente Naranja). La cinta transportadora química resultante de esto solo beneficia a las transnacionales productoras de semillas transgénicas las cuales sacan provecho de cada fracaso de sus tecnologías, porque ese fracaso genera una nueva oportunidad de venta de sus plaguicidas químicos en mezclas cada vez más complejas. Las afirmaciones de que es

ambientalmente amigable el sistema de cero labranza practicado junto con los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, también carecen de justificación.

El excesivo uso de glifosato también está causando otros problemas a los productores agrícolas, tales como la reducción de la fuerza del cultivo debido a que los nutrientes del suelo ya no están disponibles y también a que se producen o se exacerban enfermedades en las plantas que afectan su rendimiento. Se ha probado que la afirmación de los fabricantes respecto de que el glifosato (Roundup) es un herbicida ambientalmente benigno con baja toxicidad es falsa, ya que hay un número creciente de estudios que demuestran que persiste en el ambiente y tiene efectos tóxicos, además de estudios que muestran que es tóxico para seres humanos y causa malformaciones congénitas y cáncer.

Las afirmaciones de que los cultivos transgénicos Bt reducen el uso de insecticidas son sospechosas, si consideramos que toda la planta transgénica Bt es en sí misma un insecticida. Además, la tecnología transgénica Bt está siendo sabotada por el surgimiento de plagas secundarias y resistencias, lo cual obliga a los productores agrícolas a volver a usar cócteles complejos y caros de sustancias químicas con las cuales fumigar. Y el creciente uso de tratamientos de semillas con insecticidas tanto en semillas transgénicas como no transgénicas hace surgir la posibilidad de que el uso de insecticidas no se ha reducido a través de los cultivos transgénicos Bt sino simplemente es menos visible para los productores y los consumidores.

Se ha comprobado que las afirmaciones de que la toxina Bt de los cultivos Bt sólo afectan las plagas de insectos son falsas, a través de estudios que muestran los efectos negativos en una amplia gama de organismos, incluyendo los insectos benéficos que ayudan a la protección de los cultivos, y los organismos benéficos del suelo que contribuyen al crecimiento y la salud del cultivo. Los impactos económicos de los cultivos transgénicos en los productores agrícolas parecen ser variables. Hay informes de que los precios de semillas transgénicos están subiendo en picada y también aumentan los precios de las sustancias

químicas de las cuales dependen debido a su manipulación genética. Este modelo está fortalecido por la concentración del mercado de la semilla bajo el control de las transnacionales agroquímicas y semilleras y la ausencia de verdadera competencia.

En contraste con las afirmaciones de que los cultivos transgénicos aumentan las opciones de productores agrícolas, la realidad es que su introducción significa la desaparición de la opción del productor, debido a dos mecanismos. En primer término, a medida que la industria de los transgénicos logra el control sobre el mercado de semillas de una región, saca del mercado las variedades de semillas no transgénicas que desee. En segundo término, el lobby de la industria biotecnológica en favor de “la libertad de opción” para los productores, afirma que los cultivos transgénicos y no transgénicos (incluyendo los cultivos orgánicos) pueden “coexistir”. Esto abre la puerta al ingreso de los cultivos transgénicos, y hace que los productores que desean cultivar plantas no transgénicas o cultivos orgánicos pierdan su libertad de escoger debido a la contaminación por transgénicos. Una y otra vez, el resultado de esto ha sido la pérdida de mercados y el surgimiento de costos más elevados para los productores rurales y la industria alimentaria y del forraje.

Los rasgos transgénicos pueden extenderse a los otros cultivos, a plantas silvestres y a otras especies no relacionadas a través de la transferencia horizontal de genes (HGT) por la vía de varios mecanismos, algunos de los cuales tienen más probabilidades de presentarse que otros. Las consecuencias potenciales de HGT no han sido consideradas adecuadamente por los reguladores.

Referencias del capítulo 5

1. National Farmers Union of Canada. GM crops: Not needed on the Island. Recommendations of the National Farmers Union to the Prince Edward Island legislature's standing committee on agriculture, forestry, and the environment. Charlottetown, PEI, Canada. 14 September 2005.
2. Gurian-Sherman D. Failure to yield: Evaluating the performance of genetically engineered crops. Union of Concerned Scientists. 2009. http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/failure-to-yeild.pdf
3. Benbrook C. Evidence of the magnitude and consequences of the Roundup Ready soybean yield drag from university-based varietal trials in 1998. Sandpoint, Idaho. July 13 1999. <http://www.mindfully.org/GE/RRS-Yield-Drag.htm>
4. Elmore RW, Roeth FW, Nelson LA, et al. Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines. *Agronomy Journal*. 2001; 93: 408-412.
5. Ma BL, Subedi KD. Development, yield, grain moisture and nitrogen uptake of Bt corn hybrids and their conventional near-isolines. *Field Crops Research*. 2005; 93: 199-211.
6. Fernandez-Cornejo J, McBride WD. The adoption of bioengineered crops. Agricultural Economic Report No. 810. Washington, DC. US Department of Agriculture. 2002. <http://www.ers.usda.gov/publications/aer810/aer810.pdf>
7. Kaskey J. Monsanto facing "distrust" as it seeks to stop DuPont (update 3). Bloomberg. November 10 2009. http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=aii_24MDZ8SU
8. Gillam C. Virginia probing Monsanto soybean seed pricing. West Virginia investigating Monsanto for consumer fraud. Reuters. June 25 2010. <http://www.reuters.com/article/idUSN2515475920100625>
9. Benbrook CM. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the United States: The first thirteen years. The Organic Center. November 2009. http://www.organic-center.org/reportfiles/13Years20091126_FullReport.pdf
10. Christison B. Family farmers warn of dangers of genetically engineered crops. In Motion Magazine. 29 July 1998. <http://www.inmotionmagazine.com/genet1.html>
11. Benbrook CM. Rust, resistance, run down soils, and rising costs – Problems facing soybean producers in Argentina. Technical Paper No 8. AgBioTech InfoNet. January 2005. <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/rust-resistance-run-down-soi.pdf>
12. Pengue W. El glifosato y la dominación del ambiente. *Biodiversidad* July 2003; 37.
13. MECON (Ministerio de Economía Argentina). Mercado argentino de fitosanitarios – Año 2001. 2001. http://web.archive.org/web/20070419071421/http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/nuevositio/agricultura/insumos_maquinarias/fitosanitarios/index.php
14. CASAFE. Statistics. 2008. <http://www.casafe.org/predan1/resumen.pdf>

15. Nandula VK, Reddy KN, Duke SO, Poston DH. Glyphosate-resistant weeds: Current status and future outlook. *Outlooks on Pest Management*. August 2005; 16: 183–187.
16. Syngenta. Syngenta module helps manage glyphosate-resistant weeds. Delta Farm Press. May 30 2008. <http://deltafarmpress.com/syngenta-module-helps-manage-glyphosate-resistant-weeds>
17. Robinson R. Resistant ryegrass populations rise in Mississippi. Delta Farm Press 2008. <http://deltafarmpress.com/resistant-ryegrass-populations-rise-mississippi>
18. Johnson B, Davis V. Glyphosate resistant horseweed (marestail) found in 9 more Indiana counties. *Pest & Crop* 2005; May 13(8). <http://extension.entm.purdue.edu/pestcrop/2005/issue8/index.html>
19. Herbicide Resistance Action Committee. Glycines (G/9) resistant weeds by species and country. 2012. <http://www.weedscience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?lstMOAID=12>
20. Nice G, Johnson B, Bauman T. A little burndown madness. *Pest & Crop*. 7 March 2008. <http://extension.entm.purdue.edu/pestcrop/2008/issue1/index.html>
21. Nice G, Johnson B. Fall applied programs labeled in Indiana. *Pest & Crop*. 22 September 2006. <http://extension.entm.purdue.edu/pestcrop/2006/issue23/table1.html>
22. Randerson J. Genetically-modified superweeds ‘not uncommon’. *New Scientist*. 5 February 2002.
23. Royal Society of Canada. Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. An Expert Panel Report on the Future of Food Biotechnology. 2001. http://www.rsc.ca//files/publications/expert_panels/foodbiotechnology/GMreportEN.pdf
24. Knispel AL, McLachlan SM, Van Acker RC, Friesen LF. Gene flow and multiple herbicide resistance in escaped canola populations. *Weed Science*. 2008; 56: 72–80.
25. Neuman W, Pollack, A. US farmers cope with Roundup-resistant weeds. *New York Times*. May 3 2010. <http://www.nytimes.com/2010/05/04/business/energy-environment/04weed.html?pagewanted=1&hp>
26. Kilman S. Superweed outbreak triggers arms race. *Wall Street Journal*. June 4 2010. <http://biolargo.blogspot.com/2010/06/round-up-weed-killer-and-acquired.html>
27. Osunsami S. Killer pig weeds threaten crops in the South. 6 October 2009. <http://abcnews.go.com/WN/pig-weed-threatens-agricultureindustryovertaking-fields-crops/story?id=8766404&page=1>
28. Caulcutt C. ‘Superweed’ explosion threatens Monsanto heartlands. *France 24*. 19 April 2009. <http://www.france24.com/en/20090418-superweed-explosion-threatens-monsanto-heartlands-genetically-modified-US-crops>
29. Gustin G. Roundup’s potency slips, foils farmers. *St. Louis Post-Dispatch*. July 25 2010. http://www.soyatech.com/news_story.php?id=19495
30. Brasher P. Monsanto paying farmers to increase herbicide use. *Des Moines Register*. October 19 2010. <http://bit.ly/az3fSo>

31. Warwick SI, Legere A, Simard MJ, James T. Do escaped transgenes persist in nature? The case of an herbicide resistance transgene in a weedy Brassica rapa population. *Mol Ecol*. Mar 2008; 17(5): 1387-1395.
32. Hart M. Farmer to farmer: The truth about GM crops [film]. 2011. <http://gmcropsfarmertofarmer.com/film.html>
33. Mortensen DA, Egan JF, Maxwell BD, Ryan MR, Smith RG. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*. Jan 2012; 62(1): 75-84.
34. Gillam C. Dow launches multi-herbicide tolerant GM soybean. Reuters. 22 August 2011. <http://bit.ly/qBR9a5>
35. Kimbrell A. "Agent Orange" corn: Biotech only winner in chemical arms race as herbicide resistant crops fail. *Huffington Post*. 22 February 2012. http://www.huffingtonpost.com/andrew-kimbrell/agent-orange-corn-biotech_b_1291295.html
36. Rahman A, James TK, Trollove MR. Chemical control options for the dicamba resistant biotype of fathen (*Chenopodium album*). *New Zealand Plant Protection*. 2008; 61: 287-291.
37. Herbicide Resistance Action Committee. Herbicide resistant weeds summary table. 2010. <http://www.weedscience.org/summary/MOASummary.asp>
38. Martin H. Herbicide resistant weeds. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. April 2001, revised 2009. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-023.htm>
39. Downey RK. Gene flow and rape – the Canadian experience. In: Lutman PJW, ed. *Gene Flow and Agriculture: Relevance for Transgenic Crops*. Vol 72: British Crop Protection Council Symposium Proceedings; 1999:109-116.
40. Bindraban PS, Franke AC, Ferrar DO, et al. GM-related sustainability: Agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil. Wageningen, the Netherlands. *Plant Research International*. 2009. <http://bit.ly/Ink59c>
41. Brookes G, Barfoot P. Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects in the first ten years of commercial use. *AgBioForum*. 2006; 9(3): 139-151.
42. Jacquet F, Butault JP, Guichard L. An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops. *Ecological Economics*. May 2011.
43. Rensburg JBJ. First report of field resistance by the stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt-transgenic maize. *S. Afr J Plant Soil*. 2007; 24(3): 147-151.
44. Huang F, Leonard BR, Wu X. Resistance of sugarcane borer to *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2007; 124: 117-123.
45. Tabashnik BE, Gassmann AJ, Crowder DW, Carriere Y. Insect resistance to Bt crops: Evidence versus theory. *Nat Biotechnol*. February 2008; 26: 199-202.
46. Gassmann AJ, Petzold-Maxwell JL, Keweshan RS, Dunbar MW. Field-evolved resistance to Bt maize by Western corn rootworm. *PLoS ONE*. 2011; 6(7): e22629.
47. Associated Press. Monsanto shares slip on bug-resistant corn woes. 29 August 2011. <http://onforb.es/pcJjQf>

48. Gray M. Severe root damage to Bt corn confirmed in northwestern Illinois. *Aces News*. 24 August 2011. <http://www.aces.uiuc.edu/news/stories/news5903.html>
49. Chilcutt CF, Tabashnik BE. Contamination of refuges by *Bacillus thuringiensis* toxin genes from transgenic maize. *Proc Natl Acad Sci U S A*. May 18 2004; 101(20): 7526-7529.
50. Dorhout DL, Rice ME. Intraguild competition and enhanced survival of western bean cutworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) on transgenic Cry1Ab (MON810) *Bacillus thuringiensis* corn. *Journal of Economic Entomology*. 2010; 103: 54–62.
51. Pearson H. Transgenic cotton drives insect boom. *Nature*. 25 July 2006.
52. Wang S, Just DR, Pinstrup-Andersen P. Bt-cotton and secondary pests. *Int. J. Biotechnology*. 2008; 10(2/3): 113–121.
53. Goswami B. India: Bt cotton devastated by secondary pests. *Grain* 2007. <http://www.grain.org/btcotton/?id=398>
54. Ashk GKS. Bt cotton not pest resistant. *The Times of India*. 24 August 2007. http://timesofindia.indiatimes.com/Chandigarh/Bt_cotton_not_pest_resistant/articleshow/2305806.cms
55. *The Economic Times (India)*. Bug makes meal of Punjab cotton, whither Bt magic? September 2 2007. <http://bit.ly/967MA8>
56. Rohini RS, Mallapur CP, Udikeri SS. Incidence of mirid bug, *Creontiades biseratense* (Distant) on Bt cotton in Karnataka. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*. 2009; 22: 680–681.
57. Zhao JH, Ho P, Azadi H. Benefits of Bt cotton counterbalanced by secondary pests? Perceptions of ecological change in China. *Environ Monit Assess*. Feb 2010; 173(1-4): 985-994.
58. Lu Y, Wu K, Jiang Y, et al. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*. May 28 2010; 328(5982): 1151-1154.
59. *GMO Compass*. Maize. 2012. <http://www.gmo-compass.org/eng/gmo/db/>
60. Séralini GE, Mesnage R, Clair E, Gress S, de Vendômois JS, Cellier D. Genetically modified crops safety assessments: Present limits and possible improvements. *Environmental Sciences Europe*. 2011; 23(10).
61. Leslie TW, Biddinger DJ, Mullin CA, Fleischer SJ. Carabidae population dynamics and temporal partitioning: Response to coupled neonicotinoid-transgenic technologies in maize. *Environ Entomol*. Jun 2009; 38(3): 935-943.
62. Gurian-Sherman D. Genetically engineered crops in the real world – Bt corn, insecticide use, and honey bees. *The Cornucopia Institute*. 13 January 2012. <http://www.cornucopia.org/2012/01/genetically-engineered-crops-in-the-real-world-bt-corn-insecticide-use-and-honey-bees/>
63. Gurian-Sherman D. Seed treatments. In: Robinson C, ed 2012.
64. Kunkel BA, Held DW, Potter AD. Impact of Halofenozide, Imidacloprid, and Bendiocarb on beneficial invertebrates and predatory activity in turfgrass. *Journal of Economic Entomology*. 1999; 92(4): 922–930.
65. Rogers MA, Krischik VA, Martin LA. Effect of soil application of imidacloprid on survival of adult green lacewing, *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), used for biological control in greenhouse. *Biological Control*. 2007; 42(2): 172–177.

66. Tennekes HA. The significance of the Druckrey-Kupfmüller equation for risk assessment—the toxicity of neonicotinoid insecticides to arthropods is reinforced by exposure time. *Toxicology*. Sep 30 2010; 276(1): 1–4.
67. Pettis JS, Vanengelsdorp D, Johnson J, Dively G. Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*. *Die Naturwissenschaften*. Feb 2012; 99(2): 153–158.
68. Krupke CH, Hunt GJ, Eitzer BD, Andino G, Given K. Multiple routes of pesticide exposure for honey bees living near agricultural fields. *PLoS ONE*. 2012; 7(1): e29268.
69. Castaldini M, Turrini A, Sbrana C, et al. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. *Appl Environ Microbiol*. Nov 2005; 71(11): 6719–6729.
70. Zwahlen C, Hilbeck A, Gugerli P, Nentwig W. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field. *Mol Ecol*. Mar 2003; 12(3): 765–775.
71. Cheeke TE, Pace BA, Rosenstiel TN, Cruzan MB. The influence of fertilizer level and spore density on arbuscular mycorrhizal colonization of transgenic Bt 11 maize (*Zea mays*) in experimental microcosms. *FEMS Microbiol Ecol*. Feb 2011; 75(2): 304–312.
72. Cheeke TE, Rosenstiel TN, Cruzan MB. Evidence of reduced arbuscular mycorrhizal fungal colonization in multiple lines of Bt maize. *American Journal of Botany*. 2012; 99(4): 700–707.
73. Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Kareiva P. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science*. Jun 8 2007; 316(5830): 1475–1477.
74. Losey JE, Rayor LS, Carter ME. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*. May 20 1999; 399(6733): 214.
75. Jesse LCH, Obyrcki JJ. Field deposition of Bt transgenic corn pollen: Lethal effects on the monarch butterfly. *J. Oecologia*. 2000; 125: 241–248.
76. Lang A, Vojtech E. The effects of pollen consumption of transgenic Bt maize on the common swallowtail, *Papilio machaon* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Basic and Applied Ecology*. 2006; 7: 296–306.
77. Schmidt JE, Braun CU, Whitehouse LP, Hilbeck A. Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Arch Environ Contam Toxicol*. Feb 2009; 56(2): 221–228.
78. Hilbeck A, McMillan JM, Meier M, Humbel A, Schlaepfer-Miller J, Trtikova M. A controversy re-visited: Is the coccinellid *Adalia bipunctata* adversely affected by Bt toxins? *Environmental Sciences Europe*. 15 February 2012; 24(10).
79. Hilbeck A, Moar WJ, Pusztai-Carey M, Filippini A, Bigler F. Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. May 1999; 91(2): 305–316.
80. Lövei GL, Arpaia S. The impact of transgenic plants on natural enemies: A critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. January 2005; 114: 1–14.

81. Ramirez-Romero R, Desneux N, Decourtye A, Chaffiol A, Pham-Delègue MH. Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2008; 70: 327–333.
82. Tank JL, Rosi-Marshall EJ, Royer TV, et al. Occurrence of maize detritus and a transgenic insecticidal protein (Cry1Ab) within the stream network of an agricultural landscape. *PNAS*. 27 September 2010.
83. Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, et al. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Oct 9 2007; 104(41): 16204–16208.
84. Bohn T, Traavik T, Primicerio R. Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. *Ecotoxicology*. Feb 2010; 19(2): 419–430.
85. Viehweger G, Danneberg, H. Glyphosat und Amphibiensterben? Darstellung und Bewertung des Sachstandes. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. 2005. N/A
86. Food and Agriculture Organization (FAO). Pesticide residues in food – 2005. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues. Geneva, Switzerland. 20–29 September 2005; FAO Plant Production and Protection Paper 183. <http://bit.ly/oYcVwv>
87. Schuette J. Environmental fate of glyphosate. Sacramento, CA. Institution. Date 1998. <http://www.cdpr.ca.gov/docs/empm/pubs/fatememo/glyphos.pdf>
88. Kjær J, Olsen P, Barlebo HC, et al. Monitoring results 1999–2003: The Danish Pesticide Leaching Assessment Programme. 2004. http://pesticidvarsling.dk/monitor_uk/2003.html
89. Chang FC, Simcik ME, Capel PD. Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere. *Environ Toxicol Chem*. Mar 2011; 30(3): 548–555.
90. Coupe RH, Kalkhoff SJ, Capel PD, Gregoire C. Fate and transport of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters of agricultural basins. *Pest Manag Sci*. 2011; 68(1): 16–30.
91. Springett JA, Gray RAJ. Effect of repeated low doses of biocides on the earthworm *Aporrectodea caliginosa* in laboratory culture. *Soil Biol Biochem*. 1992; 24: 1739–1744.
92. Santillo DJ, Brown PW, Leslie DM. Response of songbirds to glyphosate-induced habitat changes on clearcuts. *J Wildlife Management*. 1989; 53: 64–71.
93. Relyea RA. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*. 2005; 15(2): 618–627.
94. Relyea RA, Schoeppner NM, Hoverman JT. Pesticides and amphibians: the importance of community context. *Ecological Applications*. 2005; 15: 1125–1134.
95. Attorney General of the State of New York, Consumer Frauds and Protection Bureau, Environmental Protection Bureau. In the matter of Monsanto Company, respondent. Assurance of discontinuance pursuant to executive law §

- 63(15). New York, NY, Nov. False advertising by Monsanto regarding the safety of Roundup herbicide (glyphosate). 1996. <http://www.mindfully.org/Pesticide/Monsanto-v-AGNYnov96.htm>
96. Agence France Presse. Monsanto fined in France for 'false' herbicide ads. 26 January 2007. http://www.organicconsumers.org/articles/article_4114.cfm
 97. Dodge J. Expert: GMOs to blame for problems in plants, animals. Boulder Weekly. 11 August 2011. <http://www.boulderweekly.com/article-6211-expert-gmos-to-blame-for-problems-in-plants-animals.html>
 98. Kremer RJ, Means, N.E., Kim, S. Glyphosate affects soybean root exudation and rhizosphere microorganisms. *Int J of Analytical Environmental Chemistry*. 2005; 85(15): 1165–1174.
 99. Sanogo S, Yang XB, Scherm H. Effects of herbicides on *Fusarium solani* f. sp. *glycines* and development of sudden death syndrome in glyphosate-tolerant soybean. *Phytopathology*. Jan 2000; 90(1): 57-66.
 100. University of Missouri. MU researchers find fungi buildup in glyphosate-treated soybean field. 2000. http://www.biotech-info.net/fungi_buildup.html
 101. Kremer RJ, Means NE. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *European Journal of Agronomy*. 2009; 31: 153–161.
 102. Fernandez MR, Zentner RP, Basnyat P, Gehl D, Selles F, Huber D. Glyphosate associations with cereal diseases caused by *Fusarium* spp. in the Canadian prairies. *Eur J Agron*. 2009; 31: 133–143.
 103. Johal GS, Huber, D.M. Glyphosate effects on diseases of plants. *Europ J Agronomy*. 2009; 31: 144–152.
 104. Food Standards Agency. About mycotoxins. Undated. <http://www.food.gov.uk/safereating/chemsafe/mycotoxins/about/>
 105. Alm H, Brussow KP, Torner H, et al. Influence of *Fusarium*-toxin contaminated feed on initial quality and meiotic competence of gilt oocytes. *Reprod Toxicol*. Jul 2006; 22(1): 44-50.
 106. Diaz-Llano G, Smith TK. Effects of feeding grains naturally contaminated with *Fusarium* mycotoxins with and without a polymeric glucomannan mycotoxin adsorbent on reproductive performance and serum chemistry of pregnant gilts. *J Anim Sci*. Sep 2006; 84(9): 2361-2366.
 107. Huber DM, Cheng, M.W., and Winsor, B.A. Association of severe *Corynespora* root rot of soybean with glyphosate-killed giant ragweed. *Phytopathology*. 2005; 95(S45).
 108. Huber DM, and Haneklaus, S. Managing nutrition to control plant disease. *Landbauforschung Volkenrode*. 2007; 57: 313–322.
 109. Monsanto. Get soybean and corn crops off to a good start in 2011 with Acceleron® seed treatment products. 7 February 2011. <http://monsanto.mediaroom.com/give-crops-a-good-start-with-acceleron>
 110. Neumann G, Kohls S, Landsberg E, Stock-Oliveira Souza K, Yamada T, Romheld V. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2006; 20: 963–969.

111. Zobiole LH, Oliveira RS, Visentainer JV, Kremer RJ, Bellaloui N, Yamada T. Glyphosate affects seed composition in glyphosate-resistant soybean. *J Agric Food Chem.* Apr 14 2010; 58(7): 4517-4522.
112. King CA, Purcell LC, Vories ED. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. *Agronomy Journal.* 2001; 93: 179-186.
113. Reddy KN, Zablotowicz RM. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. *Weed Science*2003;51:496-502. [http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0496:GSRTVS\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1614/0043-1745(2003)051[0496:GSRTVS]2.0.CO;2)
114. Dekalb. Increase soybean yield potential with inoculants, protect with seed treatments2010.
115. Iowa State University Soybean Extension and Research Program. Seed inoculation. 2007. http://extension.agron.iastate.edu/soybean/production_seedinoc.html
116. Kirby A. GM scientists “know too little” on wildlife. BBC News. 21 July 2003. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/3084157.stm>
117. Hawes C, Haughton AJ, Osborne JL, et al. Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* Nov 29 2003; 358(1439): 1899-1913.
118. Roy DB, Bohan DA, Haughton AJ, et al. Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* Nov 29 2003; 358(1439): 1879-1898.
119. Brooks DR, Bohan DA, Champion GT, et al. Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide-tolerant and conventional spring crops. I. Soil-surface-active invertebrates. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* Nov 29 2003; 358(1439): 1847-1862.
120. BBC News. Q&A: GM farm-scale trials. 2004. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3194574.stm>
121. Amos J. GM study shows potential ‘harm’. BBC News. March 21 2005. <http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/4368495.stm>
122. Heard MS, Hawes C, Champion GT, et al. Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. II. Effects on individual species. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* Nov 29 2003; 358(1439): 1833-1846.
123. European Parliament and Council. Directive 2009/128/EC of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides. *Official Journal of the European Union* 24.11.20092009:71-84.
124. Gómez-Barbero M, Rodríguez-Cerezo E. Economic impact of dominant GM crops worldwide: A review. European Commission Joint Research Centre: Institute for Prospective Technological Studies. December 2006. <http://ftp.jrc.es/EURdoc/eur22547en.pdf>

125. Morse S, Bennett RM, Ismael Y. Genetically modified insect resistance in cotton: Some farm level economic impacts in India. *Crop Protection*. 2005; 24(2005): 433–440.
126. Haq Z. Ministry blames Bt cotton for farmer suicides. *Hindustan Times*. 26 March 2012. <http://bit.ly/lrPRRZ>
127. Benbrook CM. The magnitude and impacts of the biotech and organic seed price premium. The Organic Center. December 2009. http://www.organic-center.org/reportfiles/Seeds_Final_11-30-09.pdf
128. Roseboro K. Iowa organic farmer says non-GMO corn outperforms GMO. *The Organic & Non-GMO Report*. 1 April 2011. <http://www.non-gmoreport.com/articles/april2011/organicnongmocornoutperformsgmo.php>
129. PG Economics. Who we are. 2010. <http://www.pgeconomics.co.uk/who-we-are.php> Accessed 1 September, 2011
130. Brookes G, Barfoot, P., Barfoot P. Co-existence of GM and non GM arable crops: the non GM and organic context in the EU. *PG Economics*. 14 May 2004.
131. Howard P. Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996–2008. *Sustainability*. 2009; 1: 1266–1287.
132. Neuman W. Rapid rise in seed prices draws US scrutiny. *New York Times*. March 11 2010. http://www.nytimes.com/2010/03/12/business/12seed.html?_r=1
133. Kirchgassner S. DOJ urged to complete Monsanto case. *Financial Times*. August 9 2010. <http://www.ft.com/cms/s/0/6327dfda-a3ef-11df-9e3a-00144feabdc0.html>
134. Sharma D. A scientific fairytale. *India Together*. February 2003. <http://www.indiatogether.org/2003/feb/dsh-scicoverup.htm>
135. Roseboro K. Scientist: GM technology has exacerbated pesticide treadmill in India. *The Organic & Non-GMO Report*. 1 February 2012. <http://www.non-gmoreport.com/articles/february2012/gmtechnologypesticideindia.php>
136. Aaronson T. The suicide belt. *Columbia City Paper*. 10 November 2009. <http://www.columbiacitypaper.com/2009/11/10/the-suicide-belt/>
137. Rylott P. Matter of Fact [television broadcast]. BBC2 Eastern Region. 12 October 2000.
138. D'Hertefeldt T, Jørgensen RB, Pettersson LB. Long-term persistence of GM oilseed rape in the seedbank. *Biology Letters*. June 23 2008; 4: 314–317.
139. Gilbert N. GM crop escapes into the American wild. *Nature*. August 6 2010. <http://www.nature.com/news/2010/100806/full/news.2010.393.html>
140. Black R. GM plants “established in the wild”. *BBC News*. August 6 2010. <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-10859264>
141. Bhattacharya S. German farmers to be liable for GM contamination *New Scientist*. November 26 2004. <http://www.newscientist.com/article/dn6729-german-farmers-to-be-liable-for-gm-contamination.html>
142. Reuters. Germany’s top court approves GMO planting laws. November 24 2010. <http://www.futurespros.com/news/futures-news/germany%27s-top-court-approves-gmo-planting-laws-1000004734>

143. Doward J. GM crops to be allowed into Britain under controversial EU plans. *The Observer*. February 6 2011. <http://www.guardian.co.uk/environment/2011/feb/06/genetically-modified-crops-uk>
144. ENDS Europe. EU states back 0.1% GM contamination limit. February 22 2011. <http://www.endseurope.com/25650/eu-states-back-01-gm-contamination-limit>
145. Waltz E. Industry exhales as USDA okays glyphosate resistant alfalfa. *Nature Biotechnology*. March 2011; 29(3): 179–181.
146. Greenpeace. Children and infants in China at risk of eating food contaminated by illegal GE rice. 20 April 2011. <http://www.greenpeace.org/eastasia/press/releases/food-agriculture/2011/ge-rice-baby-food/>
147. Greenpeace and GeneWatch UK. Germany finds unauthorised genetically modified (Bt63) rice noodles GM Contamination Register. 15 June 2011. http://www.gmcontaminationregister.org/index.php?content=re_detail&gw_id=353®=0&inc=0&con=0&cof=0&year=2011&handle2_page=
148. Greenpeace and GeneWatch UK. Sweden finds unauthorised genetically modified (Bt63) rice GM Contamination Register. 27 June 2011. http://www.gmcontaminationregister.org/index.php?content=re_detail&gw_id=365®=cou.6&inc=0&con=0&cof=0&year=2011&handle2_page=
149. New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). Unauthorised GM rice product found and withdrawn. 30 July 2008. http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Unauthorised_Rice-Zealand_Food.htm
150. Dawson A. CDC Triffid flax scare threatens access to no. 1 EU market. *Manitoba Cooperator*. September 17 2009. <http://www.gmfreireland.org/news/2009/sep.php>
151. Dawson A. Changes likely for flax industry. *Manitoba Cooperator*. September 24 2009. <http://www.gmwatch.org/component/content/article/11541>
152. Blue EN. Risky business: Economic and regulatory impacts from the unintended release of genetically engineered rice varieties into the rice merchandising system of the US. Greenpeace. 2007. <http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/risky-business.pdf>
153. Reuters. Mexico halts US rice over GMO certification. Reuters. March 16 2007. <http://www.topix.com/forum/city/laredo-tx/TOSL1UNPIEIML1VMA>
154. Harris A, Beasley D. Bayer agrees to pay \$750 million to end lawsuits over gene-modified rice. *Bloomberg*. 2 July 2011. <http://www.bloomberg.com/news/2011-07-01/bayer-to-pay-750-million-to-end-lawsuits-over-genetically-modified-rice.html>
155. Fox JL. Bayer's GM rice defeat. *Nature Biotechnology*. 7 June 2011; 29(473).
156. Organic Agriculture Protection Fund Committee. Organic farmers seek Supreme Court hearing. Vol Press release. Saskatoon, Canada: Organic Agriculture Protection Fund Committee; 2007.
157. Binimelis R. Coexistence of plants and coexistence of farmers: Is an individual choice possible? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. 2008; 21: 437–457.

158. Macilwain C. US launches probe into sales of unapproved transgenic corn. *Nature*. 2005; 434(7032): 423.
159. United States Government Accountability Office (GAO). Genetically engineered crops. Report to the Committee on Agriculture, Nutrition, and Forestry, US Senate. November 2008. <http://www.gao.gov/cgi-bin/getrpt?GAO-09-60>
160. Arasu KT. US farmers reach \$110 million StarLink settlement. Reuters. 7 February 2003.
161. Greenpeace and GeneWatch UK. GM contamination register. 2011. <http://www.gmcontaminationregister.org/index.php?content=ho> Accessed 30 August, 2011
162. Greenpeace and GeneWatch UK. GM contamination register report 2007. 2008.
163. Levett R. Choice: Less can be more. *Food Ethics*. Autumn 2008; 3(3).
164. GMO Compass. Gene transfer to microorganisms. 2006. http://www.gmo-compass.org/eng/safety/environmental_safety/167_gene_transfer_microorganisms.html Accessed 18 April, 2012
165. Netherwood T, Martin-Orue SM, O'Donnell AG, et al. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. *Nat Biotechnol*. Feb 2004; 22(2): 204-209.
166. Pontiroli A, Simonet P, Frostegard A, Vogel TM, Monier JM. Fate of transgenic plant DNA in the environment. *Environ Biosafety Res*. Jan-Jun 2007; 6(1-2): 15-35.
167. Brigulla M, Wackernagel W. Molecular aspects of gene transfer and foreign DNA acquisition in prokaryotes with regard to safety issues. *Applied microbiology and biotechnology*. Apr 2010; 86(4): 1027-1041.
168. Lerat S, Gulden RH, Hart MM, et al. Quantification and persistence of recombinant DNA of Roundup Ready corn and soybean in rotation. *J Agric Food Chem*. Dec 12 2007; 55(25): 10226-10231.
169. Heinemann JA, Traavik T. Problems in monitoring horizontal gene transfer in field trials of transgenic plants. *Nat Biotechnol*. Sep 2004; 22(9): 1105-1109.
170. Schubbert R, Renz D, Schmitz B, Doerfler W. Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen, and liver via the intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Feb 4 1997; 94(3): 961-966.
171. Schubbert R, Hohlweg U, Renz D, Doerfler W. On the fate of orally ingested foreign DNA in mice: chromosomal association and placental transmission to the fetus. *Mol Gen Genet*. Oct 1998; 259(6): 569-576.
172. Mazza R, Soave M, Morlacchini M, Piva G, Marocco A. Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res*. Oct 2005; 14(5): 775-784.
173. Sharma R, Damgaard D, Alexander TW, et al. Detection of transgenic and endogenous plant DNA in digesta and tissues of sheep and pigs fed Roundup Ready canola meal. *J Agric Food Chem*. 2006; 54(5): 1699-1709.

174. Chainark P, Satoh S, Hirono I, Aoki T, Endo M. Availability of genetically modified feed ingredient: investigations of ingested foreign DNA in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*. 2008; 74: 380–390.
175. Ran T, Mei L, Lei W, Aihua L, Ru H, Jie S. Detection of transgenic DNA in tilapias (*Oreochromis niloticus*, GIFT strain) fed genetically modified soybeans (Roundup Ready). *Aquaculture Research*. 2009; 40: 1350–1357.
176. Tudisco R, Mastellone V, Cutrignelli MI, et al. Fate of transgenic DNA and evaluation of metabolic effects in goats fed genetically modified soybean and in their offsprings. *Animal*. 2010; 4: 1662–1671.
177. Knight CJ, Bailey AM, Foster GD. Investigating *Agrobacterium*-mediated transformation of *Verticillium albo-atrum* on plant surfaces. *PLoS ONE*. 2010; 5(10): 13684.
178. Kunik T, Tzfira T, Kapulnik Y, Gafni Y, Dingwall C, Citovsky V. Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Feb 13 2001; 98(4): 1871-1876.
179. Marshall T. Bacteria spread genes to fungi on plants. *Planet Earth Online*. October 27 2010. <http://planetearth.nerc.ac.uk/news/story.aspx?id=853>
180. Barrett C, Cobb E, McNicol R, Lyon G. A risk assessment study of plant genetic transformation using *Agrobacterium* and implications for analysis of transgenic plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1997; 47: 135–144.
181. Charity JA, Klimaszcwska K. Persistence of *Agrobacterium tumefaciens* in transformed conifers. *Environ Biosafety Res*. Jul-Sep 2005; 4(3): 167-177.
182. Gleba Y, Marillonnet S, Klimyuk V. Engineering viral expression vectors for plants: the 'full virus' and the 'deconstructed virus' strategies. *Current opinion in plant biology*. Apr 2004; 7(2): 182-188.
183. Gleba Y, Klimyuk V, Marillonnet S. Viral vectors for the expression of proteins in plants. *Curr Opin Biotechnol*. Apr 2007; 18(2): 134-141.
184. Hull R. Detection of risks associated with coat protein transgenics. In: Foster GD, Taylor SC, eds. *Methods in Molecular Biology: Plant Virology Protocols: From Virus Isolation to Transgenic Resistance*. Vol 81. Totowa, NJ: Humana Press Inc.; 1998:574–555.
185. Kleiner K. Fields of genes. *New Scientist*. 16 August 1997. <http://www.gene.ch/gentech/1997/Jul-Aug/msg00573.html>
186. Nowak R. Disaster in the making. *New Scientist*. 13 January 2001; 169(2273): 4–5.
187. Jackson RJ, Ramsay AJ, Christensen CD, Beaton S, Hall DF, Ramshaw IA. Expression of mouse interleukin-4 by a recombinant ectromelia virus suppresses cytolytic lymphocyte responses and overcomes genetic resistance to mousepox. *J Virol*. Feb 2001; 75(3): 1205-1210.
188. US Department of Agriculture Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS). Environmental assessment for Upjohn Company/Asgrow Seed Company petition for determination of non-regulated status for CZW-3 squash. June 1996.

189. Ministry of agriculture l, rural development, fisheries and food, Mexico (SAGARPA),. Regulación de organismos genéticamente modificados de uso agrícola [Regulations for genetically modified organisms in agriculture]. 2004. <http://bit.ly/Kur8mp>
190. Gonsalves D. Transgenic papaya in Hawaii and beyond. *AgBioForum*. 2004; 7(1&2): 36–40.
191. Sasu MA, Ferrari MJ, Du D, Winsor JA, Stephenson AG. Indirect costs of a nontarget pathogen mitigate the direct benefits of a virus-resistant transgene in wild Cucurbita. *Proc Natl Acad Sci U S A*. Nov 10 2009; 106(45): 19067-19071.

Capítulo 6

El cambio climático y el uso de la energía

Un vistazo al capítulo

- Los transgénicos no resolverán los problemas del cambio climático. La tolerancia a condiciones extremas del clima incluye rasgos complejos y regulados de forma sutil, que la ingeniería genética es incapaz de conferir a las plantas.
- La mayor parte de los cultivos transgénicos dependen de grandes cantidades de herbicidas que a su vez requieren grandes cantidades de combustibles fósiles para su fabricación.
- No hay ningún cultivo transgénico eficiente en el uso de nitrógeno comercializado exitosamente, aunque los promotores de esta tecnología los han estado promoviendo por más de una década.
- El mejoramiento por medios convencionales lleva de lejos la delantera a los transgénicos en cuanto al desarrollo de cultivos adaptados al cambio climático y eficientes en el uso del nitrógeno.
- Otras formas adicionales de enfrentar el cambio climático incluyen la conservación de muchas variedades de semillas locales adaptadas a ello por parte de productores rurales de todo el mundo, así como sistemas de manejo agroecológico de suelos, agua y nitrógeno.

El cambio climático a menudo se usa como una razón para proclamar que necesitamos cultivos transgénicos (1). Pero las pruebas sugieren que las soluciones al cambio climático no tienen que ver con los transgénicos. Ello es porque la tolerancia a condiciones extremas del clima tales como la sequía o las inundaciones – y la resistencia a las plagas y enfermedades que a menudo las acompañan – son rasgos complejos que no pueden ser obtenidos a través de la transgenia.

Cada vez que se dice que un cultivo transgénico posee tales rasgos complejos, generalmente estos se han alcanzado a través de un proceso de mejoramiento o hibridez, no transgénico. Los rasgos transgénicos simples, tales como la resistencia a una plaga o la tolerancia a un herbicida se agregan al cultivo mejorado convencionalmente de manera de colocar la “marca” de la corporación transnacional sobre ella, después que el rasgo complejo se desarrolló a través del mejoramiento convencional.

Aunque el cultivo resultante de ello a menudo es considerado un éxito de la transgenia, esto es falso. Es un éxito del mejoramiento por selección convencional, al cual se le han agregado rasgos transgénicos. Los rasgos transgénicos no contribuyen al desempeño agronómico del cultivo sino que le dan al cultivo un rasgo que es propiedad de una compañía biotecnológica y que –en el caso de la tolerancia a un herbicida– hacen a los productores rurales dependientes de los insumos químicos vendidos por la misma compañía.

6.1 Mito: La transgenia generará cultivos apropiados para el cambio climático.

Verdad: El mejoramiento por selección sobrepasa a los transgénicos en la producción de cultivos apropiados a los climas

En diciembre de 2011, el Ministerio de Agricultura de Estados Unidos (USDA) desreguló (autorizó) la variedad MON 87460 de maíz tolerante a la sequía, de Monsanto (2). Se dijo que era el primer cultivo transgénico diseñado para resistir condiciones ambientales de estrés. Pero la USDA en su evaluación del cultivo, destacó que muchas variedades no transgénicas de maíz del mercado son al menos tan efectivas como el maíz transgénico de Monsanto en manejar el uso del agua. “El rasgo reducido no excede la variación natural observada en variedades de maíz convencional adaptadas a una región”, dijo USDA agregando, “Ya están disponibles variedades producidas a través de técnicas convencionales de mejoramiento comparables igualmente en regiones que tienen maíz cultivado con riego”. (3).

Esto era de esperar, ya que los cultivos transgénicos se desarrollaron agregando rasgos transgénicos a las mejores variedades convencionales existentes. Mientras tanto, el mejoramiento convencional, en algunas oportunidades con ayuda de selección asistida por marcadores, ha sobrepasado a los transgénicos en la producción de varios cultivos resistentes a cambios climáticos. Los ejemplos incluyen:

- Variedades de maíz que resisten bien las condiciones de sequía (4) incluyen algunas desarrolladas por productores en África (5,6,7)
- Cassava que da altos rendimientos en condiciones de sequía y resiste diversas enfermedades (8)
- Variedades de sorgo de alto rendimiento, adaptadas al clima y desarrolladas por productores rurales de Mali (9)
- Porotos resistentes al calor, la sequía y enfermedades (10,11)

- Variedades de mijo, sorgo, arvejas y nuez de tierra que toleran la sequía y altas temperaturas (12)
- Variedades de arroz criadas para tolerar la sequía, inundaciones, enfermedades y suelos salinos (13)
- Variedades de arroz tolerantes a las inundaciones desarrolladas para Asia (14,15)
 - Más de 2000 variedades indígenas de arroz adaptadas a variaciones del ambiente, como también variedades que resisten plagas y enfermedades, registradas por Navdanya, una ONG guardadora de semillas establecida en India (16).
 - Variedades de tomate desarrolladas por productores de Nepal que toleran calor extremo y resisten enfermedades (17).

Debería recordarse que solo una parte de la solución al cambio climático pasa por la genética de las plantas. Mientras se crea que la genética es la solución, la humanidad continuará confiando en la misma fuente que las compañías transgénicas explotan para usar su germoplasma: los centenares de miles de variedades de semillas adaptadas localmente y desarrolladas y conservadas a lo largo de los siglos por campesinos en todo el mundo.

Estas variedades son nuestro banco vivo de semillas. Aquella parte de la solución que se ubica más allá de la genética de las plantas está en las técnicas de producción agroecológicas comprobadas, tales como la colocación de material orgánico en el suelo para conservar el agua, plantar una diversidad de cultivos, rotar los cultivos y escoger la planta adecuada a las condiciones existentes.

6.2 Mito: La cero labranza que se practica en los cultivos transgénicos es amigable con el clima y no produce más huella de carbono

Verdad: No existe cero labranza que no capture más carbono.

La agricultura basada en insumos químicos es una importante generadora de cambio climático, que produce más del 20% de las emisiones de gas de invernadero (18). Los proponentes de transgénicos aseguran que los cultivos transgénicos pueden ayudar a revertir esta tendencia al adscribirse a la adopción de cero labranza, que evita el arado y depende de la aplicación de herbicidas para el control de las malezas. Los proponentes de transgénicos argumentan que la cero labranza almacena más carbono en el suelo que el arado, lo cual impide que el carbono se libere a la atmósfera como dióxido de carbono.

Sobre la base de este argumento, Monsanto hace lobby para que los cultivos GM Roundup Ready sean seleccionados para bonos de carbono dentro del mecanismo de Naciones Unidas para manejo limpio (CDM). (19). Los objetivos del CDM son promover tecnologías que mitigan el cambio climático. Los países industrializados y las corporaciones del norte global pueden continuar emitiendo la misma cantidad de gases de invernadero y sin embargo cumplir con las reducciones de emisiones financiando proyectos CDM, la mayor parte de los cuales se desarrollan en el sur global.

Si Monsanto tiene éxito en su lobby y los productores que cultiven Roundup Ready acceden a bonos de carbono por cero labranza, las ventas de semillas de Monsanto y de sus insumos aumentarán, ya que los gobiernos estimularán el uso de cultivos Roundup Ready para calificar para los bonos de carbono. Pero las afirmaciones de la industria de que captura carbono a través de estos cultivos de cero labranza no están probadas en ninguna investigación.

Una revisión exhaustiva de la literatura científica encontró que los campos con cero labranza no capturan más carbono que los campos arados si se toma en cuenta una profundidad mayor a los 30 cm. en los suelos. Los estudios que afirman que hay beneficios de captura de carbono provenientes de cero labranza solo miden la secuencia de una profundidad de cerca de 30 cm y por tanto no entregan un cuadro exacto (20).

6.3 Mito: Los transgénicos resolverán la crisis de nitrógeno

Verdad: La transgenia no ha generado cultivos eficientes en absorción de nitrógeno.

En los cultivos transgénicos se usa como fertilizante nitrógeno sintético, y también lo hace toda la agricultura basada en insumos químicos. Hay muchos problemas asociados a su producción y uso. El proceso de producción usa grandes cantidades de gas natural, un combustible fósil no renovable (21). Un estudio hecho en el Reino Unido encontró que la producción de salitre sintético es responsable de más de 50% del total de la energía que se usa en la agricultura (22).

El fertilizante nitrogenado produce gas de invernadero mientras se fabrica y también cuando se usa en el campo (22), generando óxido de nitrógeno, un gas de invernadero 300 veces más potente que el dióxido de carbono (23). La agricultura intensiva en el uso de fertilizantes es la mayor fuente de emisiones de óxido nitroso generadas por el ser humano en Estados Unidos (24) y será una fuente importante en cualquier país que tenga agricultura basada en insumos químicos.

Las ganancias de la agricultura dependen mucho del costo de los fertilizantes, y el costo del fertilizante de nitrógeno está atado a los costos del gas natural (21). En Canadá, un productor importante, el precio del fertilizante de nitrógeno alcanzó un tope record el año 2008 (25). Según algunos analistas, el peak en el gas, el punto en el cual se alcance la tasa máxima de extracción de gas y que por tanto el abastecimiento comience a entrar en una curva de declinación, estaría llegando alrededor de 2020 (26). A medida que ese punto se acerca, los precios seguirán aumentando. Para conseguir gas natural, la industria está ya debutando con estrategias caras y que dañan el ambiente, tales como el *fracking*.

Por estas razones, la agricultura no puede depender de los fertilizantes químicos. Hay que encontrar otra forma de obtener nitrógeno. Algunas plantas, incluyendo la mayor parte de las legumbres (la familia de los porotos, que incluye la soya y el maní) fijan el nitrógeno di-

rectamente del aire con ayuda de bacterias que fijan el nitrógeno. Pero otros cultivos, tales como el trigo y el centeno, no pueden hacer esto y necesitan que se incorpore nitrógeno al suelo.

Los proponentes sostienen que la transgenia produce cultivos que tienen alta eficiencia en el uso de nitrógeno (NUE por su sigla en inglés) que requiere menos fertilizante químico. Pero la tecnología de la transgenia no ha producido ningún cultivo de ese tipo (27). Por otra parte, la reproducción convencional ha tenido éxito en mejorar su NUE en varios cultivos. Hay estimaciones para el trigo de Francia que muestran un aumento en NUE de 29% en 35 años, y México ha mejorado su NUE en trigo en 42%, en 35 años (27).

Los estudios muestran que los métodos de producción orgánica, bajos en insumos y sustentables, son claves para el manejo del nitrógeno. Un estudio calculó que la producción potencial de nitrógeno por esos métodos era de 154 millones de toneladas, un potencial que excede ampliamente la producción de nitrógeno derivado de combustible fósil (28).

Los métodos de manejo sustentable de nitrógeno incluyen plantar legumbres en hileras entre el cultivo principal, o en una rotación de cultivos. Esto hace que el nitrógeno que está creciendo esté disponible para otras plantas que están creciendo cerca al mismo tiempo o que se plantan en la siguiente estación de cultivo.

Los hallazgos de estudios incluyen:

- La plantación de legumbres en tierra degradada de Brasil fijó exitosamente nitrógeno en el suelo, restaurando el suelo y la biodiversidad del ecosistema en el proceso (29).
- El cultivo compañero maíz/maní (en el cual crecen dos o más cultivos en estrecha proximidad) aumentó el nitrógeno del suelo y los nutrientes, aumentó el crecimiento de bacterias benéficas para el suelo y se esperaba que promoviera el crecimiento de las plantas en comparación a los monocultivos, en experimentos realizados en China (30).
- La plantación de cultivos de cobertura de legumbres (plantados para preservar el suelo) podría fijar bastante nitrógeno para rem-

plazar el fertilizante sintético en uso, según datos de agroecosistemas cálidos y tropicales (28).

Los métodos agroecológicos de manejo del nitrógeno solucionan otros problemas importantes asociados a la aplicación del fertilizante químico: la pérdida del nitrógeno del suelo por escurrimiento. En el proceso de escurrimiento, el nitrógeno se filtra del suelo en forma de nitrato, contaminando las aguas subterráneas. Puede llegar al agua potable, amenazando la salud humana y del ganado.

Se ha encontrado que las prácticas agroecológicas, orgánicas, bajas en insumos y sustentables reducen en un 59-62% la pérdida de nitrógeno del suelo en forma de nitrato, en comparación con las prácticas agrícolas convencionales (31). El resultado es reducción de la contaminación por nitrato y mejor conservación del nitrógeno en el suelo.

6.4 Mito: Los cultivos transgénicos reducen el uso de energía

Verdad: Los cultivos transgénicos tienen hambre de energía

“Hemos tratado de hacer producción rural más eficiente, con menos gente, más máquinas y mayor dependencia de plaguicidas, fertilizantes, cultivos transgénicos y energía, usando 10 kilocalorías para producir una kilocaloría (de alimento entregado al consumidor). Pero eso solo es posible si hay combustible barato. El sistema está básicamente en bancarota, y por eso mismo necesitamos cambiarlo por un sistema más moderno y avanzado, que en vez de consumir energía, la cree y que no dependa de la energía fósil sino más bien de la gente y de una ciencia adecuada.”

– Hans Herren, experto en desarrollo, y vicepresidente de la Evaluación Internacional del Estado de la Agricultura, la Ciencia y la Tecnología, (IAASTD), un proyecto de tres años sobre el futuro de la producción rural en el cual participaron más de 400 expertos de todo el mundo (32).

En el sistema alimentario de Estados Unidos, se necesitaban 10 kilocalorías de energía fósil por cada una kilocaloría de alimento para el consumidor (33). Dos tercios de esa energía provienen de la producción de fertilizantes sintéticos y de la mecanización agraria (34).

Hay un consenso extendido de que el consumo de energía debe ser radicalmente disminuido. Los proponentes de transgénicos proclaman que los cultivos transgénicos pueden ayudar a ese proceso. Como prueba de ello, citan un informe de Graham Brookes y Peter Barfoot, directores de *PG Economics*, una firma consultora de la industria agroquímica y biotecnológica (35,36).

Brookes y Barfoot entregan como un argumento importante en favor de esta supuesta reducción del uso de energía el método de cero labranza que se usa en los cultivos transgénicos RoundupReady. La idea es que la cero labranza reduce el número de pasadas de tractor que los agricultores hacen para arar sus cultivos. Pero los datos de Argentina que comparan la energía usada en los cultivos de soya transgénica y no transgénica mostraron que, mientras que cero labranza redujo

las operaciones mecánicas (del tractor sobre el campo), la producción de soja transgénica requirió más energía tanto para la cero labranza como para los sistemas que usan el arado. La razón del aumento fue la mayor cantidad de energía consumida en la producción de herbicidas (principalmente Roundup) usada en la soja transgénica (37).

Métodos comprobados de reducción de la cantidad de energía fósil usada en la producción rural incluyen minimizar el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, seleccionar maquinaria agrícola apropiada para cada tarea, limitar el riego y usar técnicas agroecológicas para manejar la fertilidad del suelo y controlar las plagas (33). Los sistemas de producción orgánica usan solo un 63% de la energía requerida por los sistemas que se basan en insumos químicos, principalmente porque eliminan la energía requerida para la producción de fertilizantes y plaguicidas (38). La producción agroecológica y orgánica baja en insumos es adecuada para el sur global. Un estudio realizado en Etiopía, financiado en parte por FAO, la organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, mostró que el compost puede reemplazar los fertilizantes químicos y que aumentó los rendimientos en más de un 30%. Los cultivos tuvieron mejor resistencia a plagas y enfermedades y hubo menos malezas persistentes (39).

6.4.1. El punto peak en combustible y gas hacen que los cultivos transgénicos sean redundantes

Según algunos analistas, el peak de combustible - el punto en que se alcanza la tasa máxima de extracción, después del cual la producción entra en un declive terminal - ya llegó. El peak del gas natural se espera que llegue en el año 2020 (26).

El peak del combustible y del gas natural marcan el fin de la agricultura intensiva en el uso de químicos porque los fertilizantes nitrogenados se sintetizan usando grandes cantidades de gas natural, y los plaguicidas (incluidos los herbicidas) se fabrican a partir de combustible.

Las empresas de transgénicos constantemente prometen nuevos cultivos que no dependen del modelo de producción intensivo en químicos. Pero fueron las compañías agroquímicas las que crearon las semillas transgénicas que son altamente dependientes de los plaguicidas y los fertilizantes. De acuerdo a los datos de la industria, dos tercios de los cultivos transgénicos del mundo son tolerantes a herbicidas (40), en otras palabras, están diseñados para depender de altas dosis de herbicidas. Muchos de los cultivos transgénicos más recientes están diseñados para tolerar varios herbicidas diferentes (ver capítulo 5).

La agricultura no puede continuar dependiendo de insumos no renovables y que cada vez son más caros. La producción alimentaria futura reducirá o eliminará el uso de plaguicidas y dependerá de fertilizantes renovables de origen biológico, tales como el compost y el estiércol, producidos en el campo o en la localidad.

Conclusiones del capítulo 6

Los cultivos transgénicos no ofrecen soluciones eficientes ni sustentables frente al cambio climático. La tolerancia a condiciones extremas del tiempo es un rasgo complejo que no se puede insertar en una planta a través de la ingeniería genética. La mayor parte de los cultivos transgénicos plantados en el mundo dependen de grandes cantidades de herbicidas, los cuales a su vez requieren para su fabricación grandes cantidades de combustibles fósiles. Los cultivos transgénicos, como todos los cultivos intensivos en el uso de insumos químicos también dependen del uso de fertilizante nitrogenado, hambriento de energía y emisor de gas de invernadero. No existen cultivos transgénicos eficientes en el uso de nitrógeno disponibles en el mercado.

Por el contrario, el mejoramiento tradicional de semillas, algunas veces ayudado por marcadores, lleva lejos la delantera a los transgénicos en el desarrollo de cultivos capaces de enfrentar el cambio climático y que son eficaces en el uso de nitrógeno. Otras formas adicionales de enfrentar el cambio climático son las miles de semillas adaptadas localmente, conservadas por los agricultores de todo el mundo, y los sistemas de manejo agroecológico del suelo, el agua y el nitrógeno.

Referencias del capítulo 6

1. Gray L. GM foods “could feed growing population during climate change”. The Telegraph (UK). 22 January 2009. <http://tgr.ph/nnywRL>
2. Abbott C. U.S. approves Monsanto drought-tolerant GM corn. Reuters. 22 December 2011. <http://reut.rs/KyB8pX>
3. Voosen P. USDA looks to approve Monsanto’s drought-tolerant corn. New York Times. 11 May 2011. <http://nyti.ms/mQtCnq>
4. Gillam C. DuPont says new corn seed yields better in droughts. Reuters. 5 January 2011. <http://reut.rs/Li0c5B>
5. Cocks T. Drought tolerant maize to hugely benefit Africa: Study. Reuters. 26 August 2010. <http://bit.ly/bPXWOp>
6. La Rovere R, Kostandini G, Tahirou A, et al. Potential impact of investments in drought tolerant maize in Africa. Addis Ababa, Ethiopia. CIMMYT. 2010.
7. Atser G. Ghanaian farmers get quality protein, drought-tolerant, and Striga-resistant maize varieties to boost production. Modern Ghana. 2 April 2010. <http://bit.ly/LZolNL>
8. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Farmers get better yields from new drought-tolerant cassava. 3 November 2008. <http://bit.ly/L3s946>
9. Diarra ST. Resistant seed helps Mali farmers battling climate change. AlertNet. 11 January 2011. <http://bit.ly/Li0AkE>
10. Yao S. ARS releases heat-tolerant beans. 30 June 2010. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2010/100630.htm>
11. US Department of Agriculture Agricultural Research Service. Help for the common bean: Genetic solutions for legume problems. Agricultural Research (USDA). 2010; May-June: 8–10.
12. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). ICRISAT develops climate change ready varieties of pearl millet, sorghum, chickpea, pigeonpea and groundnut. SeedQuest. 5 June 2009. <http://bit.ly/KqvVoV>
13. Berthelsen J. A new rice revolution on the way? AsiaSentinel. 17 January 2011. <http://bit.ly/Lzthdi>
14. International Rice Research Institute (IRRI). Indian farmers adopt flood-tolerant rice at unprecedented rates. ScienceDaily. 15 September 2010. <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100915151015.htm>
15. IRIN News. Philippines: Could flood-resistant rice be the way forward? 10 September 2009. <http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=82760>
16. Commodity Online. GM and India’s rice fields. 2 March 2007. <http://www.rediff.com/money/2007/mar/02comod4.htm>
17. Giri A. Nepali farm develops disease, heat resistant tomato. Futures Trading. 11 December 2010. <http://futures.militarygrunt.com/nepali-farm-develops-disease-heat-resistant-tomato/>

18. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Working Group III: Mitigation. A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg3/index.php?idp=21>
19. CETRI (Tricontinental Centre – Belgium). Agribusiness transnational corporations (TNCs) and UNFCCC process. 2 December 2010.
20. Baker JM, Ochsner TE, Venterea RT, Griffis TJ. Tillage and soil carbon sequestration – What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2007; 118: 1–5.
21. Funderburg E. Why are nitrogen prices so high? *Ag News and Views*. April 2001. <http://www.noble.org/ag/soils/nitrogenprices/>
22. Woods J, Williams A, Hughes JK, Black M, Murphy R. Energy and the food system. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2010; 365(1554): 2991–3006.
23. US Environmental Protection Agency (EPA). Nitrous oxide. 2010. <http://www.epa.gov/nitrousoxide/scientific.html> Accessed 10 September, 2011
24. US Environmental Protection Agency (EPA). Nitrous oxide 2010. <http://www.epa.gov/nitrousoxide/scientific.html>
25. Agriculture and Agri-Food Canada. Canadian farm fuel and fertilizer: Prices and expenses. *Market Outlook Report*. 26 November 2010; 2(7).
26. Mobbs P. *Energy Beyond Oil*. Trowbridge, Wiltshire, UK: Cromwell Press; 2005:54.
27. Gurian-Sherman D, Gurwick N. No sure fix: Prospects for reducing nitrogen fertilizer pollution through genetic engineering. December 2009.
28. Badgley C, Moghtader J, Quintero E, et al. Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*. 2007; 22: 86–108.
29. Chaer GM, Resende AS, Campello EF, de Faria SM, Boddey RM, Schmidt S. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiol*. Mar 4 2011.
30. Zhang JE, Gao AX, Xu HQ, Luo MZ. [Effects of maize/peanut intercropping on rhizosphere soil microbes and nutrient contents]. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. Jul 2009; 20(7): 1597-1602.
31. Oquist KA, Strock JS, Mulla DJ. Influence of alternative and conventional farming practices on subsurface drainage and water quality. *J Environ Qual*. Jul-Aug 2007; 36(4): 1194-1204.
32. Driver A. *CropWorld Global 2011: Changing our global approach to farming*. *Farmers Guardian*. 1 September 2011. <http://bit.ly/LXmk2s>
33. Pimentel D, Pimentel M. *Food, Energy and Society*. Niwot, CO: University Press of Colorado; 1996.
34. Pimentel D, Dougherty R, Carothers C, Lamberson S, Bora N, Lee K. Energy and economic inputs in crop production: Comparison of developed, developing countries. In: Lal L, Hansen D, Uphoff N, Slack S, eds. *Food Security and Environmental Quality in the Developing World*. Boca Raton: CRC Press; 2002:129–151.

35. Taverne D. The real GM food scandal. Prospect Magazine. 25 November 2007. <http://bit.ly/JZvDz2>
36. Brookes G, Barfoot P. Global impact of biotech crops: Socio-economic and environmental effects in the first ten years of commercial use. *AgBioForum*. 2006; 9(3): 139–151.
37. Bindraban PS, Franke AC, Ferrar DO, et al. GM-related sustainability: Agro-ecological impacts, risks and opportunities of soy production in Argentina and Brazil. Wageningen, the Netherlands. Plant Research International. 2009. <http://bit.ly/Ink59c>
38. Pimentel D, Hepperly P, Hanson J, Douds D, Seidel R. Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *Bioscience*. 2005; 55: 573–582.
39. Edwards S, Asmelash A, Araya H, Egziabher TBG. Impact of Compost Use on Crop Yields in Tigray, Ethiopia. Rome, Italy. Natural Resources Management and Environment Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations. December 2007.
40. International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). Global status of commercialized biotech/GM crops: 2010. ISAAA Brief 42-2010: Executive Summary. 2010. <http://bit.ly/Li1eic>

Capítulo 7

Alimentar al mundo

Un vistazo al capítulo

- Se promueve los cultivos transgénicos como necesarios para alimentar la creciente población del mundo. Pero parece poco probable que estos puedan hacer una contribución significativa a ello, ya que en comparación con los cultivos no transgénicos, no generan rendimientos más altos ni tampoco producen más con menos insumos.
- La mayor parte de los cultivos transgénicos están manipulados para tolerar herbicidas o para expresar un plaguicida, propiedades que son irrelevantes para resolver el problema del hambre.
- La causa del hambre no es que falte alimento en el mundo. El hambre existe porque hay un problema de distribución y por la pobreza, problemas que no pueden ser resueltos por los transgénicos.
- El informe IASSTD, firmado por más de 400 expertos internacionales concluyó que la clave para la seguridad alimentaria reside en los métodos de producción agroecológica. El informe no respalda los cultivos transgénicos, destacando que los rendimientos de estos son “variables” y que hay disponibles mejores soluciones.
- La producción agroecológica ha generado rendimientos importantes y buenos ingresos para los productores del sur global, preservando al mismo tiempo el suelo para las generaciones futuras.
- No se requieren cultivos transgénicos para alimentar el mundo. La reproducción convencional de plantas ya ha generado cultivos de alto rendimiento, resistentes a las enfermedades y plagas, tolerantes a la sequía y otras condiciones climáticas extremas y enriquecidos nutricionalmente, todo ello a una ínfima parte del costo de los cultivos transgénicos.

7.1 Mito: Se necesitan cultivos transgénicos para alimentar la creciente población mundial.

Verdad: Los cultivos transgénicos son irrelevantes para la alimentación del mundo.

“Objetamos con fuerza que la imagen de los pobres y hambrientos de nuestros países esté siendo usada por las transnacionales gigantes para impulsar una tecnología que no es segura ni amigable ambientalmente y tampoco es beneficiosa en términos económicos para nosotros. No creemos que esas corporaciones o las tecnologías de los genes ayudarán a nuestros productores rurales a producir el alimento que se necesita en el siglo XXI. Por el contrario, pensamos que destruirán la biodiversidad, el conocimiento local y los sistemas de agricultura sustentable que nuestros campesinos han desarrollado durante milenios y que eso saboteará nuestra capacidad para alimentarnos por nosotros mismos”.

- Declaración firmada por 24 delegados de 18 países africanos dirigida a FAO, 1998.

“Si alguien le dice que los transgénicos van a alimentar el mundo, dígales que no es así. Para alimentar el mundo se requiere voluntad política y financiera.”

- Steve Smith, presidente de la compañía de semillas transgénicas Novartis del Reino Unido (ahora Syngenta), en una reunión pública sobre la propuesta de cultivos transgénicos experimentales a escala de una granja, Tittleshall, Norfolk, Reino Unido, 29 Marzo de 2000.

Los cultivos transgénicos son promovidos como una forma de resolver el hambre del mundo en tiempos en que se espera que la población aumente. Pero es difícil ver cómo pueden ayudar los transgénicos a resolver el tema del hambre cuando no hay cultivos transgénicos disponibles que aumenten los rendimientos intrínsecos (ver Capítulo 5). Tampoco existen cultivos transgénicos que sean mejores que los cultivos no transgénicos en cuanto a tolerar suelos pobres o resistir condiciones climáticas adversas.

Al revés, la mayor parte de los cultivos transgénicos actualmente disponibles están manipulados para tener tolerancia a un herbicida o para contener un plaguicida o para tener ambos rasgos. Los dos cultivos transgénicos más importantes, la soya y el maíz, en su mayor parte se usan como forraje, biocombustible para mover automóviles y como alimentos procesados para seres humanos. Todos estos productos son para las naciones desarrolladas y no tienen nada que ver con resolver las necesidades alimentarias básicas de los pobres y los hambrientos. Las transnacionales de la biotecnología deben responder ante sus accionistas y por eso están interesadas en los mercados de los commodities que les asegurarán el lucro, y no es de su interés alimentar a los pobres y los hambrientos.

Incluso si un cultivo transgénico pareciera dar más altos rendimientos que un cultivo no transgénico, esto no tendría ningún impacto en el problema del hambre. Ello porque la raíz de la causa del hambre no está en la falta de alimento sino en la falta de acceso al alimento. Según la FAO, ya producimos alimento más que suficiente para alimentar la población mundial y con los métodos agrícolas existentes podríamos producir lo suficiente como para alimentar a 12 billones de personas (1). El problema es que los pobres no tienen dinero para comprar el alimento y en forma creciente, no tienen acceso a la tierra donde se cultiva el alimento. El hambre es un problema social, político y económico que la tecnología transgénica no puede enfrentar. Los cultivos transgénicos son un peligroso distractor de las soluciones reales, y las afirmaciones acerca de que los transgénicos van a ayudar a alimentar al mundo pueden ser consideradas como la explotación del sufrimiento de los hambrientos.

7.1.2. Cultivos transgénicos para África: Catálogo de un fracaso

Se ha promovido un puñado de cultivos transgénicos como una ayuda para los agricultores pobres y la agricultura familiar campesina de África. Sin embargo, los resultados son justo el revés de lo que se prometió.

La batata transgénica tuvo un rendimiento muy malo y perdió resistencia a los virus

La batata resistente a los virus ha sido un proyecto transgénico estrella para África, que ha generado cobertura mundial de los medios. Se ha publicado que Florence Wambugu, la científica que encabeza el proyecto, capacitada por Monsanto, es una heroína africana que salva a millones, a partir de sus afirmaciones de que la batata transgénica dobló su producción en Kenya. La revista *Forbes* incluso sostuvo que ella estaba entre un pequeño puñado de gente alrededor del mundo que “reinventarían el futuro” (2).

Pero más adelante resultó que las afirmaciones que se hacían sobre la batata transgénica no eran verdaderas, y los resultados de los experimentos de campo mostraban que era un fracaso. La batata transgénica fue superada en rendimiento por la batata no transgénica de control y sucumbió ante el virus que supuestamente debía resistir según su diseño (3, 4).

En contraste con ello, un programa de mejoramiento convencional en Uganda produjo una nueva variedad de alto rendimiento que era resistente a virus y tenía rendimientos 100% superiores. El proyecto ugandés alcanzó su objetivo en una fracción del tiempo y costo requeridos por el proyecto de cultivo transgénico de batata. El proyecto de batata transgénica, en 12 años, consumió financiamiento de Monsanto, el Banco Mundial y la USAID llegando a un tope de 6 millones de dólares (5).

La yuca transgénica perdió resistencia al virus

El potencial de la manipulación genética para aumentar la producción de uno de los alimentos tradicionales de África, la yuca, a través de la derrota de un virus devastador, ha sido promovido fuertemente desde mediados de los años noventa (6).

Pero parece que no se ha logrado casi nada. Incluso después que ya estaba claro que la yuca transgénica había sufrido una importante falla técnica, perdiendo resistencia al virus (7), en los medios de comunicación continuaban publicándose artículos diciendo que iba a curar el hambre en África (8, 9).

Mientras tanto, silenciosamente, el mejoramiento convencional por selección (no transgénico) ha producido una yuca resistente al virus que ya se está demostrando como exitosa en los campos de los productores, incluso bajo condiciones de sequía (10).

El algodón Bt fracasó en Makhatini

“La semilla (de algodón transgénico) se está desempeñando de muy mala forma. Sin riego y con lluvias cada vez menos predecibles, ha sido imposible plantar el algodón. En 2005 T.J. Buthelezi, el hombre cuyo progreso fue alabado por el vicepresidente de Monsanto no menos de tres años atrás, dijo: ‘Mi cabeza está turbada –no sé qué voy a hacer. No he plantado ni una sola semilla esta temporada. Ya he pagado 820 dólares norteamericanos por esta siembra y ahora tengo una enorme deuda’. T.J. es uno de los rostros desplegados por Monsanto en el mundo para probar que los agricultores africanos se están beneficiando con la tecnología transgénica”.

– Raj Patel, “Maquillando Makhatini”, en *Preparados y Hambreados* (11).

En Sudáfrica, Makhatini fue la sede de un proyecto estrella de algodón transgénico Bt para la agricultura familiar campesina. El proyecto comenzó entre 1998 y 200, con 3.000 pequeños agricultores que cultivaban algodón Bt (12) con más de 100.000 hectáreas plantadas. En

2002, el área plantada había bajado estrepitosamente a 22.500 hectáreas, una reducción de un 80% en cuatro años (13, 11).

Un informe 2003 del proyecto calculaba que los fracasos del cultivo dejaron a los productores que habían adoptado el caro algodón Bt, con deudas de 1.2 millones de dólares (5). Un estudio separado concluyó que el proyecto no generaba suficiente ingreso para producir un “mejoramiento socioeconómico concreto y sustentable (14). Para el año 2004, el 85% de los productores que solían cultivar algodón Bt habían desistido. Los productores encontraron que hubo problemas de plagas y no hubo ningún aumento en el rendimiento. Los productores que siguieron cultivando ese algodón lo hicieron a pérdida. Continuaron solo porque el gobierno sudafricano subsidió el proyecto con fondos públicos; la compañía que vendió la semilla de algodón y compró el algodón fue su única fuente de crédito; y había un mercado garantizado para el algodón (13, 11).

Una revisión del año 2012 reportó que para la temporada de cultivos 2010/2011, el área plantada con algodón Bt había encogido hasta llegar a unas minúsculas 500 hectáreas, una disminución de más del 90% del área cultivada durante el período en que se habló del gran éxito del algodón transgénico (1998-2000). Los rendimientos continuaron variando ampliamente según los niveles de lluvia, oscilando dentro de un 10% de lo que había antes de la introducción del algodón Bt. Los costos generales del control de plagas permanecieron significativamente mayores con el algodón transgénico (representaron un 65% del total de costos de los insumos) en comparación con el algodón no transgénico (un 42% del total del costo de los insumos).

La revisión concluyó que el principal valor del proyecto Makhatini parece haber sido un ejercicio de relaciones públicas para los proponentes de transgénicos, entregando “importantes municiones para ayudar a convencer a otras naciones africanas de adoptar cultivos transgénicos” y agregó que hubo una “desconexión” entre cómo se mostró el proyecto y “las realidades enfrentadas por los productores de este algodón (12).

“Para alimentar 9 billones de personas en 2050, necesitamos en forma urgente adoptar las técnicas de producción agrícola que sean más eficientes. La evidencia científica de hoy demuestra que para aumentar la producción alimentaria donde viven los hambrientos, especialmente en ambientes adversos, los métodos agroecológicos tienen un mejor desempeño que el logrado con el uso de fertilizantes químicos.

“A la fecha, los proyectos agroecológicos han mostrado un aumento promedio de rendimiento del cultivo de 80% en 57 países en desarrollo, con un promedio de aumento de 116% para todos los proyectos africanos. Los proyectos recientes desarrollados en 20 países americanos demostraron que se doblaron los rendimientos en un periodo de tres a diez años.

“La producción agrícola convencional descansa en insumos caros, conduce al cambio climático y no muestra resiliencia a los shocks del clima. Sencillamente ya no es actualmente la mejor opción.

“La agricultura debería ser fundamentalmente redirigida hacia modelos de producción que sean más sustentables ambientalmente y más justas socialmente.”

– Olivier De Schutter, relator especial de Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación, en “Agroecología y el derecho a la alimentación (32, 33)”.

El proyecto de soya y maíz transgénico terminó arruinando a pequeños agricultores

El proyecto de cultivo de soya y maíz transgénicos terminó en desastre para agricultores pobres negros de Sudáfrica. El gobierno de Cabo Oriental fue criticado por su apoyo al así llamado proyecto de “Revolución Verde” lanzado en 2003-2004. “Vimos que la pobreza se profundizó y la gente volvió a su tierra para sobrevivir”, dijo la investigadora de Masafude, Mercia Andrews.

El estudio evidenció preocupaciones sobre los esquemas de alimentación desarrollados en animales con “resultados alarmantes” que in-

cluyen daño a sus órganos internos. Presentó evidencia de problemas con malezas y plagas; contaminación de cultivos con polen transgénico; y problemas con el control ejercido por las grandes transnacionales en los sistemas alimentarios locales y globales como resultado de las patentes de semillas (15).

A partir de esos ejemplos concluimos que es irresponsable presionar a los agricultores pobres del sur global para poner en juego sus tierras y medios de sustento usando los riesgosos cultivos transgénicos, en circunstancias que existen alternativas efectivas comprobadas.

7.1.3. El boom de los biocombustibles y la crisis alimentaria

“Los gigantes transnacionales del negocio de los transgénicos, las semillas y los plaguicidas, que han desarrollado y patentado cultivos manipulados genéticamente, llevan mucho tiempo sosteniendo que su misión es alimentar el mundo, y rara vez desaprovechan la oportunidad de mencionar que en África se mueren de hambre. En realidad, su misión es el lucro.

“El derecho de los pequeños productores a la tierra; la estabilidad política, mercados más justos, educación e inversión son la clave para alimentar África pero ofrecen pocas perspectivas de aumentar el lucro.”

“La crisis del clima se usó para promover los biocombustibles, ayudando a crear la crisis alimentaria”.

– Daniel Howden, corresponsal en África para *The Independent* (Reino Unido) (16)

“Mi lado cínico piensa que ellos solo están usando la actual crisis alimentaria y de combustible como trampolín para reponer los transgénicos en la agenda pública. Comprendo por qué lo hacen pero el peligro es que ellos están haciendo esas afirmaciones acerca de que los cultivos transgénicos resuelven el problema de la sequía o van a alimentar al mundo, y eso es pura basura.”

– Denis Murphy, decano de biotecnología, Universidad de Glamorgan, Gales (17).

La crisis alimentaria global 2007-2008 llevó a disturbios por el alimento en todo el mundo, mientras que los precios en alza de los cultivos tradicionales dejaron los alimentos fuera del alcance de los pobres y los hambrientos. La crisis está en curso. A comienzos del año 2011 los precios globales de los alimentos se quedaron cerca de su punto más alto del año 2008 (18). Los precios bajaron un 8% entre septiembre y diciembre de 2011 aunque el Banco Mundial reportó que todavía estaban altos, ya que el índice anual de precios de alimentos 2011 fue un 24% más alto que el índice anual 2010 (18).

Los proponentes de transgénicos han usado la crisis alimentaria para sostener que los activistas anti-transgénicos del norte global están haciendo que el sur global se mantenga con hambre al crear temores infundados sobre los cultivos transgénicos. Estos cultivos transgénicos de alta tecnología, sostienen, podrían ayudar a resolver el problema del hambre, si los activistas de los países ricos dejaran de interferir en ello. Pero el Banco Mundial y la FAO identificaron el boom de los biocombustibles –y no la falta de alimentos transgénicos– como la causa principal de la crisis alimentaria de 2007-2008 (19, 20).

Los biocombustibles son cultivos utilizados para combustible. Vastas extensiones de tierras de cultivo han sido sacadas de la producción de alimentos para destinarlas a la producción de biocombustibles para automóviles, financiadas por generosos subsidios de gobiernos. Esto ha hecho que el alimento esté más escaso, y ha elevado los costos. A ello se agrega que el crecimiento de la industria de los biocombustibles ha creado una asociación entre agricultura y combustible que nunca existió anteriormente.

“Una pregunta clave que hay que hacer a nuestros científicos y políticos y que hay que tener el coraje de hacérsela también a la industria, es si la industria de tecnología transgénica puede coexistir y coexistirá con otras tecnologías en la ‘caja de herramientas’ de la agricultura, sin destruir esas otras tecnologías. Además de entregar más promesas que realidades y de entregar solo beneficios privados como por ejemplo generar una porción más grande del mercado para sus propios plaguicidas químicos, los transgénicos trajeron consigo una notoria disminución de la producción y venta de variedades de semillas; concentración de la propiedad y control del conocimiento (derechos de propiedad intelectual o IPPRs) requeridos para la producción agrícola.

“En 2002, el director del Centro Vietnamita de Investigación Agrícola me contó en una conferencia en Asia, que él tendría que gastar todo su presupuesto anual de Investigación y Desarrollo (US\$20 millones, según recuerdo) sólo en abogados, para tratar de esclarecer qué materiales podían usar sus investigadores y cuáles no, y para saber cuánto pagar en licencias por esos IPPRs, de acuerdo a la jungla de derechos de propiedad intelectual que se ha desarrollado respecto de materiales y moléculas de plantas y cultivos. ¿Ayuda este tipo de restricción y de disminución de la diversidad y de la trayectoria de la innovación agrícola a que los países pobres tengan mayor seguridad alimentaria?

“Esta concentración y achicamiento, y la transformación de la agricultura asociada en producción de monocultivos industriales que requieren insumos más caros e insustentables, los cuales a su vez ignoran y externalizan plagas totalmente predecibles y supermalezas resistentes y de esta forma disminuye el rendimiento de corto plazo, todo ello no puede ser considerado una tecnología sustentable. Tampoco parece que podría coexistir con otras tecnologías de la así llamada caja de herramientas”.

– Profesor Brian Wynne, ESRC *Centre for Economic and Social Aspects of Genomics*, Cesagen, Universidad de Lancaster, Reino Unido (43).

Antes, los mercados agrícolas solo respondían a demandas alimentarias y no estaban asociados al mercado del petróleo. Pero ahora están estrechamente vinculados, porque la agricultura proporciona cultivos que se usan para hacer biocombustibles alternativos a los combustibles petroquímicos. Cuatro importantes cultivos alimentarios y de forraje, la caña de azúcar, el maíz, el trigo y la soya se usan ahora para tener un stock de biocombustibles. Así es como el boom de los biocombustibles ha puesto a la par los precios de los alimentos con los de los combustibles fósiles (18) y el resultado de ello es que los precios de los alimentos seguirán en espiral a medida que el petróleo se vaya haciendo más escaso y caro.

Las mismas compañías que producen semillas transgénicas producen también cultivos para biocombustibles. Esto muestra que estas empresas no están motivadas por un deseo de alimentar al mundo sino su deseo es tener ganancias.

7.1.4 La especulación con los alimentos y el hambre

Una causa adicional de la crisis alimentaria del 2007-2008 (además de la carrera por biocombustibles) fue la especulación financiera en los mercados con commodities que son alimentos. La tendencia en curso lleva hacia arriba los precios de los cultivos que se transan internacionalmente en gran escala, es decir del maíz, el trigo y la soya. Un informe sobre el tema concluyó: “Los mercados de alimentos deberían servir los intereses de la gente y no los de los especuladores financieros. Dado que aún existe hambre en el mundo, incluso pequeñas alzas de precio estimuladas por los inversionistas financieros son escandalosas. No debemos permitir que el alimento se convierta en un instrumento solamente financiero” (21).

Los cultivos transgénicos no entregan una solución al problema de la especulación financiera en los mercados de alimentos.

7.2 Mito: Los cultivos transgénicos son vitales para lograr la seguridad alimentaria.

Verdad: La producción agroecológica es la clave para la seguridad alimentaria.

“La agroecología imita a la naturaleza y no a los procesos industriales. Reemplaza los insumos externos como fertilizantes con el conocimiento de cómo una combinación de plantas, árboles y animales puede fortalecer la productividad de la tierra. Los rendimientos subieron más de un 214% en 44 proyectos desarrollados en 20 países de la región subsahariana de África usando técnicas agroecológicas de cultivo por un período entre 3 a 10 años...y esto es mucho más de lo que cualquier cultivo transgénico ha logrado jamás”.

– Olivier De Schutter, Relator Especial de Naciones Unidas sobre el derecho a la alimentación (22).

El año 2008 el Banco Mundial y cuatro agencias de Naciones Unidas completaron un estudio de cuatro años sobre el futuro de la agricultura. Desarrollado por más de 400 científicos y expertos de 80 países y suscrito por 62 gobiernos, el informe Evaluación Internacional del Conocimiento sobre la Agricultura, la Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (IAASTD por su sigla en inglés) no avaló los cultivos transgénicos como solución al hambre en el mundo. El informe destacó que los rendimientos de los cultivos transgénicos eran “muy variables”, entregando “alzas en los rendimientos en algunos lugares y disminución en los rendimientos en otros” (23).

El IAASTD identificó la producción agroecológica como la clave para la futura seguridad alimentaria. El informe instó a generar mayor cooperación entre los productores rurales y equipos interdisciplinarios de científicos para construir sistemas de producción alimentaria que sean sustentables y aceptables culturalmente (23).

Entre los ejemplos de este tipo de sistema documentados en IAASTD y otras fuentes se incluyen:

- Prácticas con pocos insumos, que ahorran energía y preservan y reconstruyen suelos, conservan el agua y fortalecen la resistencia natural a las plagas y la resiliencia en los cultivos.
- Métodos innovadores de producción que minimizan o eliminan el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos caros.
- Uso de miles de variedades tradicionales de importantes cultivos alimentarios que están adaptadas naturalmente a factores de stress como la sequía, el calor, el mal tiempo, las inundaciones, salinidad, suelos pobres y plagas y enfermedades (24).
- Programas que capaciten a los productores rurales para el resguardo y mejoramiento de las semillas tradicionales en forma cooperativa.
- Uso de cultivos existentes y de cultivos de sus parientes silvestres para programas de mejoramiento tradicional para desarrollar variedades con rasgos útiles.
- Uso de técnicas seguras de la biotecnología moderna, tales como la selección asistida por marcadores (MAS) para poner al día el mejoramiento tradicional. A diferencia de la tecnología transgénica, la selección asistida por marcadores puede producir nuevas variedades de cultivos con propiedades genéticamente complejas tales como fortalecimiento de aspectos nutritivos, del gusto, alto rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades y tolerancia a la sequía, el calor, la salinidad y las inundaciones (25).

Los proyectos de agricultura sustentable en el sur global han producido aumentos notables en rendimientos y seguridad alimentaria (26, 27, 28, 29, 30, 31). Un informe de 2008 de Naciones Unidas estudió 114 proyectos de producción agrícola en 24 países africanos y encontró que las prácticas orgánicas o cercanas a lo orgánico dieron como resultado aumentos en el rendimiento que en promedio eran mayores al 100%. En África Oriental se encontró un aumento del rendimiento de un 128%. El informe concluyó que la agricultura orgánica puede aportar más para la seguridad alimentaria en África que los sistemas basados en la producción intensiva en el uso de sustancias químicas, y que es más probable que ésta sea sustentable en el largo plazo (29).

Estos resultados sirven como recordatorio de que la genética vegetal sólo es una parte de la respuesta para la seguridad alimentaria. La otra parte es cómo se cultivan los alimentos. Los métodos de producción agraria sustentable que resguardan el suelo y el agua y minimizan los insumos externos no sólo aseguran que haya bastante alimento para la población actual, sino también que esta tierra se mantenga siendo productiva para las futuras generaciones.

7.2.1. La agricultura familiar campesina es más eficiente

La investigación confirma que la futura seguridad alimentaria está en manos de los pequeños agricultores. Los campos de pequeña extensión son más eficientes que los grandes, producen más cultivos por hectárea de tierra (34, 35, 36, 37).

7.2.2. La agricultura sustentable puede reducir la pobreza

Estudios desarrollados en Asia, África, América Latina y el Caribe han encontrado que la producción orgánica y agroecológica puede combatir la pobreza de una forma ambientalmente sustentable:

- Los productores rurales que cultivan en forma orgánica para mercados de exportación y los mercados locales en América Latina y el Caribe tuvieron ingresos más altos que un grupo control de productores que usan métodos basados en insumos químicos. Entre las razones de esto están: las tecnologías orgánicas son de muy bajo costo; la sustitución de caros insumos químicos que a menudo requieren acceso al crédito, por mano de obra e insumos orgánicos baratos; los precios altos pagados por productos orgánicos y las relaciones estrechas y de largo plazo que los productores orgánicos desarrollan con los consumidores, lo cual da como resultado mejores precios. Adicionalmente, la producción orgánica se asoció con efectos positivos en la salud de los trabajadores rurales. La preocupación por las intoxicaciones por plaguicidas fue un factor importante para que los productores rurales tomaran la decisión de adoptar la producción orgánica (38).

- Los ingresos de los productores rurales de China e India mejoraron después que ellos se cambiaron a producir en forma orgánica y fueron mayores que los de los productores que usan métodos basados en insumos químicos. El estudio concluyó que la promoción de la agricultura orgánica entre los pequeños productores rurales puede contribuir a mitigar la pobreza (39).
- Los campos certificados como orgánicos en África Tropical comprometidos en producción para la exportación arrojaron mayores ganancias que los que se destinaban a la exportación con métodos basados en insumos químicos. El resultado fue una disminución de la pobreza y un aumento de la seguridad alimentaria para comunidades rurales, ya que la gente tuvo más dinero para comprar alimento.
- La transición hacia lo orgánico trajo también aumentos en el rendimiento (40).
- Se encontró que los sistemas orgánicos en África aumentaban los ingresos de los campesinos y también la productividad agrícola. Las razones por las cuales los ingresos aumentan incluyen que los insumos tienen costos más baratos, ya que los plaguicidas y fertilizantes químicos, que son caros, no se usaban, y se usaron tecnologías disponibles de carácter local, que no son caras (29).
- El sistema agroecológico de “manejo integrado de arroz + patos” que usa patos y peces para controlar las plagas en cultivos de arroz en Japón, China, India, Filipinas y Bangladesh ha rebajado los costos laborales en desmalezado, reducido los costos de plaguicidas, incrementado los rendimientos en un 20% y elevado los ingresos del productor rural en más de un 80% (41, 42).

7.2.3. ¿Quién es el dueño de los alimentos?

Antiguamente la mayor parte de las semillas de cultivos alimentarios no eran propiedad de nadie. Los agricultores eran libres de guardar las semillas del cultivo de un año para el cultivo de la siguiente temporada. Alrededor de 1.4 billones de agricultores del sur global dependen de estas semillas guardadas por ellos para su sustento (44).

Pero esta práctica ancestral está siendo sabotada. Los transgenes utilizados para crear cultivos transgénicos se patentan y son propiedad de las compañías productoras de transgénicos. Las patentes prohíben a los agricultores guardar la semilla para plantar el año siguiente. Ellos tienen que comprar semilla nueva todos los años.

Aunque también se está inscribiendo un número cada vez más alto de semillas no transgénicas (en muchos casos por las mismas transnacionales gigantes tales como Monsanto, Dupont y Syngenta), las semillas transgénicas son más fáciles de patentar, ya que los constructos genéticos artificiales se pueden identificar más claramente y hay menos “áreas legales grises” (45). Así que, al menos por ahora, la transgenia será la tecnología escogida por las transnacionales semilleras.

En Estados Unidos y Canadá, la presencia de genes transgénicos patentados por una transnacional en la cosecha de un agricultor, ha sido utilizada por las transnacionales, especialmente por Monsanto, como base para demandar judicialmente al agricultor. La contaminación por polinización cruzada ocurre muy rápidamente, de manera que las cosechas de muchos productores que no han plantado semilla de Monsanto dan positivo en las pruebas de transgenia y Monsanto los ha demandado por infringir la patente. Esto ha llevado a muchos agricultores a cambiarse a comprar la semilla de Monsanto para quedar a salvo de ser demandados. Los alegatos de los productores acerca de que ellos no han plantado semillas transgénicas en forma intencional, no los han protegido de tener que pagar grandes desistimientos (acuerdos legales) en dinero o daños como resultado de pleitos civiles (46).

Las semillas transgénicas patentadas transfieren el control de la producción de alimentos desde los agricultores a las transnacionales productoras de semillas. Las transnacionales productoras de transgénicos han cooptado siglos de conocimiento rural ancestral expresado en los stocks de semillas genéticamente diversas, que han sido creadas y adaptadas localmente, para agregarles un gen sobre la superficie de esa creación colectiva de generaciones de agricultores.

Las patentes también transfieren el control del abastecimiento alimentario desde el sur global hacia los países desarrollados del norte global. Esto es porque la mayor parte de los recursos genéticos mundiales para cultivos alimentarios están en el sur, mientras que la mayor parte de las patentes están registradas en el norte (47). Hay preocupación extendida en el sur global acerca de la “biopiratería” de sus recursos genéticos por el norte global, expresada en las patentes de semillas y en la pérdida de los derechos de los agricultores a guardar semilla.

Algunos obtentores de transgénicos han hecho llamados a que se desarrollen cultivos transgénicos con fondos públicos para el bien de la humanidad (48). Pero es difícil justificar poner en juego el dinero de los contribuyentes en “soluciones” transgénicas especulativas a problemas que pueden ser resueltos usando métodos que son más sencillos, más baratos y ya están disponibles. Ninguna entidad pública o privada tendría tampoco un incentivo para financiar el largo y costoso proceso del desarrollo de un cultivo transgénico a menos que poseyera una patente que le permitiera recuperar sus gastos y tener una ganancia.

No hay lugar para las patentes en el sistema agrícola. Para proteger la seguridad del abastecimiento de alimentos y asegurar la soberanía alimentaria de cada país, los gobiernos deben establecer políticas públicas que aseguren que el control de la producción de alimentos permanezca en manos de los productores rurales.

7.3 Mito: Se necesitan los cultivos transgénicos para que seamos capaces de sobrevivir a los desafíos que tenemos por delante.

Verdad: Los métodos no transgénicos de fitomejoramiento por selección son más efectivos en crear cultivos que tengan rasgos útiles.

“El avance de la ciencia no es un principio por sí mismo, tiene sentido porque hace algo útil y que tiene valor, porque la gente lo requiere. Si no está apoyando esos objetivos específicos, pienso que deberían tener una mirada más escéptica sobre ello”

– Michael Meacher, Ministro de Medio Ambiente, Reino Unido
2001–2003 (49)

Cuando la gente oye hablar de “supercultivos” tales como un arroz tolerante a las inundaciones, o maíz tolerante a la sequía o trigo tolerante a trigos salinos, arvejas resistentes a plagas, maní con bajo contenido en alérgenos, porotos ricos en hierro, yuca enriquecida con betacaroteno y soya con beneficios para el corazón, muchos automáticamente piensan en los transgénicos.

Pero todos estos cultivos mejorados se crearon sin transgenia. Ellos son productos del mejoramiento convencional (natural), en algunos casos con ayuda de selección asistida por marcadores o MAS. La técnica de MAS, a veces denominada mejoramiento de precisión, es una rama de la biotecnología ampliamente desprovista de controversia que puede actualizar el mejoramiento convencional identificando genes asociados a rasgos importantes. No implica insertar genes extranjeros en el ADN de una planta huésped y evita los riesgos e incertidumbres de la manipulación genética. Está ampliamente apoyada por ambientalistas y entidades que agrupan a productores orgánicos.

El mejoramiento convencional y la MAS han tenido éxito cuando la transgenia ha fallado, desarrollando cultivos con rasgos útiles tales como tolerancia a condiciones climáticas extremas, y a suelos pobres;

resistencia a enfermedades y enriquecimiento del valor nutricional. Esos rasgos son conocidos como rasgos complejos porque involucran muchos genes que trabajan juntos en una forma regulada muy precisamente. Sólo los métodos de mejoramiento convencional, a veces con ayuda de la MAS, pueden producir cultivos con los complejos rasgos deseados. En contraste con eso, la tecnología transgénica solo puede manipular uno o unos pocos genes a la vez y es incapaz de conferir un control preciso e integrado de la expresión de genes transgénicos. Por lo tanto es incapaz de producir cultivos con rasgos complejos deseados dependientes de múltiples genes que trabajan juntos.

El mejoramiento convencional y la MAS utiliza las muchas variedades de cultivos existentes para crear una base de cultivos diversos, flexibles y resilientes. La tecnología transgénica ofrece lo opuesto: empequeñecimiento de la diversidad del cultivo y una tecnología inflexible que requiere años y millones de dólares en investigación para cada nuevo rasgo (50, 51).

Los éxitos del mejoramiento no transgénico por lo general tienen una cobertura mediática mínima, en contraste con las promociones a menudo especulativas de potenciales “milagros transgénicos”. Gracias a los gigantescos presupuestos para relaciones públicas de las transnacionales de la biotecnología, esas promociones se reproducen en los medios por todo el mundo, pero tienen poco sustento real.

7.3.1. Los fallidos “éxitos” transgénicos

Muchos cultivos desarrollados por medio de hibridez o mejoramiento convencional y por selección asistida por marcadores (MAS) son erróneamente publicitados como éxitos de la transgenia. Estos pueden clasificarse en tres amplias categorías:

Cultivos mejorados convencionalmente con un agregado transgénico

“Los rasgos de la biotecnología son absolutamente inútiles por sí mismos a menos que sean puesto en el mejor germoplasma.”

– Brian Whan, vocero de la filial de Monsanto InterGrain (52).

Generalmente, las transnacionales de la biotecnología usan el mejoramiento convencional no transgénico para desarrollar cultivos con rasgos tales como tolerancia a la sequía o resistencia a una enfermedad. En primer lugar obtienen germoplasma (semilla) de las mejores variedades desarrolladas a lo largo de años por agricultores y reproductores. En seguida usan el mejoramiento convencional y la MAS para alcanzar el rasgo complejo deseado. Finalmente, una vez que han desarrollado una variedad exitosa por la vía del mejoramiento convencional, usan la transgenia para hacer la manipulación en los genes de su propiedad, de manera que puedan patentar y ser dueños del cultivo. Este agregado transgénico, a menudo un gen tolerante a un herbicida, o un insecticida, no agrega nada al desempeño agronómico del cultivo.

Este proceso fue mencionado en un reportaje sobre la compra por Monsanto, en 2010, de una parte de una empresa reproductora de semillas de Australia Occidental, InterGrain. Un vocero de InterGrain explicó el interés de Monsanto en su empresa: “Un concepto verdaderamente importante es que los rasgos biotecnológicos por si mismos son absolutamente inútiles a menos que puedan ser insertados en la mejor semilla” (52).

Un ejemplo de un producto transgénico desarrollado de esta manera es la soya Vistive RR, que ha sido publicitada como el primer producto transgénico que beneficia a los consumidores. Estos porotos de soya bajos en ácido linoleico fueron diseñados para producir aceite que reduciría las poco saludables grasas trans, presentes en alimentos procesados hechos con ese aceite. Los porotos de soya fueron creados con mejoramiento tradicional. Pero Monsanto los convirtió en un cultivo transgénico agregándoles un rasgo transgénico, la tolerancia a su herbicida Roundup (53).

Es interesante saber que la Universidad estatal de Iowa desarrolló algunas variedades de soya aún más bajas en ácido linoleico que la variedad Vistive y no agregó ningún rasgo transgénico a ellas (54). De eso se ha hablado poquísimos, en comparación con lo que se ha escrito sobre Vistive. Otro producto de este tipo es el maíz *Agrisure Artesian* tolerante a la sequía, de Syngenta. El cultivo se desarrolló usando me-

joramiento no transgénico, pero posteriormente a través de manipulación genética, se le agregó a ese maíz mejorado, transgenes de tolerancia a herbicida e insecticida (55).

Cultivos mejorados convencionalmente sin agregado transgénico. La transgenia como herramienta de laboratorio

En algunos casos se ha desarrollado un cultivo usando la modificación genética como herramienta de investigación de laboratorio, pero sin agregarle genes transgénicos. Sin embargo, se ha proclamado que estos son éxitos de la transgenia. Un ejemplo es el arroz tolerante a la inundación que sir David King - anteriormente un científico asesor del gobierno del Reino Unido - afirmó erróneamente que era un triunfo de la ingeniería genética (56, 57).

En realidad, las dos variedades más conocidas de arroz tolerante a la inundación, una de las cuales casi seguro es aquella a la que King se refirió, no son transgénicas en absoluto. Una variedad fue desarrollada por un equipo investigador guiado por la proponente de transgénicos Pamela Ronald (58). El equipo de Ronald desarrolló el arroz a través de selección asistida por marcadores MAS (58, 59). Usaron la ingeniería genética como una herramienta de investigación en laboratorio para identificar los genes deseados, pero el arroz que resultó de ello, no es transgénico (60).

Sin embargo, el texto publicado en el sitio web de UC Davis, al que pertenece el laboratorio de Ronald, implicó en forma equívoca que su arroz era transgénico, al decir “Su laboratorio tiene arroz manipulado genéticamente para tener resistencia a enfermedades e inundaciones, los cuales son serios problemas de los cultivos de arroz en Asia y África” (61).

Otro arroz tolerante a la sequía creado con genes “Snorkel” también ha sido proclamado como un éxito de la manipulación genética. Pero este arroz, que se adapta a la inundación desarrollando brotes más largos que impidan que el arroz se ahogue, fue mejorado por métodos convencionales y es totalmente no transgénico.

La modificación genética hecha en laboratorio y el mapeo moderno de genes se usaron para estudiar una variedad de arroz de agua profunda e identificar los genes responsables por su rasgo de tolerancia a la inundación. Se identificaron tres regiones de genes, incluyendo una donde están ubicados los dos genes “Snorkel”. Se usó MAS para guiar el proceso de mejoramiento convencional a través del cual las tres regiones de genes de tolerancia a la inundación se combinaron exitosamente para generar una variedad comercial de arroz (62).

Sólo el mejoramiento convencional y la MAS se podían usar para generar la línea de arroz resultante tolerante a la inundación. Ello porque transferir los genes y los movimientos de control para el rasgo de tolerancia a la inundación de forma que les permita trabajar adecuadamente, es algo que está más allá de la capacidad de los métodos actuales de manipulación genética.

Un cultivo que no tiene nada que ver con la transgenia

Hay un caso de alto perfil de un cultivo que se proclamó como un éxito de la transgenia aunque no tiene nada que ver con transgenia. En una entrevista en la BBC, el científico ex asesor del gobierno del Reino Unido, David King, dijo que el gran aumento de los rendimientos de los cultivos en África se debía a la tecnología transgénica, cuando en realidad no tenían que ver en absoluto con ello (63). En realidad el aumento se debió a un manejo con la técnica de “tira y empuja”, un método agroecológico de plantas compañeras que apunta a distraer las plagas del cultivo (64). King más tarde admitió que se trató de un caso de “equivocación honesta” (65).

King saltó con ese ejemplo bajo presión, ya que se necesitaba entregar razones contundentes para justificar los cultivos transgénicos. Pero lejos de demostrar por qué era necesario pasarse a los transgénicos, muestra exactamente lo opuesto: que necesitamos dejar de ser distraídos por los transgénicos y comenzar a entregar financiamiento y apoyo a las soluciones no transgénicas para estos problemas urgentes.

7.3.2. Los éxitos de hibridez no transgénica muestran que no se necesitan cultivos transgénicos

A continuación, un listado de ejemplos de cultivos reproducidos en forma tradicional con los tipos de rasgos que según proclaman los obtentores de transgénicos, sólo se pueden alcanzar a través de la manipulación genética. Muchos ya están disponibles comercialmente y marcan la diferencia en los campos de los productores rurales.

Cultivos tolerantes a la sequía y preparados para el cambio climático

- Variedades de maíz que rinden bien en condiciones de sequía (66) incluyendo algunas desarrolladas por agricultores de África (67, 68, 69).
- Yuca que da altos rendimientos en condiciones de sequía y resiste varias enfermedades (10).
- Variedades de sorgo adaptado al clima, de alto rendimiento, desarrolladas por agricultores de Mali (70).
- Porotos resistentes al calor, la sequía y enfermedades (71, 72).
- Variedades de mijo perlado, sorgo, arvejas y nueces que toleran la sequía y las altas temperaturas (73).
- Variedades de arroz mejoradas para tolerar la sequía, las inundaciones, la enfermedad y suelos salinos (74).
- Variedades de arroz tolerante a la sequía desarrolladas para Asia (75,76).
- Más de 2.000 variedades indígenas de arroz que están adaptadas a fluctuaciones ambientales, y también variedades que resisten plagas y enfermedades, registradas por Navdanya, una ONG de guardadores de semillas de la India (77).
- Variedades de tomate desarrolladas por productores rurales de Nepal que toleran calor extremo y resisten enfermedades (78).

Tolerantes a la sal

- Variedades de arroz que toleran suelos salinos y otros problemas (74).
- Trigo Durum que rinde un 25% más que una variedad común de trigo usado en suelos salinos (79,80).

- Variedades de cultivos indígenas de India que toleran suelos salinos, guardadas por las guardadoras de semillas de India de la ONG Navdanya. Navdanya informa que dio algunas de estas semillas a productores inmediatamente después del tsunami del año 2004, permitiéndoles continuar produciendo en suelos saturados de sal a pesar de las advertencias de los científicos de que ellos tendrían que abandonar la tierra temporalmente (81).
- Porotos de alto rendimiento con multi resistencia a enfermedades para los agricultores de África Central y oriental (82).
- Yuca de alto rendimiento y resistente a enfermedades para África (83).
- Variedades australianas de maíz de alto rendimiento que apuntan a mercados asiáticos de no transgénicos (84).
- Maíz que resiste la plaga de maleza parásita Striga y tolera la sequía, para productores rurales africanos (69).
- Maíz que resiste la plaga del barrenador del maíz (85).
- Super Arroz Verde mejorado para alto rendimiento y resistencia a la enfermedad (74).
- Porotos de soya de alto rendimiento que resiste la plaga del nematodo quiste (86).
- Soya resistente a los áfidos (87).
- Tomate de alto rendimiento con fruta más dulce (88).
- Arvejas de alto rendimiento y resistente a plagas (89).
- Batata altamente resistente a nematodos y moderadamente resistente a plagas de insectos y a Fusarium, un hongo patógeno (90).
- “Supertrigo” de alto rendimiento y alto valor nutritivo, resistente a plagas (91).
- Pimientos habaneros con resistencia a nematodos root-knot (92).
- Papas que resisten el tizón tardío y otras enfermedades (93, 94, 95, 96).
- Papas que resisten el nematodo dorado y common scab y son llamativas para los procesadores de alimentos debido a su buen corte y cualidades de almacenamiento (97).
- Papa que resiste los nematodos root-knot (98).
- Papayas que resisten el virus ringspot (99) a pesar de los diversos

alegatos del lobby transgénico que sólo los transgénicos han sido capaces de producir una papaya resistente. Es interesante que incluso parece haber dudas sobre el frecuente alegato acerca de que la papaya resistente al virus salvó la industria de la papaya de Hawai. La papaya transgénica ha dominado la producción de papaya hawaiana desde fines de los años 90, pero el Departamento de Agricultura de Hawai informó oficialmente que el rendimiento anual de papayas en 2009 fue menor que el obtenido en los tiempos en que el virus de la papaya estaba en su momento más alto (100).

Un artículo publicado en la prensa de Hawai sostuvo que los transgénicos no han salvado la industria de la papaya, que ha estado en baja desde el año 2002. El artículo cita como una posible razón de ello el rechazo del mercado que ha acompañado a las papayas transgénicas desde el comienzo (101).

Fortalecimiento de los valores nutricionales y carácter saludable

- La soya contiene altos niveles de ácido oleico, reduciendo la necesidad de hidrogenación, un proceso que lleva a la formación de las grasas trans, muy poco saludables (102).
- El maíz enriquecido en betacaroteno, cuyo objetivo es la gente pobre que sufre deficiencia de vitamina A (103, 104).
- Mijo rico en hierro, trigo con abundante zinc y yuca enriquecida con betacaroteno (105).
- Maíz enriquecido con hierro que se ha mostrado disminuye la anemia en los niños (106,107).
- Papas moradas que contienen altos niveles de antioxidantes y antocianinas que combaten el cáncer (108, 109).
- Un tomate que contiene altos niveles de licopeno, el antioxidante que según estudios, se ha encontrado tiene potencial para combatir los ataques cardíacos, los accidentes vasculares y el cáncer (110).
- Maníes bajos en alérgenos (111). Se ha descubierto en forma separada un proceso para que los maníes comunes se conviertan en maníes libres de alérgenos (112).

7.3.3. El fitomejoramiento tradicional es más rápido y más barato que el transgénico

“El costo total de llevar al mercado un rasgo biotecnológico entre 2008 y 2012 es de un promedio de 136 millones de dólares”.

– Phillips McDougall “El costo y tiempo que lleva el descubrimiento, desarrollo y autorización de un nuevo rasgo derivado de la biotecnología. Consultoría realizada para Crop Life International (113)”.

“La manipulación genética podría valer la pena del costo extra si el mejoramiento clásico fuera incapaz de impartir esos rasgos deseables, tales como la resistencia a sequía, inundaciones y plagas, y la eficiencia en la fertilización. Pero caso tras caso, el mejoramiento tradicional está entregando esas cualidades”.

– Margaret Mellon y Doug Gurian-Sherman (51).

Una consultoría para la industria evaluó en 136 millones de dólares el costo de desarrollar un rasgo transgénico (113). Incluso Monsanto ha admitido que el mejoramiento no transgénico de plantas es más rápido y “significativamente más barato” que la transgenia. Monsanto dijo que lleva diez años desarrollar una semilla transgénica, en comparación con una variedad mejorada convencionalmente, lo que lleva entre 5-8 años (114). El mejorador de semillas Major M. Goodman, de la universidad estatal de Carolina del Norte dijo que el costo de desarrollar un rasgo transgénico era 50 veces mayor que el de desarrollar una variedad de planta mejorada en forma convencional. Goodman consideró el costo del mejoramiento transgénico “un formidable obstáculo para su expansión” (50).

El tiempo y el costo son consideraciones vitales para el sur global, donde la necesidad de contar con variedades de cultivos adaptadas a las condiciones locales es urgente; sin embargo los productores no pueden enfrentar el costo de semillas e insumos caros.

Conclusiones del capítulo 7

Se promueve los cultivos transgénicos como forma de solucionar el hambre en el mundo. Pero este argumento no resiste análisis ya que no hay cultivos transgénicos con un rendimiento intrínseco más alto o que se comporten mejor que las variedades no transgénicas en condiciones de cambio climático.

La mayor parte de los cultivos transgénicos están manipulados para tolerar herbicidas o para expresar un plaguicida. Por lo general se usan en biocombustibles, forraje para animales y alimentos procesados. Este tipo de productos son para los países ricos, y no tienen nada que ver con las necesidades alimentarias de los pobres y los hambrientos.

En ningún caso la causa del hambre es que exista falta de alimento en el mundo. Es un problema de distribución y de pobreza. La gente pobre no tiene dinero para comprar alimento y crecientemente tampoco cuenta con tierra donde cultivarlo.

Unos pocos cultivos transgénicos se han desarrollado para ayudar a agricultores pobres de África. Pero han tenido resultados desastrosos, dejando peor que antes a los agricultores que adoptaron estos cultivos. En comparación con los cultivos transgénicos, los programas de mejoramiento tradicional han desarrollado cultivos no transgénicos mucho más baratos y con gran éxito.

El cultivo de variedades de semillas mejoradas en forma convencional es parte de la respuesta a la seguridad alimentaria. La otra parte es la forma cómo se maneja y cultivan los cultivos.

El informe IAASTD encargado por el Banco Mundial y Naciones Unidas y firmado por más de 400 expertos y científicos internacionales concluyó que la clave para la seguridad alimentaria está en los métodos agroecológicos de cultivos. El informe no suscribió la tesis de que los transgénicos fueran una solución, destacando que los rendimientos eran “variables”.

Otros estudios confirman que la producción agroecológica ha tenido como resultado un rendimiento significativo y beneficios en ingresos para los agricultores del sur global, y al mismo tiempo preservan el suelo para las generaciones futuras.

El costo de las semillas transgénicas y de los insumos químicos de los cuales a menudo dependen, hace que sean irrelevantes para resolver el problema del hambre. Las semillas transgénicas son patentadas y poseídas por corporaciones multinacionales y a los agricultores se les prohíbe guardar la semilla para volverla a plantar, desplazando el control del abastecimiento de comida, desde los agricultores a las transnacionales. Aunque las semillas no transgénicas también están siendo cada vez más patentadas, en comparación con el mejoramiento tradicional, el proceso transgénico se presta más fácilmente para el patentado.

Por último, sencillamente no se necesitan cultivos transgénicos para alimentar el mundo. El mejoramiento por selección convencional ha producido en forma exitosa cultivos que son de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y plagas, tolerante a la sequía y otros cambios climáticos extremos, y con mayor valor nutricional, y todo lo han hecho a una fracción mínima del costo de hacer una semilla transgénica.



Referencias del capítulo 7

1. Ziegler J. Economic, social and cultural rights: The right to food: report by the special rapporteur on the right to food, Mr Jean Ziegler, submitted in accordance with Commission on Human Rights Resolution 2000/25 (Geneva: UNECOSOC E/CN.4/2002/558). United Nations Economic and Social Council: Commission on Human Rights. 10 January 2002. <http://repository.forcedmigration.org/pdf/?pid=fmo:5322>
2. Cook LJ. Millions served. *Forbes* magazine. 23 December 2002. <http://www.forbes.com/forbes/2002/1223/302.html>
3. Gathura G. GM technology fails local potatoes. *The Daily Nation* (Kenya). 29 January 2004. <http://bit.ly/KPQPxL>
4. *New Scientist*. Monsanto failure. 7 February 2004. <http://bit.ly/MHPG9W>
5. deGrassi A. Genetically modified crops and sustainable poverty alleviation in Sub-Saharan África: An assessment of current evidence. *Third World Network – África*. June 2003. <http://allÁfrica.com/sustainable/resources/view/00010161.pdf>
6. Groves M. Plant researchers offer bumper crop of humanity. *LA Times*. December 26 1997. <http://articles.latimes.com/1997/dec/26/news/mn-2352>
7. Donald Danforth Plant Science Center. Danforth Center cassava viral resistance update2006.
8. Greenbaum K. Can biotech from St. Louis solve hunger in África? *St. Louis Post-Dispatch*. 9 December 2006. <http://bit.ly/L2MmG4>
9. Hand E. St Louis team fights crop killer in África. *St Louis Post-Dispatch*. December 10 2006.
10. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Farmers get better yields from new drought-tolerant cassava. 3 November 2008. <http://bit.ly/L3s946>
11. Patel R. *Making up Makhatini. Stuffed and Starved*. London, UK: Portobello Books; 2007:153–158.
12. Schnurr MA. Inventing Makhathini: Creating a prototype for the dissemination of genetically modified crops into África. *Geoforum*. 2012.
13. Community Media Trust and Deccan Development Society. *A disaster in search of success: Bt cotton in Global South* [Film]2007.
14. Hofs J-L, Fok M, Vaissayre M. Impact of Bt cotton adoption on pesticide use by smallholders: A 2-year survey in Makhatini Flats (South África). *Crop Protection*. September 2006; 25(9): 984–988.
15. Jack M. GM project faces ruin. *The New Age* (South África). 28 June 2011. http://www.thenewage.co.za/21688-1008-53-GM_project_faces_ruin
16. Howden D. Hope for África lies in political reforms. *The Independent* (UK). 8 September 2008. <http://ind.pn/LsLp9O>
17. Lyons R. GM: It's safe, but it's not a saviour. *Spiked Online*. 7 July 2008. <http://www.spiked-online.com/index.php?site/article/5438/>
18. World Bank. Food price watch. 2011. <http://bit.ly/JZBHaQ>

19. Mitchell D. A note on rising food prices: Policy Research Working Paper 4682. The World Bank Development Prospects Group. July 2008.
20. Food and Agriculture Organization (FAO). Soaring food prices: Facts, perspectives, impacts and actions required. Paper presented at: High-level Conference on World Food Security: The challenges of climate change and bioenergy; June 3–5 2008; Rome.
21. Henn M. The speculator's bread: What is behind rising food prices? EMBO Reports. 2011; 12(4): 296–301.
22. Leahy S. África: Save climate and double food production with eco-farming. IPS News. 8 March 2011. <http://allÁfrica.com/stories/201103090055.html>
23. Beintema N, et al. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development: Global Summary for Decision Makers. IAASTD. 2008. <http://bit.ly/L2QHZS>
24. National Research Council. Lost Crops of África. Volume I: Grains. Washington DC: 1996.
25. Collard BC, Mackill DJ. Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. Feb 12 2008; 363(1491): 557-572.
26. Altieri MA. Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming systems in Latin America. Environment, Development and Sustainability. 1999; 1: 197–217.
27. Bunch R. More productivity with fewer external inputs: Central American case studies of agroecological development and their broader implications. Environment, Development and Sustainability. 1999; 1: 219–233.
28. Pretty J. Can sustainable agriculture feed África? New evidence on progress, processes and impacts. J. Environment, Development and Sustainability. 1999; 1(3–4): 253–274.
29. Hine R, Pretty J, Twarog S. Organic agriculture and food security in África. New York and Geneva. UNEP-UNCTAD Capacity-Building Task Force on Trade, Environment and Development. 2008. <http://bit.ly/KBCgY0>
30. Barzman M, Das L. Ecologising rice-based systems in Bangladesh. LEISA Magazine. December 2000. <http://bit.ly/L2N71R>
31. Zhu Y, Chen H, Fan J, et al. Genetic diversity and disease control in rice. Nature. 17 August 2000; 406: 718–722.
32. United Nations Human Rights Council. Eco-farming can double food production in 10 years, says new UN report [press release]. 8 March 2011. <http://bit.ly/Lkfa9U>
33. Bittman M. Sustainable farming can feed the world? The New York Times. 8 March 2011. <http://opinionator.blogs.nytimes.com/2011/03/08/sustainable-farming/>
34. Ünal FG. Small is beautiful: Evidence of an inverse relationship between farm size and yield in Turkey. Annandale-on-Hudson, NY. The Levy Economics Institute of Bard College. December 2008.

35. Cornia G. Farm size, land yields and the agricultural production function: An analysis for fifteen developing countries. *World Development*. 1985; 13: 513–534.
36. Heltberg R. Rural market imperfections and the farm size-productivity relationship: Evidence from Pakistan. *World Development*. 1998; 26: 1807–1826.
37. Fan S, Chan-Kang C. Is small beautiful? Farm size, productivity, and poverty in Asian agriculture. *Agricultural Economics*. January 2005; 32: 135–146.
38. International Fund for Agricultural Development (IFAD). *The Adoption of Organic Agriculture Among Small Farmers in Latin America and the Caribbean: Thematic Evaluation*. Rome, Italy. April 2003; 1337.
39. International Fund for Agricultural Development (IFAD). *Organic agriculture and poverty reduction in Asia: China and India focus: Thematic evaluation*. Rome, Italy. July 2005; 1664.
40. Gibbon P, Bolwig S, Odeke M, Taylor A, Twarog S. Certified organic export production: Implications for economic welfare and gender equality among smallholder farmers in tropical África. New York and Geneva. United Nations Conference on Trade and Development. 2008.
41. Khan MA, Ahmed GJU, Magor NP, Salahuddin A. Integrated rice-duck: a new farming system for Bangladesh. In: Van Mele P, Ahmad S, Magor NP, eds. *Innovations in Rural Extension: Case Studies from Bangladesh*. Wallingford, Oxfordshire: CABI Publishing; 2005.
42. United Nations General Assembly Human Rights Council (16th session). Report submitted by the special rapporteur on the right to food, Olivier De Schutter. 20 December 2010; A/HRC/16/49.
43. Wynne B. Comment to Hickman, L., “Should the UK now embrace GM food?”. *The Guardian* (UK). 9 March 2012. <http://bit.ly/zvNSpL>
44. United Nations Development Programme (UNDP). *Human development report 1999*. New York and Oxford. 1999.
45. Then C, Tippe R. Seed monopolists increasingly gaining market control: Applications and granting of patents in the sphere of animal and plant breeding in 2010. *No Patents on Seeds*. March 2011.
46. Center for Food Safety. *Monsanto vs. US farmers: November 2007 Update*. Washington, DC and San Francisco, CA, November 2007. <http://bit.ly/KPLEh2>
47. Khor M. *Intellectual Property, Biodiversity, and Sustainable Development*. London, UK and Penang, Malaysia: Zed Books and Third World Network; 2002.
48. Jones JD. The cost of spurning GM crops is too high. *The Guardian* (UK). 21 July 2011. <http://bit.ly/MpSIil>
49. Meacher M. GM foods: Meacher on super tomatoes and trampled fields [TV interview by David Thompson]. *BBC News*. 24 Feb 2012. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-politics-17147649>
50. Goodman MM. New sources of germplasm: Lines, transgenes, and breeders. Paper presented at: *Memoria Congreso Nacional de Fitogenetica*; Year; Univ. Autonimo Agr. Antonio Narro, Saltillo, Coah., Mexico.

51. Mellon M, Gurian-Sherman D. The cost-effective way to feed the world. The Bellingham Herald. 20 June 2011. <http://bit.ly/NvQoZd>
52. ABC Rural News Online. Monsanto and the WA government team up on grain breeding: Skye Shannon speaks with Brian Whan, Intergrain and Peter O'Keefe, Monsanto [Audio]. 26 August 2010. <http://bit.ly/JZBhBk>
53. PR Newswire. Cargill to process Monsanto's VISTIVE(TM) low linolenic soybeans. 4 October 2005. <http://prn.to/KyIREy>
54. Iowa State University. Six new soybean varieties highlight progress in developing healthier oils at ISU. 2008. <http://www.notrans.iastate.edu/>
55. Ranii D. Drought-tough corn seed races to the finish line. newsobserver.com. 21 December 2010. <http://bit.ly/KqA1xl>
56. Melchett P. Who can we trust on GM food? The Guardian (UK). 9 December 2008 <http://www.guardian.co.uk/commentisfree/2008/dec/09/david-king-gm-crops>
57. Pendrous R. Europe's GM barrier is "starving the poor". FoodManufacture.co.uk. 13 June 2011. <http://bit.ly/MpPw6m>
58. Xu K, Xu X, Fukao T, et al. Sub1A is an ethylene-response-factor-like gene that confers submergence tolerance to rice. Nature. Aug 10 2006; 442(7103): 705-708.
59. Gunther M. Marc Gunther talks with Pamela Ronald, University of California, Davis (Part One of Two). 2010. <http://bit.ly/LQR4UF>
60. Lebwohl B. Pamela Ronald has developed a more flood-tolerant rice. EarthSky. 12 July 2010. <http://earthsky.org/food/pamela-ronald-has-developed-a-more-flood-tolerant-rice>
61. UC Davis. Ronald biography. 2006. http://indica.ucdavis.edu/ronald_bio/pamcv Accessed 12 September, 2011
62. Hattori Y, Nagai K, Furukawa S, et al. The ethylene response factors SNORKEL1 and SNORKEL2 allow rice to adapt to deep water. Nature. 2009; 460: 1026-1030.
63. BBC Today Programme. David King interviewed by Sarah Montague [Radio broadcast]. 27 November 2007.
64. Rothamsted Research Chemical Ecology Group. Push-pull habitat manipulation for control of maize stemborers and the witchweed Striga. Undated. <http://bit.ly/LXwPmn>
65. Adam D. Eco Soundings: It's in the Mail. The Guardian (UK). 30 July 2008. <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/30/1>
66. Gillam C. DuPont says new corn seed yields better in droughts. Reuters. 5 January 2011. <http://reut.rs/Li0c5B>
67. Cocks T. Drought tolerant maize to hugely benefit África: Study. Reuters. 26 August 2010. <http://bit.ly/bPXWOp>
68. La Rovere R, Kostandini G, Tahirou A, et al. Potential impact of investments in drought tolerant maize in África. Addis Ababa, Ethiopia. CIMMYT. 2010.
69. Atser G. Ghanaian farmers get quality protein, drought-tolerant, and Striga-resistant maize varieties to boost production. Modern Ghana. 2 April 2010. <http://bit.ly/LZolNL>

70. Diarra ST. Resistant seed helps Mali farmers battling climate change. AlertNet. 11 January 2011. <http://bit.ly/Li0AkE>
71. Yao S. ARS releases heat-tolerant beans. 30 June 2010. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2010/100630.htm>
72. US Department of Agriculture Agricultural Research Service. Help for the common bean: Genetic solutions for legume problems. Agricultural Research (USDA). 2010; May-June: 8–10.
73. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). ICRISAT develops climate change ready varieties of pearl millet, sorghum, chickpea, pigeonpea and groundnut. SeedQuest. 5 June 2009. <http://bit.ly/KqvVoV>
74. Berthelsen J. A new rice revolution on the way? AsiaSentinel. 17 January 2011. <http://bit.ly/Lzthdi>
75. International Rice Research Institute (IRRI). Indian farmers adopt flood-tolerant rice at unprecedented rates. ScienceDaily. 15 September 2010. <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/09/100915151015.htm>
76. IRIN News. Philippines: Could flood-resistant rice be the way forward? 10 September 2009. <http://www.irinnews.org/Report.aspx?ReportId=82760>
77. Commodity Online. GM and India's rice fields. 2 March 2007. <http://www.rediff.com/money/2007/mar/02comod4.htm>
78. Giri A. Nepali farm develops disease, heat resistant tomato. Futures Trading. 11 December 2010. <http://futures.militarygrunt.com/nepali-farm-develops-disease-heat-resistant-tomato/>
79. Sawahel W. Wheat variety thrives on saltier soils. SciDev.Net. 28 April 2010. <http://www.scidev.net/en/news/wheat-variety-thrives-on-saltier-soils.html>
80. Dean T. Salt tolerant wheat could boost yields by 25%. LifeScientist. 12 March 2012. <http://bit.ly/LRsdCd>
81. Davis R. Interview with Vandana Shiva. New Internationalist. 1 April 2008. <http://bit.ly/L3yhCA>
82. Ogodo O. Beans climb to new heights in Rwanda. SciDev.Net. 4 February 2010. <http://www.scidev.net/en/news/beans-climb-to-new-heights-in-rwanda.html>
83. France24. "Rooting" out hunger in África – and making Darwin proud. 7 September 2010.
84. Queensland Country Life. New maize hybrids to target niche Asian markets. 5 April 2011. <http://bit.ly/LZr89P>
85. CIMMYT. Body blow to grain borer CIMMYT E-News2007;4(9). <http://bit.ly/LRwfuC>
86. Swoboda R. Cho[o]se high-yielding, SCN-resistant soybeans. Wallace's Farmer (Iowa, USA). 7 November 2007. <http://www.wallacesfarmer.com/story.aspx?s=14290&c=0&pv=1>
87. Diers B. Discovering soybean plants resistant to aphids and a new aphid ACES News. 10 August 2009. <http://www.aces.uiuc.edu/news/stories/news4863.html>
88. Allen J. Single gene powers hybrid tomato plants PlanetArk. 30 March 2010. <http://www.planetark.com/enviro-news/item/57360>

89. Suszkiw J. Experimental chickpeas fend off caterpillar pest. USDA Agricultural Research Service News & Events. 14 September 2009. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2009/090825.htm>
90. Clemson University. New not-so-sweet potato resists pests and disease. Bioscience Technology. 22 June 2011. <http://bit.ly/LGHVlo>
91. Kloosterman K. Pest-resistant super wheat “Al Israeliano”. ISRAEL21c 17 August 2010. <http://www.greenprophet.com/2010/08/israel-super-wheat/>
92. Yao S. New pest-resistant habanero joins peck of ARS-created peppers. USDA Agricultural Research Service News & Events. 22 September 2009. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2009/090922.htm>
93. Potato Council (UK). Toluca. The British Potato Variety Database 2011. http://varieties.potato.org.uk/display_description.php?variety_name=Toluca
94. Wragg S. Elm Farm 2010: Blight-resistant spuds could lower carbon levels. Farmers Weekly Interactive. 11 January 2010. <http://bit.ly/LsRjb2>
95. Suszkiw J. ARS scientists seek blight-resistant spuds. USDA Agricultural Research Service. 3 June 2010. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2010/100603.htm>
96. White S, Shaw D. The usefulness of late-blight resistant Sarpo cultivars – A case study. *Acta Horticulturae*. June 2009(834).
97. Shackford S. Cornell releases two new potato varieties, ideal for chips. Chronicle Online. 21 February 2011. <http://www.news.cornell.edu/stories/Feb11/NewPotatoes.html>
98. Suszkiw J. Scientists use old, new tools to develop pest-resistant potato. USDA Agricultural Research Service. 31 March 2009. <http://bit.ly/N9uc8f>
99. Siar SV, Beligan GA, Sajise AJC, Villegas VN, Drew RA. Papaya ringspot virus resistance in *Carica papaya* via introgression from *Vasconcellea quercifolia*. *Euphytica*. 20 February 2011: 1–10.
100. Chan K. War of the papayas. ChinaDaily.com. 8 September 2011. <http://bit.ly/LQT67d>
101. Hao S. Papaya production taking a tumble. The Honolulu Advertiser. 19 March 2006. <http://bit.ly/LzDZRb>
102. Suszkiw J. New soybeans bred for oil that’s more heart-healthy. USDA Agricultural Research Service News & Events. 16 September 2010. <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2010/100916.htm>
103. Li S, Nugroho A, Rocheford T, White WS. Vitamin A equivalence of the beta-carotene in beta-carotene–biofortified maize porridge consumed by women? *American Journal of Clinical Nutrition*. 2010.
104. HarvestPlus. Scientists find that “orange” maize is a good source of vitamin A. HarvestPlus.org. 7 September 2010. <http://bit.ly/L2PxNV>
105. Anderson T. Biofortified crops ready for developing world debut. SciDev.Net. 17 November 2010. <http://bit.ly/MAkMg7>
106. Ogado O. Iron-fortified maize cuts anaemia rates in children. SciDev.Net. 31 May 2007. <http://bit.ly/LRAF17>

107. Andang'o PE, Osendarp SJ, Ayah R, et al. Efficacy of iron-fortified whole maize flour on iron status of schoolchildren in Kenya: a randomised controlled trial. *Lancet*. May 26 2007; 369(9575): 1799-1806.
108. BBC News. "Healthy" purple potato goes on sale in UK supermarkets. 6 October 2010. <http://www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-11477327>
109. Watson J. Purple spud will put you in the pink. *Scotland on Sunday*. 4 January 2009. <http://scotlandonsunday.scotsman.com/uk/Purple-spud-will-put-you.4841710.jp>
110. Knowles M. Italian producers unveil "supertomato". *Fruitnet.com*. 5 July 2010. <http://www.fruitnet.com/content.aspx?ttid=14&cid=7359>
111. Asian News International. Low-allergy peanuts on the anvil. *OneIndiaNews*. 8 June 2010. <http://bit.ly/Li7xlV>
112. North Carolina A&T State University School of Agricultural and Environmental Sciences. N.C. A&T food scientist develops process for allergen-free peanuts. *EurekAlert*. 23 July 2007. <http://bit.ly/LQVQBE>
113. Phillips McDougall. The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait: A consultancy study for Crop Life International. Pathhead, Midlothian. September 2011.
114. Lloyd T. Monsanto's new gambit: Fruits and veggies. *Harvest Public Media*. 8 April 2011. <http://bit.ly/LQTNxp>

Conclusiones finales

Se promueve los cultivos transgénicos sobre la base de alegatos de largo alcance desarrollados por la industria y su lobby, tales como:

- Los seres humanos han estado modificando genéticamente los cultivos durante siglos y la manipulación genética no es diferente de ello.
- Los cultivos transgénicos son seguros para la salud humana y animal y para el ambiente.
- Los cultivos transgénicos aumentan los rendimientos y reducen el uso de plaguicidas.
- Los cultivos transgénicos producirán supercultivos capaces de tolerar la sequía, resistir las plagas y enfermedades y entregar valores nutricionales mejorados.
- Los cultivos transgénicos son “una herramienta importante en la caja de herramientas” para alimentar el mundo.

Sin embargo, sobre la base de las pruebas presentadas en este informe, esos alegatos son equívocos. El proceso de fabricación de transgénicos es completamente diferente del mejoramiento tradicional y conlleva diferentes riesgos. La inserción del gen transgénico y los procesos de cultivo de tejidos asociados son imprecisos y altamente mutagénicos; causan cambios impredecibles en el ADN, en las proteínas y en la composición bioquímica del cultivo transgénico resultante, los cuales pueden llevar a efectos tóxicos o alérgenos no deseados, y a alteraciones nutricionales.

No hay consenso científico de que los cultivos transgénicos sean seguros, especialmente cuando las opiniones de la comunidad científica independiente de la industria de los cultivos transgénicos no son tomadas en cuenta.

Los estudios toxicológicos en animales de laboratorio y ganado han revelado inesperados efectos dañinos de una dieta que contiene cultivos transgénicos, incluyendo algunos que ya están en la cadena alimentaria de alimentos del ser humano y en el forraje. Entre los efectos más destacados están las alteraciones en las funciones del hígado y riñón.

Muchos de estos estudios, incluyendo algunos desarrollados por la industria de transgénicos y otros encargados por la Unión Europea, han sido incorrectamente publicitados por los proponentes de transgénicos como si demostraran que los cultivos transgénicos son seguros, cuando en realidad, ellos demuestran efectos dañinos. En algunos casos, defensores de los transgénicos han admitido que se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los alimentados con transgénicos y no transgénicos, pero fueron desechadas como “no relevantes/o significativas en términos biológicos”. Sin embargo esos términos no han sido definidos y no tienen ningún significado científico.

La mayor parte de los estudios de alimentación de animales con transgénicos han sido relativamente cortos: entre 30 y 90 días de extensión (técnicamente se les llama estudios de mediano plazo). Lo que se necesita son estudios de largo plazo y estudios de varias generaciones para ver si los signos preocupantes de toxicidad observados en las investigaciones de mediano plazo, se desarrollan para convertirse en enfermedades graves. En ninguna parte del mundo los gobiernos, que son los que regulan los transgénicos, requieren estudios de largo plazo para cultivos transgénicos.

Esto y otras insuficiencias del régimen regulatorio para los cultivos y alimentos transgénicos significan que este es demasiado débil para proteger a los consumidores de los riesgos potenciales presentados por esta tecnología. La regulación más débil es la de Estados Unidos,

pero también es poco adecuada en la mayor parte de las regiones del mundo, incluida Europa.

Los cultivos transgénicos no han cumplido sus promesas y sobre la base de la evidencia actual, parece poco probable que ellos entregarán soluciones sustentables a los problemas que enfrenta la humanidad, tales como el hambre y el cambio climático.

Las proclamas de que la tecnología transgénica ayudará a alimentar el mundo no son creíbles a la luz del hecho que la tecnología transgénica no ha aumentado el rendimiento intrínseco de los cultivos. Aunque en las décadas recientes, han aumentado los rendimientos de los cultivos importantes, esto ha sido el resultado de éxitos logrados a través del mejoramiento convencional de semillas, y no se debe a los transgénicos.

Asimismo, la mayor parte de los cultivos transgénicos son cultivos commodities tales como soya y maíz, cultivados en gran escala para los países ricos. Unos pocos cultivos transgénicos desarrollados para pequeños agricultores de África, tales como variedades de batata y yuca, que se deseaba fueran resistentes a un virus, fallaron terriblemente. Por el contrario, los proyectos que han usado mejoramiento convencional han tenido éxito, a una fracción del costo de los proyectos transgénicos.

Los cultivos transgénicos no han disminuido el uso de plaguicidas sino lo han aumentado. En especial, la extendida adopción de los cultivos transgénicos Roundup Ready ha llevado a una sobre-dependencia del herbicida Roundup, lo que ha generado la aparición de malezas resistentes. A su vez esto ha requerido que los agricultores fumiguen con más Roundup y con mezclas de químicos en su intento de controlar las malezas.

El Roundup no es seguro ni benigno. Se ha encontrado que causa malformaciones en animales de laboratorio, y es tóxico para las células humanas en dosis muy bajas, y causa daño al ADN de seres humanos y animales. En estudios epidemiológicos se ha encontrado una asociación entre la exposición a Roundup y cáncer, nacimientos prematuros y abortos, y daño en el desarrollo neurológico de seres humanos.

Además las aplicaciones de Roundup pueden causar que aumenten las enfermedades de las plantas, entre ellas la infección por *Fusarium*, un hongo que impacta en forma negativa los rendimientos y también produce toxinas que ingresan a la cadena alimentaria y afectan la salud de los seres humanos y el ganado.

Como el Roundup fracasa al ser sometido a la arremetida de las supermalezas o malezas resistentes, la industria de los transgénicos está desarrollando cultivos tolerantes a múltiples herbicidas que soportan ser fumigados con herbicidas que son potencialmente aún más tóxicos, tales como el 2,4 D. Estos cultivos llevarán a una inmediata escalada en el uso de estos herbicidas.

A menudo se publicita que los cultivos transgénicos insecticidas Bt reducen la necesidad de fumigar con insecticidas químicos. Pero cuando se dan estas reducciones, a menudo son temporales. Las plagas objetivo han desarrollado resistencia e incluso cuando el control de la plaga objetivo ha sido exitoso, plagas secundarias se han instalado en el nicho ecológico.

Estas consecuencias demuestran que la tecnología transgénica Bt no es sustentable. Además, los cultivos transgénicos Bt son en sí mismos plantas insecticidas, de manera que cuando trabajan como se desea, no eliminan ni reducen los insecticidas, sino simplemente cambian la forma cómo se usan los insecticidas.

Los defensores de los transgénicos a menudo proclaman que los cultivos transgénicos Bt son seguros porque agricultores orgánicos y convencionales han usado por décadas en forma segura la toxina Bt como spray para matar plagas. Pero la toxina Bt expresada en las plantas transgénicas, es estructuralmente muy diferente de la toxina Bt natural utilizada como spray. La toxina Bt de las plantas transgénicas no se descompone siempre completamente en la digestión y se ha encontrado que tiene efectos tóxicos en animales de laboratorio y organismos no objetivo alimentados con esos cultivos.

Los proponentes de transgénicos llevan mucho tiempo prometiendo cultivos tolerantes al cambio climático y a la sequía pero el mejoramiento convencional ha sido mucho más exitoso que la tecnología

transgénica en la producción de ese tipo de cultivos. No es sorprendente ya que estos rasgos son genéticamente complejos y no pueden producirse por medio de la manipulación de uno o dos genes.

A menudo se proclama que los cultivos transgénicos tolerantes a un herbicida son amigables con el ambiente porque se cultivan usando métodos de cero labranza, que usa herbicidas en lugar del arado para controlar las malezas. Se dice que la cero labranza con cultivos transgénicos almacena carbono en el suelo más efectivamente que el arado, el cual emite carbono a la atmósfera como anhídrido carbónico. Sin embargo los estudios muestran que los campos con cero labranza no almacenan carbono de forma más efectiva que los campos arados cuando se miden niveles más profundos de suelo, poniendo en duda los alegatos de que la cero labranza con cultivos transgénicos entrega una solución para el cambio climático. Además se ha encontrado que la adopción de cero labranza con cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas aumenta el impacto ambiental negativo de los cultivos de soya, a causa de los herbicidas utilizados.

Sobre la base de la evidencia presentada en este informe, está claro que la tecnología transgénica ha fracasado en cumplir sus promesas. La tecnología transgénica es fundamentalmente incierta y plantea riesgos científicamente comprobados a la salud de los seres humanos y a los animales, y también al ambiente. Los alegatos que se hacen en favor de los cultivos transgénicos son muy exagerados y la tecnología de los cultivos transgénicos ha demostrado ser insustentable.

No es necesario aceptar los riesgos planteados por los cultivos transgénicos cuando el mejoramiento convencional - algunas veces ayudado por biotecnologías seguras como la selección asistida por marcadores, MAS - sigue produciendo exitosamente cultivos que son de alto rendimiento, tolerantes a la sequía, resistentes a problemas climáticos, plagas y enfermedades y nutritivos. El mejoramiento convencional, las variedades de cultivos existentes desarrolladas por campesinos de todo el mundo y los métodos de producción agroecológica son métodos comprobados y efectivos que permiten enfrentar nuestras necesidades alimentarias actuales y futuras.

