

Información para un debate sobre transgénicos

Ecologistas en Acción se opone frontalmente a la liberación de variedades transgénicas (es decir, variedades en las que se ha introducido uno o varios genes procedentes de otra especie) en la naturaleza, y a su empleo en agricultura. Este documento no se refiere a otro tipo de usos de estas variedades.

En las siguientes páginas, exploraremos algunas de las razones de esta oposición. El texto no pretende ser exhaustivo, sino responder a algunos argumentos a favor y en contra de los transgénicos que han surgido en debates públicos en los últimos meses.

Elaborado por Ecologistas en Acción
Septiembre de 2014



ÍNDICE:

PRIMERA PARTE: ARGUMENTOS A FAVOR DE LOS TRANSGÉNICOS

Cuestión I: La transgénesis permite acelerar la selección artificial y por tanto es nada más que una forma rápida de mejorar los cultivos tradicionales.

Cuestión II: No hay efectos demostrados sobre la biodiversidad.

Cuestión III: Se pueden diseñar de tal manera que impacten menos aún en el medio ambiente que los cultivos tradicionales.

Cuestión IV: Permiten aumentar la producción en regiones hambrientas y también introducir complementos necesarios a la dieta (como vitaminas en el arroz dorado).

Cuestión V:

- Generalmente los cultivos transgénicos están protegidos con patentes, pero también se pueden financiar con dinero público (como ocurre en Cuba).
- La propiedad intelectual (patente) es una manera de estimular la inversión en investigación que de otra manera no se haría.
- Si se liberalizan las patentes, se desincentiva la investigación.
- Problema económico: la propiedad intelectual así como la propiedad industria de los transgénicos no está en manos de los agricultores o los estados sino de grandes agronegocios como Monsanto.

SEGUNDA PARTE: ARGUMENTOS EN CONTRA DE LOS TRANSGÉNICOS

Cuestión VI: Supone la introducción de nuevas especies en el medio ambiente con consecuencias desconocidas.

Cuestión VII: Por la vía de la polinización cruzada suponen una fuente de contaminación genética.

Cuestión VIII:

- Contribuyen a empeorar el sistema y apuntalan el capitalismo ya que favorecen la agricultura intensiva exclusiva y el consumismo.
- Aunque se posicionen como la solución al hambre, las regiones hambrientas lo son principalmente por la introducción de elementos extraños en su economía. No necesitan transgénicos, es preferible apoyar su desarrollo local.

Cuestión IX: **Ausencia de transparencia en la investigación sobre los transgénicos.**

Cuestión X: **Los transgénicos crean resistencias en forma de plagas lo cual conlleva a mayor demanda de herbicidas.**

Cuestión XI: **Posibles efectos nocivos sobre la salud**

Anexo I

La evolución de resistencias: una calamidad anunciada

Anexo II

Transgénicos en Cuba

Referencias

PRIMERA PARTE: ARGUMENTOS A FAVOR DE LOS TRANSGÉNICOS

Cuestión I: La transgénesis permite acelerar la selección artificial y por tanto es nada más que una forma rápida de mejorar los cultivos tradicionales.

La transgénesis no supone simplemente un paso más allá en la mejora vegetal, sino un cambio cualitativo con impactos impredecibles. Así lo sostiene la Comisión Europea¹ y el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad².

“La diferencia entre la modificación genética y las prácticas convencionales de mejora es que estas últimas no permiten cruzar las barreras naturales entre las especies, ni transferir un solo gen o unos pocos, sino genomas completos. Se trata de una diferencia cualitativa, reconocida en el Protocolo de Bioseguridad.

.... Es de fundamental importancia resaltar que ninguno de estos procedimientos es capaz en la práctica de controlar con exactitud en que parte del genoma de la célula huésped se inserta el gen extraño, o si la inserción será estable. Esta es una de las razones por las que hay quien considera que el proceso de modificación genética puede tener consecuencias potencialmente adversas para la salud humana y el medio ambiente...

...el propio proceso de creación de OGMs está rodeado de incertidumbres. A pesar de los avances, se ha mencionado ya que ninguna de las diversas técnicas de inserción de ADN controla el lugar de inserción del material genético extraño, ni el número de copias incorporadas, ni el nivel de expresión del gen extraño, ni garantiza que el gen extraño se integre de forma estable en el genoma huésped...La inserción de ADN extraño en una posición no deseada dentro del genoma puede alterar (provocando una sobreexpresión) o silenciar ciertos procesos de producción de proteínas. En el proceso de creación de un OMG pueden darse efectos no deseables o no intencionados: puede que se haya insertado de forma no intencionada demasiado ADN extraño o no deseado; puede ocurrir también que se integren múltiples segmentos genéticos con reordenaciones; ó puede suceder también que el ADN extraño se haya contaminado durante la manipulación en el laboratorio. Cualquiera de estos sucesos puede dar lugar a perturbaciones de las vías y procesos normales o la sobre-expresión de los genes insertados, que pueden tener efectos dañinos.”

Fuente: European Communities - Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (traducción propia).

http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2004/june/tradoc_117687.pdf

En 1999, la Advertising Standards Authority (que regula la publicidad en Reino Unido) determinó que Monsanto, al promocionar sus productos como una mera extensión de los métodos tradicionales de mejora, estaba incurriendo en prácticas engañosas³.

Por otra parte, las propias empresas argumentan que la transgénesis es un proceso totalmente distinto a las prácticas tradicionales de mejora vegetal, lo cual supone un “paso inventivo” que hace que el resultado sea patentable.

Cuestión II: No hay efectos demostrados sobre la biodiversidad.

Es sabido que las especies exóticas introducidas por el hombre (el conejo en Australia, el cangrejo americano en los ríos de la península ibérica) pueden ocasionar importantes problemas ecosistémicos, provocando incluso auténticos desastres ecológicos. Los cultivos transgénicos suponen la liberación a gran escala en el entorno de seres vivos con rasgos novedosos, cuya dispersión en la Naturaleza y efectos no podemos predecir ni controlar, pudiendo resultar irreversibles. Sus impactos sobre la biodiversidad son motivo de preocupación a nivel mundial y llevaron a la aprobación en 2000 del Protocolo de Bioseguridad, en el marco del Convenio de Biodiversidad.

La liberación a gran escala de organismos modificados genéticamente (OMG) en la agricultura no ha ido precedida de una evaluación de sus impactos en los ecosistemas. Sin embargo, y a pesar del escaso seguimiento, a lo largo de los últimos 15 años se han registrado numerosas evidencias de los efectos sobre la biodiversidad de los cultivos transgénicos comercializados hasta la fecha.

Puesto que las variedades transgénicas comercializadas se centran fundamentalmente en dos rasgos (**resistencia a herbicidas y acción insecticida**), trataremos cada uno de estos rasgos por separado. Por último, examinaremos el daño a la biodiversidad que se deriva de la **concentración de la industria semillera**.

- Impactos negativos de los **cultivos resistentes a herbicidas (RH)** sobre la biodiversidad:

Un 85% de los cultivos transgénicos son variedades resistentes a herbicidas, que contaminan el medio y eliminan la vegetación que sirve de refugio y alimento a insectos, aves y multitud de especies silvestres en campos y linderos.

Un estudio comparativo realizado durante varios años en el Reino Unido puso de manifiesto que los cultivos convencionales albergaban mayor número y variedad de plantas silvestres e insectos que los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas.⁴ Previsiblemente, la disminución de biodiversidad hubiese sido muy superior si el estudio hubiera tomado como referencia parcelas gestionadas con agricultura ecológica, o incluso con agricultura integrada (que puede reducir hasta un 30% las aplicaciones de plaguicidas y actualmente está muy extendida en la UE).⁵

El declive de la mariposa monarca en EEUU en años recientes se asocia igualmente a los cultivos transgénicos. La utilización masiva de herbicidas de amplio espectro (que eliminan todo tipo de plantas) que ha acompañado la expansión de este tipo de cultivos

ha provocado la desaparición en muchas zonas de *Asclepias syriaca*, la planta utilizada por esta especie protegida para poner los huevos y desarrollarse.⁶ Los herbicidas asociados a los transgénicos también afectan a la biodiversidad acuática.⁷

Aunque se trata de un tema complejo y los resultados varían, una mayoría de los estudios publicados coinciden en que los cultivos transgénicos resistentes a los herbicidas redujeron la utilización de agrotóxicos en los primeros 4 ó 5 años, pero a partir de entonces han tenido el efecto contrario.⁸

Por otra parte, la expansión de estos cultivos (y el consiguiente empleo de un mismo herbicida en millones de hectáreas) ha llevado a la aparición de malezas resistentes al herbicida cada vez más difíciles de controlar, y a la utilización creciente de productos *fitosanitarios* cada vez más potentes y dañinos. La espiral de dependencia en productos cada vez más tóxicos constituye una preocupante amenaza para la agricultura y la alimentación sostenible y para la biodiversidad.⁹

Un estudio muy reciente realizado por la BfN, FOEN y EAA (instituciones alemana, suiza y austriaca para la conservación de la biodiversidad) analiza pormenorizadamente los impactos de los cultivos resistentes a herbicidas sobre la biodiversidad.¹⁰

- Impactos negativos de los **cultivos insecticidas** sobre la biodiversidad

Prácticamente la totalidad del 15% restante de la superficie mundial de transgénicos son cultivos insecticidas, casi todos ellos Bt. Los cultivos Bt producen un insecticida fabricado de forma natural por una bacteria del suelo, *Bacillus thuringiensis* (Bt). Este insecticida se produce durante todo el ciclo de cultivo y en todas las partes de la planta, y no es exactamente igual a la toxina natural, que se activa únicamente al ser ingerida por determinados insectos (por lo que se considera selectiva).¹¹ Esta producción constante de insecticida "activo" puede afectar a otras especies además del insecto plaga.

Los estudios de seguimiento del MON810 realizados en España (en dos localidades: una en Lérida y otra en Madrid) no han detectado efectos de este maíz Bt sobre la biodiversidad, si bien los propios autores reconocen la necesidad de prolongar la investigación.¹² Sin embargo, estudios realizados en otros países indican que los cultivos Bt afectan a especies amenazadas (como la mariposa monarca) y a poblaciones de insectos beneficiosos, como algunos predadores que ayudan al control de plagas.¹³ Los cultivos Bt también afectan a la vida acuática y a organismos beneficiosos del suelo.¹⁴

Al igual que en los cultivos resistentes a los herbicidas, los resultados de los estudios comparativos en términos de biodiversidad dependen en gran medida de los tratamientos aplicados en el campo tomado como referencia y en la propia parcela Bt.¹⁵ El tamaño de la parcela, el tipo de cultivo de los campos circundantes (que pueden actuar como "refugio" para los insectos), y la posible aplicación de insecticidas adicionales en los cultivos Bt (muy frecuente) son asimismo factores importantes que pueden hacer variar estos resultados en un sentido o en otro.

Además, al igual que ocurre con los cultivos RH, la evolución de resistencias a la toxina Bt (véase punto sobre resistencias) y la proliferación de plagas secundarias en los cultivos

insecticidas está llevando a un uso cada vez mayor de plaguicidas más tóxicos.¹⁶ La evolución de resistencias al Bt amenaza además con inutilizar un pesticida muy utilizado en agricultura ecológica de forma puntual y controlada, mucho menos nociva.¹⁷

- Impactos de la **concentración de la industria semillera** sobre la biodiversidad

Las expectativas comerciales generadas por los transgénicos han propiciado una preocupante concentración empresarial en el ámbito de la producción y la mejora de las semillas, actividad que ha pasado a estar dominada por la industria agroquímica transnacional.

En la actualidad, tres grandes multinacionales del sector agroquímico controlan el 53% del mercado mundial de semillas, y las 10 mayores empresas semilleras (en su mayoría pertenecientes al mismo sector) controlan el 73% de este mercado.¹⁸ Ello explica en parte el sesgo comercial de los transgénicos hacia variedades que generan una mayor dependencia de la agricultura en agroquímicos cada vez más costosos y dañinos.

Esta concentración de la industria semillera supone una gran vulnerabilidad para la agricultura y ha llevado a una reducción de la base genética de los cultivos transgénicos que ya está ocasionando preocupantes problemas agronómicos. En el caso del maíz, por ejemplo, se han perdido variedades con resistencia natural a distintas especies de bacterias, haciendo que este cultivo sea más vulnerable a algunas enfermedades.¹⁹

La biodiversidad agrícola generada y preservada por las comunidades campesinas constituye la base de la mejora vegetal de los cultivos y resulta fundamental para el futuro de la agricultura en un mundo que se enfrenta a un cambio climático inminente.²⁰ Igualmente fundamental resulta el conocimiento campesino asociado a la biodiversidad, cuya importancia ha sido reconocida en el propio Convenio de Biodiversidad.

Según la FAO, la industrialización agrícola del siglo pasado supuso la desaparición del 70% de las variedades vegetales utilizadas en la agricultura, una pérdida irreparable para la agricultura mundial. Pero el desplazamiento de las variedades locales por semillas transgénicas uniformes impuestas en el mundo entero por un puñado de empresas transnacionales constituye una vuelta de tuerca a este proceso de erosión genética, y representa actualmente una gravísima amenaza para el futuro de la alimentación y de la humanidad.

Cuestión III: Se pueden diseñar de tal manera que impacten menos aún en el medio ambiente que los cultivos tradicionales.

Como se ha comentado arriba, determinados cultivos transgénicos actuales no salen mal parados en términos ambientales cuando se los compara de forma puntual con prácticas agrícolas muy intensivas y dependientes de potentes agrotóxicos. Si obviamos otro tipo de problemas (sociales, económicos, de salud...) el principal dilema en este caso es que no aportan soluciones reales ni duraderas, cerrando el paso a alternativas viables y agravando la situación a medio plazo.

Podríamos imaginar un futuro en el que se obtuviese una variedad transgénica capaz de ofrecernos una característica ciertamente ventajosa. Llegar a este punto, no obstante, requeriría realizar importantes inversiones y asumir ciertos riesgos, renunciando a vías alternativas que ya han demostrado ser capaces de solucionar los mismos problemas.

Lo cierto es que en una consideración más global los transgénicos comercializados hasta ahora están teniendo impactos negativos claros, como se desarrollará en el resto de puntos. Existe la posibilidad de que, en el futuro, volvamos a descubrir a posteriori que una variedad que en principio parecía segura en realidad no lo es, una vez que el daño ya se ha producido. Y este daño podría ser irreversible, dada la capacidad de dispersión incontrolable de los seres vivos.

Cabe preguntar si la inversión necesaria para investigar y desarrollar estas hipotéticas nuevas variedades, más respetuosas con el medio ambiente, no podría destinarse a la mejora de métodos agroecológicos, con los que no sería necesario asumir estos riesgos, y exactamente qué ventajas ofrecen los transgénicos para justificar el aceptarlos por delante de otras alternativas.

Está claro que la lógica de la agricultura convencional no es sostenible, pero la solución no consiste en cambiar el modelo por otro que ahonda en muchas de sus prácticas más nocivas.

Cuestión IV: Permiten aumentar la producción en regiones hambrientas y también introducir complementos necesarios a la dieta (como vitaminas en el arroz dorado).

Los transgénicos no incrementan la producción, y sí la dependencia de los agricultores de insumos cada vez más costosos.

Aunque la industria de los transgénicos pregona las bondades de una tecnología que supuestamente permitirá crear variedades más productivas, resistentes a la salinidad, a la sequía... la realidad es que tales afirmaciones no pasan de ser promesas incumplidas. Como ya se ha indicado, el rasgo predominante de los OMG desde su introducción comercial en 1995 ha sido la resistencia a los herbicidas, seguido muy de lejos por la producción de insecticidas.

Según un informe del Departamento de Agricultura de EEUU (USDA), *"Durante los primeros 15 años de utilización comercial, las semillas MG no han incrementado el potencial de rendimiento de las variedades. De hecho, los rendimientos de las semillas resistentes a herbicidas (RH) o resistentes a insectos (RI) pueden ocasionalmente presentar rendimientos menores que las*

*variedades convencionales si el gen RH o Bt no ha sido incorporado a cultivares con mayor rendimiento, como ocurrió en los primeros años de adopción [de los cultivos transgénicos]”.*²¹

Esto no es extrañar, puesto que los cultivos transgénicos comercializados actualmente no han sido diseñados realmente para incrementar la producción, sino para facilitar la aplicación de herbicidas o producir un compuesto insecticida. Los logros en lo que se refiere a mejora de rendimientos se deben principalmente a la mejora vegetal tradicional.²²

El rendimiento es un rasgo complejo producido por la interacción de muchos genes, al igual que muchas otras características asociadas a la adaptación al clima, a la utilización de nutrientes... La mejora vegetal clásica le lleva mucha ventaja a la transgénesis en la mejora de este tipo de rasgos, y de hecho las variedades transgénicas de mayor producción consisten en variedades de alto rendimiento obtenidas mediante mejora convencional a las que se ha añadido un transgén Bt o RH.

Los modestos aumentos de productividad conseguidos en cultivos Bt se deben a la disminución de los daños provocados por las plagas, y únicamente se producen en años o en comarcas con un elevado nivel de infestación. En los cultivos RH el rendimiento baja o tiene un aumento muy poco significativo.²³ En ambos casos, estos logros son muy inferiores a los incrementos logrados mediante mejora convencional, estimados en un rendimiento adicional del 24-25% entre 1991 y 2008.²⁴

Por otra parte, el informe citado del USDA refleja también una notable subida de los precios de las semillas transgénicas (de más del 50% en términos reales entre 2001 y 2010), así como un incremento del volumen de herbicidas utilizado, lo que significa que aumentan los costes y la dependencia externa de los agricultores.

Pero, además, esta primera generación de transgénicos (los realmente existentes en el mercado) es “pan para hoy y hambre para mañana”, debido a la aparición de *malas hierbas* resistentes al herbicida asociado a estos cultivos y de plagas resistentes al Bt. La introducción a gran escala en todo el mundo de variedades resistentes a un mismo herbicida o que producen un mismo insecticida está generando actualmente la evolución de resistencias en las malezas y plagas, y provocando una espiral de utilización creciente de agrotóxicos cada vez más agresivos y costosos. Debido a ello, el propio Departamento de Agricultura de EEUU (con una marcada posición pro-transgénicos) duda que las “ventajas” iniciales de los cultivos transgénicos se mantengan indefinidamente.²⁵

En cuanto a los posibles beneficios de una hipotética segunda generación de transgénicos (resistentes a la sequía o a la salinidad, o con características beneficiosas en términos alimentarios), sus virtudes están todavía por ver. Cabe preguntarse además si estas mejoras no podrían conseguirse con otros métodos de mejora vegetal más asequibles y con menores riesgos. O sencillamente con unas prácticas agroecológicas de mejora de suelos, conservación hídrica y utilización de la biodiversidad que mejoran los rendimientos y la capacidad de adaptación de la agricultura, sobre todo en entornos *hostiles*. En el caso de la resistencia a la sequía, por ejemplo, la primera variedad transgénica resistente comercializada, el maíz DroughtGard de Monsanto (al que se ha incorporado un gen del *Bacillus subtilis* que supuestamente potencia este rasgo), confiere una resistencia tan moderada que el propio Departamento de Agricultura de EEUU ha

afirmado que “no excede la variación natural observada en variedades de maíz convencional adaptadas a la región”.²⁶ En África, en cambio, el IITA ha identificado variedades de maíz con niveles elevados de resistencia natural a la sequía, un rasgo que puede introducirse en otras variedades mediante mejora vegetal tradicional.²⁷

Los beneficios reales -“en campo”- de este tipo de mejoras dependerán además de factores ambientales sujetos a grandes variaciones y difícilmente predecibles, lo que supone riesgos muy preocupantes en economías de subsistencia, donde una cosecha fallida puede poner en riesgo la supervivencia de la población.

En lo que se refiere a las prometidas mejoras de la calidad alimentaria, la mayor parte de la investigación actual está dirigida a innovaciones destinadas a las sociedades ricas. Las hipotéticas mejoras destinadas a la población hambrienta tienen soluciones mucho más sencillas, baratas y saludables que el uso de transgénicos. En ambos casos, las técnicas actuales de ingeniería genética entrañan riesgos para la salud y el medio ambiente que no pueden descartarse y que resulta preferible evitar.

El arroz dorado: Un mito que no termina de hacerse realidad

El arroz enriquecido con vitamina A fue anunciado a bombo platillo en la revista *Science*, en agosto de 1999. Todo el I+D de esta variedad se realizó con fondos de la Fundación Rockefeller y la Unión Europea (es decir públicos), por lo que se ha convertido en la herramienta perfecta de relaciones públicas que necesitaban los promotores de la ingeniería genética [...]. A pesar de toda la publicidad, sin embargo, la promesa de este arroz aún está lejos de cumplirse. A pesar de haber sido financiado con fondos del sector público, el «arroz dorado» es en gran medida un producto de empresas privadas. Hay por lo menos seis patentes involucradas en el desarrollo de esta variedad de arroz transgénico que cubren procesos, genes y promotores ya previamente patentados. Además, los equipos de investigación del Instituto Tecnológico Suizo, en Zúrich, y de la Universidad de Friburgo, Alemania, han presentado una solicitud de patente que cubre el proceso de inserción de la vía metabólica para producir el betacaroteno en las semillas. Como consecuencia de estas pujas patrimoniales, parece alejarse en el horizonte la promesa de que las semillas del “arroz dorado” llegarían a los productores libres de regalías por concepto de patentes.

Además, resulta del todo contradictorio que en amplias zonas geográficas asoladas por la desnutrición, como el Sur y el Sudeste de Asia, se apele a este arroz transgénico cuando sería perfectamente posible alcanzar allí una dieta de productos naturales ricos en vitamina A si existiera mayor justicia y equidad social.

Fuente: Transgénicos, ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?

Textos para un debate en Cuba

Cuestión V:

- Generalmente los cultivos transgénicos están protegidos con patentes, pero también se pueden financiar con dinero público (como ocurre en Cuba).
- La propiedad intelectual (patente) es una manera de estimular la inversión en investigación que de otra manera no se haría.
- Si se liberalizan las patentes, se desincentiva la investigación.
- Problema económico: la propiedad intelectual así como la propiedad industria de los transgénicos no está en manos de los agricultores o los estados sino de grandes agronegocios como Monsanto.

Nota: Para más información sobre el uso de transgénicos en Cuba, consultar Anexo II

Las patentes biotecnológicas frenan la innovación y privatizan la biodiversidad:

A mediados de la década de 1990 la Organización Mundial de Comercio promulgó el Acuerdo sobre Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (TRIPS, por sus siglas en inglés) que obligaba a todos sus miembros¹ a conceder derechos de propiedad intelectual (patentes) sobre los seres vivos y sus componentes (incluidos los genes).

La nueva regulación consideraba que el mero hecho de aislar un segmento de ADN o de modificar genéticamente un organismo era un paso inventivo, que confería derechos de invención sobre el mismo. A partir de entonces el número de patentes biológicas (tanto de procesos biotecnológicos como de los productos finales: genes, plantas y animales y su descendencia) se ha disparado y el espectro de las patentes se ha ampliado tremendamente, llegando a conceder lo que se ha venido a llamar mega-patentes o patentes “de especie”.

Sin embargo, existe una creciente controversia en lo que se refiere a la eficacia de las patentes para promover la innovación en el campo de las ciencias de la vida.²⁸ Dicha eficacia ha sido cuestionada por diversos autores por tres razones principales:

- El secretismo asociado a las patentes actúa como freno del libre intercambio de conocimiento que es crucial para el progreso científico,
- Las patentes fomentan la investigación aplicada, en detrimento de la investigación básica
- El control excluyente de procesos biotecnológicos o de información genética y biológica supone un freno a los avances en el campo de la medicina y de la mejora vegetal²⁹.

¹ China ingresó en la OMC en 2001 y Cuba sigue sin ser miembro de esta organización, por lo cual no está obligada a cumplir esta normativa.

Desde algunos sectores se está planteando la necesidad de alternativas a las patentes que favorezcan al conjunto de la sociedad, desde el “open access” (libre acceso) hasta incentivos de otra índole, como los “premios” a la investigación.

Por otra parte, la concesión de patentes sobre seres vivos implica la privatización de un patrimonio mundial generado y conservado por las comunidades campesinas y los pueblos indígenas, y plantea numerosos problemas éticos, sociales y ecológicos. El principal se refiere a la apropiación excluyente de un comunal universal (los recursos genéticos y biológicos, incluidas las semillas), conservado principalmente en los países del Sur. La concesión de derechos de propiedad intelectual a través de las patentes no solo resulta tremendamente desequilibrada (sólo la tecnociencia occidental puede acceder a ella), sino que supone un grave riesgo para la utilización sostenible y conservación de estos recursos, que dependen de su libre intercambio.

También son éticamente cuestionables los derechos exclusivos concedidos por las patentes en el campo de la medicina y de la agricultura, por afectar a necesidades vitales (la salud y la alimentación) que no pueden ser sometidas al dictado de la economía convencional ni tampoco subordinarse a derechos privados de propiedad.

Todos los cultivos transgénicos comerciales están patentados², lo cual convierte a las agricultoras y agricultores en delincuentes por el mero hecho de guardar semilla de su cosecha para volver a utilizarla en la siguiente siembra. Es más, los agricultores cuyos campos ha sido contaminados con genes transgénicos —a través de polen o insectos— pueden ser demandados por las compañías «por uso indebido de patente», algo que viene ocurriendo desde hace años en algunos países. Por si fuera poco, en algunos países la industria semillera está imponiendo condiciones auténticamente leoninas para la “licencia” de uso de los cultivos transgénicos, sometiendo a los agricultores a exigencias desmedidas como:

- Vender únicamente a compradores aprobados por Monsanto.
- No pasar semillas a terceros con fines de investigación.
- Garantizar el acceso de técnicos de Monsanto a campos (propios y arrendados) y a instalaciones donde el agricultor guarde su cosecha, tres años después de la siembra de las semillas transgénicas

2 La excepción sería Cuba, donde efectivamente no se aplican las leyes internacionales de patentes, y donde las transnacionales “dejan hacer” interesadamente, pues ello les conviene enormemente para mejorar su imagen.

SEGUNDA PARTE: ARGUMENTOS EN CONTRA DE LOS TRANSGÉNICOS

Cuestión VI: Supone la introducción de nuevas especies en el medio ambiente con consecuencias desconocidas.

Si bien resulta complejo o confuso hablar de la introducción de “nuevas especies”, lo que sí es cierto es que se introducen variedades modificadas de forma tal que no es posible predecir su interacción con otras especies vegetales o animales o con la microbiota del suelo, así como las alteraciones que puedan darse a nivel celular.

En EEUU, este punto se zanja al suponerse una “equivalencia sustancial” de la variedad modificada con su equivalente no transgénico (una vez confirmadas una serie de equivalencias a nivel químico, se entiende que ambos son igualmente seguros para la salud), pero este es un argumento controvertido, que no es aceptado por la UE.

Citando el informe de 2004 de la Comisión Europea, *“en las variedades transgénicas se ha detectado la existencia de mutaciones, reordenaciones genómicas, supresión de ADN o aparición de secuencias genéticas nuevas no intencionadas, que pueden dar lugar a efectos totalmente imprevistos –potencialmente dañinos– no considerados en el momento de su evaluación.”*²⁹

Por otra parte, distintos estudios han demostrado diferencias en cuanto a la expresión de más de cien proteínas en transgénicos ya aprobados, como es el MON810, variedad actualmente en cultivo en España.³⁰

En la actualidad, existen métodos cada vez más desarrollados que permiten la inserción de genes de forma dirigida, no al azar. Sin embargo, aún se conoce sólo una pequeña fracción de los mecanismos implicados en la genética molecular de las especies que conforman nuestros cultivos. Esto implica que la inserción incluso en un sitio evaluado previamente como seguro podría ser responsable de efectos que aún no estamos preparados para estimar.

(Véase también punto sobre la biodiversidad y el desarrollo de resistencias)

Cuestión VII: Por la vía de la polinización cruzada suponen una fuente de contaminación genética.

En un principio, los representantes de las empresas que comercializan transgénicos afirmaban que no era posible que se dieran contaminaciones y que se mantendría la capacidad de los consumidores para decidir.³¹ Sin embargo, pronto comenzaron a aparecer casos de contaminación y se empezó a hablar de los problemas de “coexistencia” entre cultivos transgénicos, convencionales y ecológicos. La introducción de cultivos transgénicos ha dado lugar a contaminaciones ya sea a través de la polinización cruzada, de los restos vegetales presentes en la maquinaria agrícola o de las malas prácticas durante el almacenamiento.³²

En una encuesta realizada recientemente por la FAO, sólo el 47% de los países consultados indicaron que disponían de la capacidad técnica para detectar la presencia de transgénicos en sus importaciones.³³

Aunque en algunos países, como Alemania, los costes derivados de esta contaminación deben ser asumidos por el agricultor que decide plantar un cultivo transgénico, esto no se da en otros países, por ejemplo EEUU: una encuesta de Food & Water Watch reveló que un 52% de los agricultores estadounidenses que no cultivan transgénicos han sufrido el rechazo de algún lote por estar contaminado. El coste medio por el rechazo de un lote es de 4500 \$, habiendo productores que han sufrido pérdidas de más de 350.000 \$ en un año. Estos costes son asumidos enteramente por el productor o la cooperativa (quien suele realizar los análisis) que sufre la contaminación.³⁴

La introducción de cultivos transgénicos en los lugares de origen de los cultivos (los denominados centros de biodiversidad agrícola del mundo, como México para el maíz), ha producido ya problemas preocupantes de contaminación que amenazan la agro-biodiversidad.³⁵

Cuestión VIII:

- **Contribuyen a empeorar el sistema y apuntalan el capitalismo ya que favorecen la agricultura intensiva exclusiva y el consumismo.**
- **Aunque se posicionen como la solución al hambre, las regiones hambrientas lo son principalmente por la introducción de elementos extraños en su economía. No necesitan transgénicos, es preferible apoyar su desarrollo local.**

A diferencia de la agroecología, las “soluciones” tecnológicas simplistas que han acompañado el desarrollo de los transgénicos constituyen un parche a un modelo agrícola y de distribución de alimentos que hace aguas por todas partes.

A pesar del espectacular incremento de algunas producciones, la agricultura industrial no ha dado de comer al mundo. Aunque se producen alimentos más que suficientes para alimentar a toda la humanidad, el número de personas que padecen hambre en el planeta supera actualmente los 1000 millones. Y es que el hambre no es un problema de falta de producción, sino fundamentalmente de reparto: de acceso a la tierra, a las semillas y a otros medios para producir alimentos; o de trabajo digno e ingresos para comprarlos. No se trata de un problema tecnológico, sino político. Y resolverlo requiere abordar sus verdaderas causas, y reformar unas políticas (agrícolas, de comercio, de desarrollo...) que favorecen un modelo industrial globalizado al servicio de los intereses de la industria transnacional agroalimentaria. Y requiere también modelos participativos de conocimiento y de desarrollo tecnológico apropiados para promover un desarrollo equitativo y sostenible.³⁶

La industrialización agrícola ha expulsado del campo a millones de personas y ha agravado la situación precaria de los 2.500 millones de campesinos y campesinas que se estima producen

actualmente cerca del 60% de la alimentación mundial.³⁷ Por otra parte, la agricultura industrial ha esquilado los suelos, degradado los ecosistemas, diezmando la biodiversidad, sobre-explotado y contaminado los acuíferos, y actualmente sabemos que constituye una de las actividades humanas que más contribuye al calentamiento global que amenaza el futuro de la humanidad.³⁸ La especialización productiva y uniformidad impuestas por la agricultura industrial aumentan asimismo la vulnerabilidad de la producción alimentaria y de las poblaciones humanas frente al cambio climático y las crisis económicas y políticas.

Pero, además, la agricultura industrial globalizada no sólo es social y ambientalmente insostenible, sino que depende de unos combustibles fósiles baratos llamados a desaparecer en un futuro próximo. Es urgente por ello cambiar el modelo de producción y distribución agro-alimentaria, sin recurrir a parches que dilaten las verdaderas soluciones y agraven el dilema alimentario de las sociedades humanas.

Basándose en un extenso examen de publicaciones científicas, el Relator Especial de Naciones Unidas sobre el Derecho de la Alimentación, Olivier de Schutter, concluía en 2010 que la agroecología constituye una forma de desarrollo agrícola que ha demostrado su eficacia para resolver el problema del hambre, y afirmaba:

“La mayoría de los esfuerzos realizados en el pasado se han centrado en mejorar las semillas y velar por que se proporcione a los agricultores un conjunto de insumos que les permitan aumentar los rendimientos, reproduciendo el modelo de los procesos industriales en que los insumos externos sirven para producir resultados con arreglo a un modelo lineal de producción. La agroecología, en cambio, se propone mejorar la sostenibilidad de los agroecosistemas imitando a la naturaleza, no a la industria. El presente informe sugiere que la propagación de las prácticas agroecológicas puede aumentar al mismo tiempo la productividad agrícola y la seguridad alimentaria, mejorar los ingresos y los medios de sustento de la población rural y contener e invertir la tendencia a la pérdida de especies y la erosión genética.”³⁹

¿Qué es la agroecología?

“La agroecología es la “aplicación de la ciencia ecológica al estudio, el diseño y la gestión de agroecosistemas sostenibles”. Como conjunto de prácticas agrícolas, la agroecología busca formas de mejorar los sistemas de explotación agrícola imitando los procesos naturales, creando así sinergias e interacciones biológicas propicias entre los componentes del agroecosistema. Proporciona las condiciones edafológicas más favorables para el crecimiento vegetal, en particular mediante la gestión de la materia orgánica y el aumento de la actividad biótica del suelo. Entre los principios básicos de la agroecología destacan los siguientes: reciclar los nutrientes y la energía de la explotación agrícola, en lugar de introducir insumos externos; integrar los cultivos y la cría de ganado; diversificar las especies y los recursos genéticos de los agroecosistemas en el transcurso del tiempo y en el espacio; y centrar la atención en las interacciones y la productividad de todo el sistema agrícola y no en especies individuales. La agroecología es un sector de alta densidad de conocimientos, basado en técnicas que no se imponen desde arriba sino que se desarrollan a partir de los conocimientos y la experimentación de los agricultores.

La agroecología y el derecho a la alimentación

Olivier de Schutter

Liderado por la Vía Campesina, el movimiento mundial por la **Soberanía Alimentaria** está demostrando que otro modelo de producción y de distribución agroalimentaria es posible y puede alimentar a la humanidad.

¿Qué es la Soberanía Alimentaria?

*«El derecho de los pueblos a definir sus propias políticas sustentables de **producción, distribución y consumo** de alimentos, garantizando el **derecho a la alimentación** para toda la población, con base en la **pequeña y mediana producción**, respetando sus propias **culturas** y la **diversidad de modos** campesinos, pesqueros e indígenas de producción y comercialización agropecuaria, y de **gestión de los espacios rurales**, en los cuales la **mujer** desempeña un papel fundamental»*

Cuestión IX: Ausencia de transparencia en la investigación sobre los transgénicos.

La comercialización de productos transgénicos en la UE se decide en Bruselas, donde el lobby biotecnológico y EE UU (a través del gobierno español en ocasiones, según los cables de Wikileaks) presionan para su aprobación.⁴⁰

La evaluación de la seguridad de los OMG se basa en la información aportada por la empresa promotora, encargada de realizar los ensayos necesarios para demostrar su inocuidad, sin que se hagan estudios independientes. Estas pruebas en muchos casos son inadecuadas y han sido cuestionadas reiteradamente por los comités de expertos nacionales. A pesar de ello, sin embargo, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (AESA) – cuya independencia también puede resultar dudosa⁴¹ ha dado el visto bueno a numerosas solicitudes.

Además, el proceso de autorización permitía hasta hace poco a la Comisión Europea (los funcionarios europeos) dar luz verde a un producto a falta de acuerdo en el Consejo (los ministros de cada Estado). Bruselas ha utilizado de forma sistemática esta prerrogativa, aprobando nuevos OMG sin tener en cuenta las objeciones de los gobiernos y de la población europea.

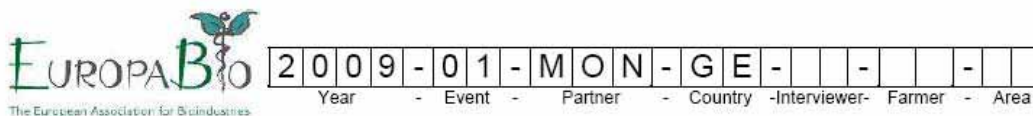
Por otra parte, España no tiene un registro de las parcelas de maíz transgénico, como exige la normativa europea. La inexistencia de un registro público con información sobre las parcelas sembradas con variedades MG dificulta (o imposibilita) un seguimiento riguroso e independiente de este cultivo y vulnera el derecho a la información de los agricultores que no siembran transgénicos, cuyos campos pueden verse contaminados sin siquiera tener conocimiento de la existencia de cultivos MG en parcelas vecinas.

En lo que se refiere al seguimiento de los cultivos, el único vigente para el MON 810 cultivado en España a nivel europeo hasta 2008 (fecha en que caducaba la autorización europea para siembra de este evento) ha sido el propuesto por Monsanto en 1995 al solicitar el permiso de comercialización.

Los requisitos del Plan de Seguimiento previsto en las órdenes por las que se inscriben las variedades MON 810 en el Registro de Variedades Vegetales español son asimismo inadecuados: no se exige seguimiento alguno de los efectos del MON 810 sobre la salud, y el único aspecto ambiental contemplado son los *“efectos sobre la entomofauna y microorganismos del suelo en las parcelas cultivadas con estas variedades”*.

Según informes hechos públicos por la compañía⁴², la vigilancia real de los efectos sobre la biodiversidad y sobre la salud del MON 810 llevada a cabo por Monsanto se ha limitado a:

- Un cuestionario a una muestra de agricultores en el que se formulan únicamente 2 preguntas referidas a temas ambientales o de comportamiento animal; esta encuesta se considera la principal herramienta de la citada vigilancia. Las dos preguntas son:
“ 3.7.) Impresión general sobre la presencia de vida silvestre en los campos de maíz (presencia



normal, mayor o menor de insectos, aves o mamíferos).

3.8.) Impresión general sobre el rendimiento del ganado alimentado con maíz transgénico (normal, o diferente del alimentado con maíz convencional)”⁴³

A nivel europeo actividades de “alerta” complementarias implicaban el desarrollo de una “red europea de seguimiento” promovida desde EuropaBio (asociación que agrupa a la industria biotecnológica europea) y en la que estarían implicadas diversas instituciones o redes de seguimiento a nivel nacional. Sin embargo, los primeros pasos en el desarrollo de esta red no parecen haber ido por muy buen camino:

En un comunicado de abril de 2009 las principales instituciones científicas que monitorean la evolución de las poblaciones de mariposas en Alemania se desmarcaban públicamente de la información publicada por Monsanto en su informe de seguimiento 2009. El comunicado señalaba la inexistencia de acuerdos de colaboración con esta compañía y afirmaba que Monsanto se había limitado a utilizar los resultados del programa alemán de seguimiento (Tagfalter-Monitoring Deutschland, TMD) y datos de la plataforma de Internet sciente4you, interpretándolos (a su conveniencia) para extraer unas conclusiones que carecían de fundamento científico y que no eran compartidas por dichas instituciones.⁴⁴

Monsanto afirmaba que *“...el análisis de la información disponible reveló que no existía una vinculación aparente entre las variaciones [de población] observadas y el cultivo del MON 810 en Alemania”*.

Sin embargo, según las instituciones científicas responsables del seguimiento, *“...es absolutamente imposible realizar un análisis científico riguroso basándose en los datos del informe. ... dado que la investigación no lleva suficiente tiempo en marcha... [y que]... son muy pocos los datos registrados relacionados con el hábitat [agrario] relevante para el MON 810.”*

Fuente: Monsanto Monitoring Report 2008 y UFZ, GFS & sciente4 you

Cuestión X: Los transgénicos crean resistencias en forma de plagas lo cual conlleva a mayor demanda de herbicidas (ejemplo: la aparición de hierbas resistentes a glifosato en EEUU y Argentina ha llevado al incremento de costes así como a la necesidad de usar herbicidas más potentes y en mayor cantidad).

(Nota: para más información sobre el desarrollo de resistencias, adjuntamos al final de este texto un documento previo elaborado al respecto por Ecologistas en Acción)

Los cultivos transgénicos autorizados a día de hoy se basan en la adición de dos características: resistencia a herbicidas (en concreto al glifosato, un herbicida total) y capacidad insecticida (estas son las variedades conocidas como BT). El uso de estas variedades ha dado lugar a la aparición de resistencias tanto en la vegetación ("malas hierbas") como en los insectos⁴⁵, aún cuando la posibilidad de su aparición se consideraba en un inicio "despreciable".⁴⁶

Esto ha hecho que la nueva estrategia sea el desarrollo de una nueva generación de transgénicos, que llevan un paso más allá esta "carrera armamentística" contra las plagas, similar a la que se da en el caso de los antibióticos: estos transgénicos combinarían varias resistencias a la vez, como es el caso de las variedades resistentes simultáneamente a glifosato y 2,4-D o dicamba, herbicidas más tóxicos que el glifosato para los cuales ya se han detectado resistencias en 28 especies diferentes.⁴⁷

Esta estrategia es vista por algunos como arriesgada, ya que es previsible que dé lugar a organismos que acumulen varias resistencias a la vez, requiriendo cada vez mayores niveles de productos químicos para su control, y el desarrollo de nuevas variedades transgénicas que acumulen aún más resistencias⁴⁸

En España, donde sólo está aprobado el maíz BT, se dan ciertos factores relacionados con el ciclo biológico de los insectos que pretende controlar, que hacen más complicada la aplicación de medidas destinadas a retrasar la aparición de resistencias⁴⁹

Los cambios en los insectos-plaga podrían deberse no sólo a la exposición a compuestos químicos, sino a la propia biología de las variedades modificadas: el espectro de compuestos volátiles (relacionados con los sistemas de defensa de las plantas ante las plagas) de algunas variedades transgénicas difiere significativamente de sus equivalentes no transgénicos.⁵⁰

Cuestión XI: Posibles efectos nocivos sobre la salud

Una de las mayores polémicas en torno a los transgénicos es si podrían ser dañinos para la salud animal y humana. Existen estudios a corto y medio plazo que no han encontrado impactos significativos, y otros que sí, sin que exista un consenso científico al respecto.

Nótese que esto no significa que todos estos efectos se den siempre que se ingiere cualquier transgénico, sino que existen casos en los que se han dado sin que conozcamos las causas, y que es de vital importancia actuar con precaución y no tomar decisiones si no conocemos las razones de estas alteraciones, así como de otras que aún no hayamos estudiado y detectado.

Algunos de los estudios que sí han encontrado diferencias significativas entre animales alimentados con alimentos transgénicos y los alimentados con su equivalente no transgénico detectaron:

- Alteraciones bioquímicas en sangre, daño y diferencias de peso en distintos órganos (hígado, riñón, intestino) y tejidos, y posibles efectos sobre la fertilidad masculina⁵¹
- Daños en el aparato digestivo y muerte prematura: este estudio⁵² fue llevado a cabo con el tomate FlavrSavr de Calgene, el primer alimento transgénico aprobado para el consumo humano. A pesar de los datos obtenidos y de no ser aprobado por la FDA⁵³, su comercialización fue autorizada, y fue retirado del mercado unos años después no por su peligrosidad, sino por su poca rentabilidad.

Existen pocos estudios que examinen los efectos de la ingesta de alimentos transgénicos a medio y largo plazo, ya que estos no son necesarios para su aprobación. El más completo y polémico es, sin duda, el del grupo de Séralini⁵⁴, de la Universidad de Caen, que fue publicado, retirado, vuelto a publicar tras la protesta y defensa por parte de cientos de científicos en todo el mundo, y vuelto a retirar, y continúa siendo objeto de disputas a día de hoy.

Este trabajo siguió al estudio de 90 días por parte de Monsanto para evaluar los efectos de una de sus variedades de maíz transgénico y del herbicida al que va asociado, y concluía que era a partir de los 120 días cuando comenzaban a revelarse serios problemas de toxicidad. Tanto si se aceptan sus datos como si no, este estudio muestra la necesidad de que se examinen a largo plazo los efectos de los organismos modificados genéticamente y de los agroquímicos que llevan aparejados. Otros estudios a medio-largo plazo han detectado:

- Alteraciones en el sistema inmune y los nódulos linfáticos: un estudio de cinco generaciones en ratones mostró aumentos en el tamaño de los nódulos linfáticos y en los niveles de linfocitos B y T entre los grupos alimentados con o sin triticale (híbrido trigo-centeno) resistente a herbicida.⁵⁵
- Alteraciones en el páncreas, hígado y testículos⁵⁶
- Daños en el hígado⁵⁷
- Alteraciones en la expresión de enzimas en el hígado y el corazón⁵⁸

- Inflamación estomacal⁵⁹
- El grupo de Séralini, anteriormente citado, realizó una revisión de 19 trabajos, incluyendo algunos realizados por las propias empresas promotoras de las variedades transgénicas) en los que la ingesta de variedades actualmente en comercialización producía signos de toxicidad en hígado y riñones, que podrían indicar el comienzo de patologías crónicas. Ninguna institución en el mundo requiere la aportación de estudios a largo plazo para aprobar estas variedades.⁶⁰ La repetición de algunos de los experimentos aportados por Monsanto para la aprobación de ciertas variedades también les hizo llegar a la conclusión de que estas deberían ser retiradas, lo que les empujó a llevar a cabo el polémico estudio de dos años que ya se ha citado anteriormente.⁶¹
- Toxicidad en hígado y riñones, y alteraciones bioquímicas en sangre⁶²
- Alteraciones en el sistema digestivo, hígado y páncreas en ovejas⁶³

EL MITO DE QUE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS SON LOS MÁS ESTUDIADOS

“¿Constituyen los cultivos MG la tecnología agrícola más probada de la historia?”

Esta afirmación ha sido formulada una y otra vez para tranquilizar a las personas, a las instituciones y a los gobiernos preocupados por los riesgos de los cultivos y la seguridad de los alimentos MG. Y constituye una de las aseveraciones más ridículas y más ampliamente aceptadas.

No hay más que analizar algunas cifras. Una búsqueda en la base de datos PubMed realizada el 9/9/2014 con los términos “*saccharin cancer*” [cáncer sacarina] generaba unas 434 citas. Los estudios incluyen multitud de estudios de cáncer de dos años de duración con animales de laboratorio de varias especies, varios estudios epidemiológicos de poblaciones expuestas y docenas de estudios mecanísticos.

Sobre “*aspartame cancer*” [cáncer aspartamo] aparecen otras 71 citas, y sobre los efectos cancerígenos de otros edulcorantes artificiales se han publicado varias docenas más. **Sólo** sobre el potencial oncogénico de los edulcorantes artificiales se han llevado a cabo cerca de 600 estudios de seguridad.

¿Y en el caso de los pesticidas? La base de datos sobre *salud humana* de cualquiera de las docenas de pesticidas muy utilizados incluye cientos, cuando no miles de estudios **por pesticida**. Algunos ejemplos serían:

-630 referencias exclusivamente sobre *DDT cancer* [cáncer DDT] y 11.185 citas científicas sobre *DDT*;

- 3.087 sobre *chlorpyrifos* [clorpirifós];
- 3.127 sobre *atrazine* [atrazina];
- 3.880 sobre 2,4-D;
- 833 sobre *benomyl* [benomilo];
- 3.512 sobre *parathion* [paratión]; y
- 1616 sobre *glyphosate* [glifosato] (en rápido aumento).

Según promotores (y críticos) de la biotecnología, hay 600+ estudios sobre alimentos derivados de la ingeniería genética. Una búsqueda con criterios más amplios identificará unos 1.600 estudios o más, pero una mayoría de los estudios adicionales se centran en los métodos de transformación y de prueba y tienen muy poca o ninguna relevancia para la evaluación de riesgos sobre la salud humana.

Varios científicos han revisado la bibliografía existente sobre alimentos MG y concluyen que la mayoría de los estudios se centran en la composición de estos alimentos desde el punto de vista de su contenido en calorías, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y otros micronutrientes. De hecho, la mayor parte de estos estudios fueron diseñados con una o dos finalidades, y en ocasiones las dos:

- demostrar a la Food and Drug Administration (FDA) que los alimentos MG son "sustancialmente equivalentes" en términos nutricionales con respecto a los alimentos no MG; y/o
- convencer a los ganaderos y a la industria de piensos compuestos que los piensos basados en maíz o soja MG tienen el mismo valor alimentario que los piensos procedentes de cultivos no modificados.

Ambos tipos de estudios tienen poco que ver con la salud y la seguridad humana -la cuestión que tienen en mente consumidores preocupados y un creciente número de científicos que prefiere analizar críticamente los datos antes de formarse una opinión.

En una carta dirigida a la revista *Science* en 9 de junio del 2000 y titulada "Riesgos para la salud de los alimentos MG: muchas opiniones pero pocos datos" un toxicólogo español, J.L. Domingo, exponía los resultados de tres búsquedas en la base de datos Medline. *Toxicity of transgenic food* [toxicidad de los alimentos transgénicos] generaba 44 citas, pero sólo una de ellas aportaba datos experimentales (de un estudio con ratones); el resto eran artículos de opinión, cartas al director y comentarios. La frase *adverse effects of transgenic foods* [efectos adversos de los alimentos transgénicos] arrojaba 67 citas, "... de las cuales solamente dos parecían estar relacionadas directamente con este tema". Una tercera búsqueda utilizando los términos *genetically modified foods* [alimentos modificados genéticamente] generó 101 citas, de las cuales sólo cuatro "... correspondían a estudios experimentales en los que se evaluaban los impactos adversos potenciales de los alimentos MG".

Quizás valga la pena reflexionar sobre los escasos datos aplicables hacia el año 2000: cuatro estudios publicados sobre seguridad de los cultivos alimentarios MG, 40 o más rasgos aprobados y comercializados y cerca de 500 millones de hectáreas de superficie plantada en todo el mundo.

En 2007, Domingo publicaba una revisión más a fondo de la bibliografía sobre seguridad de los alimentos MG (Domingo, J.J. "Toxicity Studies of Genetically Modified Plants: A Review of the Published Literature," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Vol. 47, pages 721-733, 2007). Las conclusiones de este trabajo se basaban en una búsqueda de Medline de 1980 a octubre 2006. Los términos utilizados para la búsqueda y el número de citas (en paréntesis) reseñados en el trabajo eran:

- *Genetically modified foods* [alimentos modificados genéticamente] (686);
- *GM foods* [alimentos MG] (3.498);
- *Transgenic foods* [alimentos transgénicos] (4.127);
- *Toxicity of transgenic foods* [toxicidad de los alimentos transgénicos] (136);
- *Health risks of transgenic foods* [riesgos de los alimentos transgénicos para la salud] (38);
- *Adverse effects of GM foods* [efectos adversos de los alimentos MG] (170);
- *Toxicity of GM foods* [toxicidad de los alimentos transgénicos] (38); y
- *Adverse effects of transgenic foods* [efectos adversos de los alimentos transgénicos] (276);

Sin embargo, Domingo analizaba entonces todas las citas que parecían relevantes para la evaluación de la seguridad de los alimentos MG, descubriendo que hasta 2007 (incluido) existían solamente cinco estudios relevantes sobre riesgos de las patatas MG, cinco sobre maíz MG (ninguno de más de 91 días), seis sobre soja MG (ninguno de más de 150 días), seis sobre arroz MG y otros seis sobre otros cultivos MG.

En un tercer estudio publicado en 2011, Domingo y Bordonaba actualizaban y refinaban la anterior revisión de Domingo (Domingo, J.L., and J.G. Bordonaba, "A literature review on the safety assessment of genetically modified plants," *Environment International*, Vol. 37, page 734-742). Como anteriormente, realizaron una búsqueda de los estudios de "*genetically modified foods*" [alimentos modificados genéticamente] publicados desde 1980 hasta agosto 2010. Esta búsqueda generó 2.879 citas, de las cuales sólo aparecían 376 cuando la búsqueda se restringía a la toxicidad de los alimentos transgénicos y 504 abordaban los efectos adversos de este tipo de alimentos (en su mayoría estudios ambientales). Solamente 75 abordaban, en un grado variable, los riesgos para la salud humana asociados a los alimentos transgénicos.

Estos estudios abarcan trabajos sobre maíz, soja, arroz, patatas, mandioca, pepinos, tomates, manzanas y muchos otros cultivos MG. Según los autores, tras eliminar los estudios sobre composición nutricional, eficiencia de los piensos en los sistemas ganaderos y otros estudios no referidos a la evaluación de riesgos sobre la salud humana, los estudios sobre efectos

sanitarios "... siguen siendo muy limitados". El número de estudios sobre el maíz subió de cinco en el análisis de 2007 a quince en 2010, mientras que los de soja aumentaban de seis a nueve.

Si se contabilizan actualmente los estudios publicados, los resultados son similares. Se han llevado a cabo unos cuantos estudios sobre los cultivos alimentarios MG plantados en superficies más amplias -maíz y soja-, pero lamentablemente muchos de ellos se centran en rasgos y eventos MG no comercializados actualmente. De hecho, uno o más de los rasgos MG de *casi todas* las principales variedades de maíz y soja MG existentes en el mercado no han sido analizados ni estudiados en *ninguno* de los estudios de salud publicados en revistas con revisión de pares.

Centrándonos en el maíz, se han publicado unas dos docenas de estudios diseñados para comprobar los efectos sobre la salud de unos doce eventos de maíz MG de importancia comercial -una media de sólo unos dos estudios por evento. La inmensa mayoría de ellos son estudios a corto plazo que no han durado más de 90 días. En cuatro de ellos se reseñan indicios de impactos adversos. Únicamente se han llevado a cabo unos pocos estudios a más largo plazo sobre el maíz MG, algunos de los cuales han planteado nuevas preocupaciones. Aunque las variedades de maíz con un solo rasgo transgénico representan un porcentaje muy pequeño de la superficie sembrada con maíz MG, los estudios se han centrado fundamentalmente en un único rasgo.

Prácticamente el 100% del maíz MG tiene actualmente varios rasgos transgénicos, pero que yo sepa ningún estudio ha evaluado los riesgos de las variedades con rasgos "apilados". No hay *ningún* estudio a largo plazo de una mayoría de los eventos comerciales de maíz MG presentes actualmente en los mercados, y sólo se han realizado más de dos estudios a corto plazo para unos pocos ellos. Solamente un estudio o dos sobre eventos de maíz MG con un solo rasgo han sido diseñados para detectar efectos sutiles epigenéticos y/o otros problemas reproductivos y defectos de nacimiento."

Fuente: Public Comments by Charles Benbrook.
Research Professor. Center for Sustainable Agriculture and Natural Resources, Washington
State University
NRC/NAS Committee on Genetically Engineered Crops: Past Experience and Future Prospects

Anexo I

La evolución de resistencias: una calamidad anunciada

La aparición de malezas y plagas resistentes en los monocultivos transgénicos de todo el mundo constituye una calamidad anunciada. La evolución natural de las denominadas *super-malas hierbas* y *plagas* hace que tarde o temprano aparezcan individuos resistentes, que proliferan y se propagan de manera cada vez más difícil de controlar. La siembra de grandes extensiones de cultivos resistentes a un mismo herbicida, o de variedades insecticidas que producen la misma toxina a lo largo de todo el ciclo de cultivo, constituye la receta perfecta para generar malezas y plagas resistentes.

En EEUU las malezas resistentes al glifosato han infestado ya 25 millones de hectáreas, y en los últimos años estas *super-malezas* proliferan también en Australia, Brasil y Argentina. Se ha confirmado ya la existencia de 24 especies de plantas resistentes al glifosato en todo el mundo (5 de ellas presentes en España, donde el uso de este herbicida se ha extendido de forma alarmante en los últimos años), así como *malas hierbas* resistentes al glufosinato, otro de los componentes activos de los herbicidas asociados a las variedades RH. También se ha documentado la existencia de resistencias a varios herbicidas en una misma especie.⁶⁴

La respuesta generalizada de los agricultores a esta situación ha consistido en aumentar el volumen de herbicida aplicado, multiplicar las aplicaciones, o utilizar productos adicionales, generalmente más tóxicos. La industria, por su parte, recomienda la utilización de un cóctel de herbicidas crecientemente nocivo y costoso, incentivando su compra con bonificaciones interesadas que mitigan en parte las pérdidas ocasionadas al agricultor. Pero, sobre todo y ante todo, está intentando acelerar el desarrollo y autorización de nuevas variedades transgénicas resistentes a 2 e incluso a 3 herbicidas distintos, por supuesto más caras, con mayores riesgos, y que a medio plazo supondrán una profundización de la espiral suicida de una agricultura cada vez más dependiente de insumos químicos de síntesis, más dañina para la salud y el entorno y más insostenible en todos los sentidos.⁶⁵ Uno de los problemas nada desdeñables de esta estrategia es que a pesar de las grandes inversiones de la industria, las "soluciones" agroquímicas para eliminar las "malas hierbas" parecen estar agotándose: desde hace más de 20 años no ha aparecido ningún herbicida novedoso ni parece que vaya a aparecer en un futuro próximo.⁶⁶ Según numerosos especialistas, frenar el avance de la resistencia al glifosato constituye uno de los problemas más importantes a los que se enfrentan actualmente los agricultores americanos.⁶⁷

En lo que se refiere a los cultivos insecticidas, ni siquiera la industria pone en duda que la evolución de resistencias en las plagas es solo una cuestión de tiempo, sobre todo si la superficie transgénica cultivada es muy extensa y uniforme. La producción de la toxina Bt en todas las partes de la planta durante todo el ciclo de cultivo implica una exposición prolongada y constante de las plagas a este compuesto insecticida, lo que supone una presión selectiva muy grande a favor de los insectos resistentes.

La estrategia de *refugios* –franjas sembradas con variedades convencionales donde los insectos resistentes pueden aparearse con individuos no resistentes, *diluyendo* así la resistencia– ha retrasado la aparición de poblaciones resistentes de insectos plaga, pero existe ya evidencia de ello en diversas regiones y cultivos. 7 de las 13 plagas principales combatidas con cultivos Bt se habían hecho resistentes a la toxina insecticida en 2010 (comparado con 1 en 2005).⁶⁸

También se ha puesto en evidencia que el *nicho* de la especie plaga eliminada por la toxina Bt es ocupado rápidamente por plagas secundarias, dando al traste con la efectividad del rasgo insecticida.⁶⁹

Al igual que en los cultivos RH, la respuesta a la aparición de resistencias ha sido la utilización de un volumen creciente de plaguicidas cada vez más tóxicos, y el desarrollo de nuevas variedades que producen varios compuestos insecticidas, más caros y con mayor impacto.⁷⁰ En este caso, además de las trágicas repercusiones de la espiral de dependencia en plaguicidas cada vez más dañinos y costosos, la proliferación de insectos resistentes al Bt inutilizará un valioso plaguicida utilizado de forma puntual (mucho menos dañina) en agricultura ecológica.

Anexo II

Transgénicos en Cuba

En 2009 el gobierno cubano dio luz verde a la liberación en el entorno del maíz transgénico FR-Bt1, un maíz insecticida y resistente a un herbicida logrado mediante la incorporación del "evento" transgénico TC 1507 (patentado por Pioneer Hi-Breed) a la variedad híbrida FR-28 a través de métodos tradicionales de mejoramiento.

El proceso de autorización ha sido cuestionado desde distintos sectores cubanos, criticando entre otras cuestiones la falta de un escenario de deliberación adecuado, la existencia de alternativas y el hecho de que su introducción en Cuba supone una apuesta por un modelo agrícola industrializado que genera unos costes y dependencia exterior insostenibles.

Reproducimos al pie algunos extractos de un esclarecedor compendio de textos para el debate generado en este país.

"... Quienes abogan por la aprobación de estas tecnologías y sus productos, se basan en conocimientos y certezas que supuestamente garantizan seguridad. Quienes se oponen, se basan en conocimientos y certezas que supuestamente garantizan seguridad. Quienes se oponen, se basan en los conocimientos y certezas que identifican amenazas, riesgos y peligros. El énfasis en lo positivo o en lo negativo que se asocia a estas tecnologías es evidente. A diferencia de estas posturas, el autor considera que hoy es imposible aceptar o prescindir de estas tecnologías con base en criterios certeros que garanticen una distinción exacta de seguridades y peligros. En el terreno bien definido que nos queda -al margen de seguridades, inseguridades, certezas, ambigüedades y ambivalencias-, podemos reconocer la presencia del conocimiento no manejable como un componente esencial del asunto que nos ocupa. Y ello nos permite identificar estas tecnologías con bastante exactitud en términos de riesgo.

El reconocimiento de los riesgos no justifica automáticamente la aprobación, ni la aceptación, ni la prohibición, ni el rechazo. Nos indica, por el contrario, que el asunto se mueve en un terreno de toma de decisiones que reclama la consideración fundamental de la responsabilidad.

Y para ser responsables, las decisiones no solo deben abrirse al reto de considerar seriamente las incertidumbres, deben también involucrar a los seres humanos que conforman las comunidades afectadas. De ninguna manera puede ser responsable en estos casos una toma de decisiones que involucre únicamente a los especialistas en ciencias, o en otras actividades profesionales. La responsabilidad concierne a la sociedad, no a los expertos que la representan o que supuestamente la representan...

...En las últimas décadas Cuba ha sido un contundente ejemplo de que frente a la crisis alimentaria la producción agroecológica es posible, viable y capaz de suministrar alimentos a poblaciones en ciudades tan grandes como La Habana.... La transformación que se produjo en el campo cubano durante la última década del siglo xx es un ejemplo de conversión a gran escala, de un modelo altamente especializado, convencional, industrializado y dependiente de insumos externos, a uno basado en los principios agroecológicos y de la agricultura orgánica... En 2006 los pequeños agricultores, con el 25% de la tierra, lograban producir el 65% de los alimentos para el consumo interno...

...Pero hay que reconocer que mientras esto sucedía, la corriente partidaria de la agricultura industrial o intensiva no había muerto, sino que descansaba, recuperaba fuerzas, se reponía...

...Su llegada [del FR-Bt1], no por avisada, es menos polémica, en especial porque ocurre justo cuando en el país se fortalece un modelo agroecológico que podría lograr la sostenibilidad de la agricultura a mediano y largo plazo...

...La reimplantación de los modelos convencionales en el contexto actual, tendrá un doble efecto destructivo. En primer lugar, el impagable costo ambiental, económico y social de subsidiar modelos derrochadores de energía y recursos financieros que además degradan el medioambiente. En segundo lugar, el efecto contraproducente que tiene sobre el fortalecimiento de los logros del movimiento agroecológico en los últimos quince años...

...No se puede entender por qué tomar un camino tan riesgoso como incierto y cuestionable, cuando disponemos en Cuba de otras alternativas... ¿Por qué en vez de buscar un maíz transgénico resistente a la palomilla del maíz no se busca un manejo integrado de la plaga con el empleo de plantas con características naturales de insecticidas? ... ¿Por qué emplear cuantiosos recursos para producir un maíz transgénico, si su variedad base (la FR-28) u otras variedades e híbridos han demostrado obtener producciones más altas?... ¿Son los métodos intensivos los más apropiados para producir carne y derivados en Cuba? ... ¿Qué potencialidades entrañan otros recursos alternativos para alimentar la masa animal? ...

...Muchos se preguntan cómo será la agricultura dentro de cincuenta o cien años y qué tendencias predominarán... A diferencia de lo que muchos esperarían, la respuesta no se encuentra en los campos de las ciencias naturales ni en el de la tecnología o la economía. Depende del tipo de sociedad en que entonces vivamos. Si se mantiene la preponderancia del capitalismo actual, las fuerzas ciegas de la competencia y las ganancias asociadas a la economía de escala, terminaremos con la alternativa «desarrollada», la insostenible, la de alto costo y productora de alimentos de baja calidad «solo para el mercado». Si, como consecuencia de las luchas sociales, «un mundo mejor» se hace posible, entonces la agricultura ecológica ganará la batalla. Entraríamos así en una nueva era en que la sociedad será capaz de dirigir su desarrollo hacia metas verdaderamente ecológicas, donde se perfeccione el aspecto esencialmente humano del hombre."

Transgénicos ¿Qué se gana? ¿Qué se pierde?

Textos para un debate en Cuba

compilados por Fernando R. Funes-Monzote y Eduardo F. Freyre Roach

Referencias

- 1 European Communities. Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products. (DS291, DS292, DS293). First Written Submission by the European Communities. Geneva. 17 May 2004
- 2 Artículo 3(g) del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad de la Convención de Biodiversidad, firmado en Montreal el 29 de enero de 2000.
- 3 Artículo 3(g) del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad de la Convención de Biodiversidad, firmado en Montreal el 29 de enero de 2000.
- 4 Firbank L.G., Perry J.N., Squire G.R., Bohan D.A., Brooks D.R., Champion G.T., Clark S.J., Daniels R.E., Dewar A.M., Haughton A.J. et al. (2003). The implications of spring- sown genetically modified herbicide-tolerant crops for farmland biodiversity: A commentary on the Farm Scale Evaluations of Spring Sown Crops.
- Heard M.S., Hawes C., Champion G.T., Clark S.J., Firbank L.G., Haughton A.J., Parish A.M., Perry, J.N., Rothery P., Scott R.J. et al. (2003). Weeds in fields with contrasting conventional and genetically modified herbicide-tolerant crops. I. Effects on abundance and diversity. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 358: 1819-1832.
- Bohan D.A., Boffey C.W.H., Brooks D.R., Clark S.J., Dewar A.M., Firbank L.G., Haughton A.J., Hawes C., Heard M.S., May M.J. et al. (2005). Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. *Proc. R. Soc. B* 272: 463-474.
- 5 Véase p. ej. Marshall E.J.P., Brown V.K., Boatman N.D., Lutman P.J.W., Squire G.R. & Ward L.K. (2003). The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43: 77-89.
- Jacquet F, Butault JP, Guichard L. An economic analysis of the possibility of reducing pesticides in French field crops. *Ecol Econ.* 2011;70(9):1638–1648.
- 6 D.T. Tyler Flockhart, Jean-Baptiste Pichancourt, D. Ryan Norris, Tara G. Martin (2014) Unraveling the annual cycle in a migratory animal: Breeding-season habitat loss drives population declines of monarch butterflies. *Journal of Animal Ecology*.
- 7 Relyea, R.A. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecol. Appl.* 15, 618-627 (2005)
- 8 Benbrook C.M. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Env. Sciences Europe* 24. doi:10.1186/2190-4715-24-24.
- Fernandez-Cornejo, J., Wechsler, S., Livingston, M. & Mitchell, L. Genetically Engineered Crops in the United States. 54 (2014). <www.ers.usda.gov/publications/err-economic-research-report/err162.aspx>
- 9 Editorial. A growing problem. *Nature.* 510, 187 (2014).
- 10 Tappeser, B., Reichenbecher, W., Teichmann, H. Agronomic and environmental aspects of the cultivation of genetically modified herbicide-resistant plants.
- Consultable en <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/service/skript362.pdf> (consultado el 6 de julio de 2014)
- 11 Hilbeck A. & Schmidt JEU. Another View on Bt Proteins - How Specific are They and What Else Might They Do?. *Biopesticides International.* 2 (1): 1-50 (2006)
- Then, C. Risk assessment of toxins derived from *Bacillus thuringiensis*-synergism, efficacy, and selectivity. *Environ Sci Pollut Res* (2010) 17:791-797

- 12 Castañera, P. et al. El maíz Bt en España: experiencia tras 12 años de cultivo. PHYTOMA España. N° 219. Mayo 2010.
- 13 Jesse LCH, Obrycki JJ. Survival of experimental cohorts of monarch larvae following exposure to transgenic Bt corn pollen and anthers. In: Oberhauser KS, Solensky MJ, eds. The Monarch Butterfly: Biology and Conservation. Ithaca, NY: Cornell University Press; 2004:69–75.
- Hilbeck A, Moar WJ, Pusztai-Carey M, Filippini A, Bigler F. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* CryIAb toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). Environ Entomol. 1998;27(5):1255-1263.
 - 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 Env Contam Toxicol. 2009;56(2):221-8. doi:10.1007/s00244-008-9191-9.
 - Hilbeck A, Meier M, Trtikova M. Underlying reasons of the controversy over adverse effects of Bt toxins on lady beetle and lacewing larvae. Environ Sci Eur. 2012;24(9). doi:10.1186/2190-4715-24-9.
- 14 Rosi-Marshall EJ, Tank JL, Royer TV, et al. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. Proc Natl Acad Sci USA. 2007;104:16204-8. doi:10.1073/pnas.0707177104.
- Bøhn T, Traavik T, Primicerio R. Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. Ecotoxicology. 2010;19:419-30. doi:10.1007/s10646-009-0427-x
 - Zwahlen C, Hilbeck A, Howald R, Nentwig W. Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. Mol Ecol. 2003;12:1077-86.
 - 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 Env Microbiol. 2005;71:6719-29. doi:10.1128/AEM.71.11.6719-6729.2005.
- 15 Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Karetva P. A meta-analysis of the effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. Science. 2007; 316:1475-7. doi:10.1126/science.1139208.
- 16 Zhao JH, Ho P, Azadi H. Benefits of Bt cotton counterbalanced by secondary pests? Perceptions of ecological change in China. Env Monit Assess. 2010;173:985-94. doi:10.1007/s10661-010-1439-y.
- 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. 2010; 328:1151-4. doi:10.1126/science.1187881.
 - Wang, S., Just, D. R. & Pinstrup-Andersen, P. Tarnishing Silver Bullets: Bt Technology Adoption, Bounded Rationality and the Outbreak of Secondary Pest Infestations in China. in Am. Agric. Econ. Assoc. Annu. Meet. Long Beach, CA, July 22-26, 2006 (2006).
 - Wang S, Just DR, Pinstrup-Andersen P. Bt-cotton and secondary pests. Int J Biotechnol. 2008;10:113–121.
 - Dorhout DL, Rice ME. Intraguild competition and enhanced survival of western bean cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic Cry1Ab (MON810) *Bacillus thuringiensis* corn. J Econ Entomol. 2010;103:54–62.
 - Pearson H. Transgenic cotton drives insect boom. Nature. 2006. doi:10.1038/news060724-5.
 - Tabashnik, B. E., Brévault, T. & Carrière, Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. Nat. Biotechnol. 31, 510–521 (2013).
 - Gassmann, A. J. et al. Field-evolved resistance by western corn rootworm to multiple *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic maize. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 111, 5141–5146 (2014).

- Fernandez-Cornejo, Op. cit.
- Benbrook, Op. cit.
- 17 Organic Consumers Association. Organic farmers threatened by Bt crops.
<http://www.organicconsumers.org/Organic/ov3.cfm>. Visitada 5 de julio 2014.
- 18 ETC Group. ¿Quién controlará la economía verde?. ETC Group.
http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/ETC_wwctge_ESP_v4Enero19small.pdf
- 19 Strom, S. A Disease Cuts Corn Yields-NYT. New York Times (2013)
- 20 Hammer, K. & Tekler Y. Plant Genetic Resources: selected issues from genetic erosion to genetic engineering. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. Volume 109, No. 1, 2008, pages 15–50
- 21 Fernandez-Cornejo et al. Op. cit.
- 22 Gurian-Sherman D. Failure to yield: Evaluating the performance of genetically engineered crops. Cambridge, MA: Union of Concerned Scientists; 2009.
http://www.ucsusa.org/assets/documents/food_and_agriculture/failure-to-yield.pdf.
- 23 Fernández-Cornejo, Op. cit.
- Benbrook, Op. cit.
- 24 Gurian-Sherman. Op. cit.
- 25 Fernandez-Cornejo et al. Op. cit.
- 26 Voosen P. USDA look to approve Monsanto's drought-tolerant corn. New York Times
<http://nytt.ms/mQtCnq>. Published May 11. 2011.
- 27 IITA. Early maturing maize lines at IITA hold drought tolerance that could save farmers in Africa. IITA/CGIAR Press Releases. 15 de abril 2013.
- 28 Oldham, P., Hall, S., & Forero, O. (2013). Biological Diversity in the Patent System. PLOS ONE, 8(11), e78737.
- Bostyn, S. J. (2013). Patentability of Plants: At the Crossroads between Monopolizing Nature and Protecting Technological Innovation?. The Journal of World Intellectual Property, 16(3-4), 105-149
- Nelson, B. (2014) Synthetic biology: Cultural divide. Nature, 509(7499).
<http://www.nature.com/news/synthetic-biology-cultural-divide-1.15149>
- Royal Society (2003) Keeping Science Open: The Effects of Intellectual Property on the Conduct of Science. London: The Royal Society.
- 29 Royal Society (2003) Keeping Science Open: The Effects of Intellectual Property on the Conduct of Science. London: The Royal Society.
- 30 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 2008, 7:1850-1861.
- Barros E, Lezar S, Anttonen MJ, Van Dijk JP, Röhlig RM, Kok EJ, Engel KH: Comparison of two GM maize varieties with a near-isogenic non-GM variety using transcriptomics, proteomics and metabolomics. Plant Biotechnol J 2010, 8:436- 451.
- Coll A, Nadal A, Rossignol M, Puigdomènech P, Pla M: Proteomic analysis of MON810 and comparable non-GM maize varieties grown in agricultural fields. Transgenic Res 2011, 4:939-949.

-
- 31 Rylott P. Matter of Fact [programa de televisión]. BBC2 Eastern Region. 12 de octubre de 2000.
- 32 D'Hertefeldt T, Jørgensen RB, Pettersson LB. Long-term persistence of GM oilseed rape in the seedbank. *Biol Lett*. 2008;4:314–317.
- Gilbert N. GM crop escapes into the American wild. *Nature*. 2010.
- Black R. GM plants “established in the wild.” BBC News. New Zealand Food Safety Authority (NZFSA). Unauthorised GM rice product found and withdrawn. http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Unauthorised_Rice-Zealand_Food.htm. Publicado el 30 de Julio de 2008.
- Fox JL. \$2 million rice verdict against Bayer. *Nat Biotechnol*. 2010;28(114).
- Fox JL. Volunteer GM wheat, mischief or carelessness? *Nat Biotechnol* 2013; 31(669).
- 33 FAO Technical consultation on low levels of genetically modified (GM) crops in international food and feed trade. TC-LLP/2014/3
- 34 Food & Water Watch. Organic Farmers Pay the Price for GMO Contamination. 2014.
- 35 Dalton, R. Modified genes spread to local maize. *Nature*. 456, 149 (2008).
- Dyer, G. a et al. Dispersal of transgenes through maize seed systems in Mexico. *PLoS One* 4, e5734 (2009).
- 36 IAASTD. Agriculture at a crossroads. International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development. 2009. Island Press (Washington DC).
- 37 ETC Group. ¿Quién nos alimentará? Preguntas sobre las crisis alimentaria y climática. (2009) ETC Communiqué n° 102. http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/Comm102WhoWillFeeSpa.pdf
- 38 Foley, JA. et al. Solutions for a cultivated planet. (2011) *Nature*. Vol. 478: 337-342.
- 39 de Schutter, O. La Agroecología y el derecho a la alimentación. Informe presentado al Consejo de Derechos Humanos. 20 de diciembre 2010. http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20110308_a-hrc-16-49_agroecology_es.pdf
- 40 Wikileaks cable 2004-Biosafety developments in Spain-Narbona changing the position of Spain. at <<http://wikileaks.org/cable/2004/12/04MADRID4709.html>>
- Wikileaks cable 2004-PP foresees economic challenges ahead-Arias Cañete offers support for biotech crops. at <http://wikileaks.org/cable/2004/12/04MADRID4777.html>
- Cable en el que el Ministerio de Medio Ambiente pide a EEUU que presione a Bruselas a favor de los transgénicos. at <<http://www.wikileaks.ch/cable/2009/05/09MADRID482.html>>
- 41 Stéphane Horel & Corporate Europe Observatory. Unhappy Meal. The European Food Safety Authority's Independence Problem. CEO 2013.
- 42 Monsanto. (2010) Annual monitoring report on the cultivation of MON 810 in 2009. Czech Republic, Portugal, Slovakia, Poland, Romania and Spain. < http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/index_en.htm> Visitada el 29 de marzo 2011
- 43 http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/docs/2009_Farmer_Questionnaire.pdf Visitada 28 de marzo 2011
- 44 Joint statement by the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), the Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (Lepidoptera Conservation Association; GfS) and sciente4you. 2 Abril 2009. <http://www.ufz.de/index.php?en=17932>. Visitada 22 de marzo 2011.

- 45 Tabashnik, B.E., Gassmann, A. J., Crowder, D. W. & Carriere, Y. (2008). Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnology*. Vol. 26. nº 2. Feb. 2008.
- Tabashnik, B. E., Brévault, T. & Carrière, Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nat. Biotechnol.* 31, 510–521 (2013).
- Gassmann, A. J. et al. Field-evolved resistance by western corn rootworm to multiple *Bacillus thuringiensis* toxins in transgenic maize. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 111, 5141–5146 (2014).
- Gunning, R.V., Dang, H.T., Kemp, F.C., Nicholson, I.C. & Moores, G. (2005) New Resistance Mechanism in *Helicoverpa armigera* Threatens Transgenic Crops Expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac Toxin. *Applied and Environmental Microbiology*, May 2005, p. 2558-2563
- van Rensburg, J.B.J. (2007). First report of field resistance by the stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt-transgenic maize. *S. Afr. J. Plant Soil*, 24 (3).
- Bagla, P. (2010) Hardy Cotton-Munching Pests Are Latest Blow to GM Crops. *Science*. Vol 327 19.March 2010.
- Fengyi Liu, Zhiping Xu et al. (2010). Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac- expressing Bt cotton in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. *Pest Manag Sci* 2010; 66: 155-161.
- Farinós, G.P., de la Poza, M., Hernández Crespo, P., Ortega, F. & Castañera, P. (2004) Resistance monitoring of field populations of the corn borers *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* after 5 years of Bt maize cultivation in Spain. *Entomol. exp. Appli.* 110, 23-30 (2004).
- Duke SO, Powles SB. 2009. Glyphosate resistant crops and weeds: Now and in the future. *AgBioForum* 12: 346–357.
- [NRC] National Research Council, Committee on the Impact of Biotechnology on Farm- Level Economics and Sustainability. 2010. *The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States*. National Academies Press.
- Gains, T.A., and Heap, I.M. Mutations in herbicide-resistant weeds to EPSP synthase inhibitors. Disponible en: <http://www.weedscience.com>., visitado el 28 de junio de 2014.
- 46 Bradshaw LD, Padgett SR, Kimball SL, Wells BH. 1997. Perspectives on glyphosate resistance. *Weed Technology* 11: 189–198.
- 47 Mortensen, D., Frankling Egan, J., Maxwell, B., Ryan, M., Smith, G. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience* (2012) 62 (1): 75-84.
- 48 Mortensen, D., Frankling Egan, J., Maxwell, B., Ryan, M., Smith, G. (2012). Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience* (2012) 62 (1): 75-84.
- 49 Farinós, G.P., de la Poza, M., Hernández Crespo, P., Ortega, F. & Castañera, P. (2004) Resistance monitoring of field populations of the corn borers *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* after 5 years of Bt maize cultivation in Spain. *Entomol. exp. Appli.* 110, 23-30 (2004).
- 50 Nguyen, H.T. & Jehle, J.A. (2007). Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize MON 810. *Journal of Plant Diseases and Protection* 114:820-87.
- 51 Gab-Alla AA, El-Shamei ZS, Shatta AA, Moussa EA, Rayan AM. Morphological and biochemical changes in male rats fed on genetically modified corn (Ajeeb YG). *J Am Sci.* 2012;8(9):1117–1123.
- 51 El-Shamei ZS, Gab-Alla AA, Shatta AA, Moussa EA, Rayan AM. Histopathological changes in some organs of male rats fed on genetically modified corn (Ajeeb YG). *J Am Sci.* 2012;8(10):684–696.

- 52 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; 1993
- 52 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. 2000.
- 52 Pusztai A. Can science give us the tools for recognizing possible health risks of GM food? *Nutr Health*. 2002;16:73-84.
- 53 US District Judge Colleen Kollar-Kotelly. *Alliance for Bio-Integrity v Shalala* (No. 98- 1300 D.D.C.). 2000.
- 53 Scheuplein RJ. Memorandum: Response to Calgene amended petition. 1993.
- 54 Séralini GE, Clair E, Mesnage R, et al. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem Toxicol*. 2012;50:4221-4231.
- 55 Krzyzowska M, Wincenciak M, Winnicka A, et al. The effect of multigenerational diet containing genetically modified triticale on immune system in mice. *Pol J Vet Sci*. 2010;13:423-30.
- 56 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*. 2002;27:173-80.
- 56 Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, Martin TE, Biggiogera M. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem*. 2004;48:448- 54.
- 57 Malatesta M, Boraldi F, Annovi G, 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.
- 58 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. *Anim Sci*. 2006;82:193- 199.
- 59 Carman JA, Vlieger HR, Ver Steeg LJ, et al. A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *J Org Syst*. 2013;8:38-54.
- 60 Séralini GE, Mesnage R, Clair E, Gress S, de Vendômois JS, Cellier D. Genetically modified crops safety assessments: Present limits and possible improvements. *Environ Sci Eur*. 2011;23.
- 61 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.
- 61 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.
- 61 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. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2007;52:596-602.
- 62 Kilic A, Akay MT. A three generation study with genetically modified Bt corn in rats: Biochemical and histopathological investigation. *Food Chem Toxicol*. 2008;46:1164-70.
- 63 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. *Livest Sci*. 2008;113:178-190.
- 64 Editorial. A growing problem. *Nature* 510, 187 (2014).
- Heap I. (2012). The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. Online. November 2012.

-
- 65 Mortensen, D. a., Egan, J. F., Maxwell, B. D., Ryan, M. R. & Smith, R. G. Navigating a Critical Juncture for Sustainable Weed Management. *Bioscience* **62**, 75–84 (2012).
- Fernandez-Cornejo, Op. cit.
 - Benbrook, Op. cit.
 - Editorial *Nature* Op. cit.
- 66 Service, RF. What happens when weed killers stop killing? *Science*. Vol. 341. 2013
- 67 Bowles, SP. Gene amplification delivers glyphosate-resistant weed evolution. (2016). *PNAS*. Vol 107. nº 3. 955-56.
- Fernandez-Cornejo. Op. cit.
- 68 Tabashnik, B. E., Brévault, T. & Carrière, Y. Insect resistance to genetically engineered crops: successes and failures. *ISB News Report*. January 2014
- Tabashnik, B. E., Brévault, T. & Carrière, Y. Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. *Nat. Biotechnol.* **31**, 510–521 (2013).
- 69 Zhao JH, Ho P, Azadi H. Benefits of Bt cotton counterbalanced by secondary pests? Perceptions of ecological change in China. *Env Monit Assess*. 2010;173:985-94. doi:10.1007/s10661-010-1439-y.
- Wang, S., Just, D. R. & Pinstrup-Andersen, P. Tarnishing Silver Bullets: Bt Technology Adoption, Bounded Rationality and the Outbreak of Secondary Pest Infestations in China. in *Am. Agric. Econ. Assoc. Annu. Meet. Long Beach, CA, July 22-26, 2006* (2006).
 - Wang S, Just DR, Pinstrup-Andersen P. Bt-cotton and secondary pests. *Int J Biotechnol*. 2008;10:113–121.
 - 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*. 2010; 328:1151-4. doi:10.1126/science.1187881.
 - Dorhout DL, Rice ME. Intraguild competition and enhanced survival of western bean cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic Cry1Ab (MON810) *Bacillus thuringiensis* corn. *J Econ Entomol*. 2010;103:54–62.
 - Pearson H. Transgenic cotton drives insect boom. *Nature*. 2006. doi:10.1038/news060724- 5.
- 70 Benbrook. Op. cit.