



Alimentos transgénicos

Octubre 2005

Informe de

ECOLOGISTAS
en acción

Andalucía:

Parque San Jerónimo, s/n, 41015 Sevilla
Tel./Fax: 954903984 andalucia@ecologistasenaccion.org

Aragón:

C/ Cantín y Gamboa 26, 50002 Zaragoza
Tel./Fax: 976398457 aragon@ecologistasenaccion.org

Asturies:

C/ San Ignacio 8 bajo, 33205 Xixón
Tel: 985337618 asturias@ecologistasenaccion.org

Canarias:

C/ Senador Castillo Olivares 31, 35003 L. P. de Gran Canaria
Tel: 928362233 - 922631098 canarias@ecologistasenaccion.org

Cantabria:

Apartado nº 2, 39080 Santander
Tel: 942240217 cantabria@ecologistasenaccion.org

Castilla y León:

Apartado nº 533, 47080 Valladolid
Tel: 983210970 castillayleon@ecologistasenaccion.org

Castilla-La Mancha:

Apdo. nº 40, 45516, Puebla de Montalbán, (Toledo)
Tel: 925751387 castillalamancha@ecologistasenaccion.org

Catalunya:

Can Basté - Passeig. Fabra i Puig 274, 08031 Barcelona
Tel: 934296518 catalunya@ecologistesenaccio.org

Euskal Herria:

C/ Pelota 5, 48005 Bilbao
Tel: 944790119 euskalherria@ekologistakmartxan.org

Extremadura:

C/ Sevilla 63, esc 2 - 5º F, 06200 Almendralejo (Badajoz)
Tel: 617246859 extremadura@ecologistasenaccion.org

Galiza:

Rua Oliva 14, 1º, 36202 Vigo Tel: 986436877

La Rioja:

C/ Carnicerías 2, 1º, 26001 Logroño
Tel./Fax 941245114 larioja@ecologistasenaccion.org

Madrid:

C/ Marqués de Leganés 12, 28004 Madrid
Tel: 915312389 Fax: 915312611 madrid@ecologistasenaccion.org

Melilla:

C/ Colombia 17, 52002 Melilla
Tel: 630198380 melilla@ecologistasenaccion.org

Navarra / Nafarroa:

C/ San Marcial 25, 31500 Tudela
Tel: 948820856-948222988 nafarroa@ekologistakmartxan.org

País Valencià: C/ Tabarca 12 entresuelo, 03012 Alicante

Tel: 965255270 paisvalencia@ecologistasenaccion.org

Región Murciana:

C/ José García Martínez 2, 30005 Murcia
Tel: 968281532 - 629850658 murcia@ecologistasenaccion.org

SUMARIO

1. NOCIONES DE GENETICA.....3

2. MANIPULACION GENETICA DE LAS PLANTAS: COMO SE HACE.....4

3. PATENTES Y BIODIVERSIDAD: EL CONTROL DE LA INGENIERIA GENETICA.....5

4. CULTIVOS TRANSGENICOS EN EL MUNDO.....7

España, maíz transgénico

5. RIESGOS SOBRE LA SALUD DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS..... 12

Toxicidad

Alergias

Resistencia a los antibióticos

Recombinación de virus y bacterias

Residuos tóxicos en los alimentos

6. EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE..... 18

Plantas invasoras

Pérdida de biodiversidad

Toxicidad en suelo y aguas

7. LEGISLACION SOBRE OGM..... 28

8. UN MODELO DE AGRICULTURA INSOSTENIBLE..... 34



Marqués de Leganés, 12 - 28004 Madrid
Tel 915312389, Fax: 915312611
transgenicos@ecologistasenaccion.org
www.ecologistasenaccion.org

Versión actualizada y con enlaces:

www.ecologistasenaccion.org/transgenicos/alimentos

ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Los alimentos transgénicos son aquellos que proceden de plantas en cuyas células se han introducido genes extraños mediante ingeniería genética. Esta tecnología permite “cortar” y “pegar” genes, creando variedades de plantas en las que se recombina información genética de especies muy dispares, que nunca habrían podido cruzarse en la Naturaleza.

Los genes contienen *instrucciones* para el desarrollo de todas las funciones y la estructura de un ser vivo: desde el color de los ojos hasta el número de pétalos de una flor, y las transmiten de padres a hijos.

Cuando se insertan genes extraños en una célula, ésta puede producir un conjunto de proteínas diferentes, originando cambios en las características de la planta o fruto. Se han transferido genes de bacteria al maíz y a la soja para que produzcan una toxina insecticida; genes de peces a patatas y fresas para hacerlas más resistentes al frío; genes humanos al ganado para inducir la producción de hormonas...

1. NOCIONES DE GENÉTICA

Los genes son segmentos de ADN que *codifican* las proteínas necesarias para el desarrollo y la actividad biológica de todo ser vivo. Algunos genes dirigen la síntesis de una o más proteínas, en tanto que otros tienen funciones reguladoras (controlan la actividad de otros genes). Las proteínas son específicas de cada especie, y cada una cumple una función determinada en el organismo. Pueden ser enzimas que catalizan reacciones bioquímicas, hormonas, inmunoglobulinas, transportadoras del oxígeno o de otros compuestos (como la hemoglobina), o desempeñar otras funciones biológicas vitales. Estas funciones están determinadas no sólo por su composición química sino por la forma en que se pliegan, absolutamente clave en la definición de su cometido. El príon de las vacas locas, por ejemplo, era una proteína plegada de forma distinta a la normal.

En los organismos superiores el ADN se encuentra convenientemente guardado en el núcleo celular, formando largas cadenas enrolladas dentro de los cromosomas. Todas las células de un mismo organismo tienen la misma dotación genética, aunque cumplen funciones muy distintas dependiendo de qué genes se activen en cada una: hay células especializadas en la captación de energía solar y su transformación en energía química; otras se encargan de la absorción de nutrientes y de agua; las hay que sirven de soporte para el crecimiento de la planta; hay células reproductoras... Cada una de estas células sintetiza en cada momento únicamente aquellos elementos que necesita, para lo cual cuenta con mecanismos complejos de regulación de los genes -en los que intervienen otros genes

y otros compuestos presentes en la célula-, de tal modo que se produce una determinada proteína sólo cuando y donde es necesaria.

La teoría sobre la cual se basó la ingeniería genética en sus inicios -que cada gen codifica una sola proteína- se desmoronó totalmente al descifrarse el código genético humano en 2001 y descubrirse que el número de genes que tiene una persona no difiere mucho del de un gusano. ¿Cómo es esto posible? Se ha demostrado que cada gen puede dar lugar a varias proteínas, dependiendo de las *instrucciones* recibidas. Es frecuente que la información genética se *edite* durante el proceso de síntesis de una proteína, pudiendo dar lugar a varios compuestos distintos. Por otra parte, si bien no sabemos con exactitud cómo se dirigen los procesos de regulación de los genes, es cada vez más evidente que los genes no funcionan de forma aislada: trabajan *en equipo*, interactuando entre sí y con otros elementos genéticos y celulares. Se trata de procesos sumamente sofisticados, capaces de responder a las necesidades del organismo y a los estímulos de un entorno en continuo cambio.

Según las más investigaciones más recientes:

“El genoma, la información heredable que contienen los cromosomas y dirige el desarrollo de un organismo, no consiste en un texto estático que se transmite de una generación a la siguiente. Antes bien, se trata de una compleja máquina bioquímica.” W. Wayt Gibbs [1]

[1] W. Wayt Gibbs. 2004. *El nacimiento de la epigenética. Investigación y Ciencia. Abril 2004 pp. 16-23.*

2. MANIPULACION GENETICA DE LAS PLANTAS: COMO SE HACE

Para transferir ADN a una planta se utilizan diversos **vectores**, que sirven de vehículo transmisor, burlando los mecanismos celulares que normalmente impedirían la incorporación de una información genética extraña. Los *vectores* más utilizados son plásmidos bacterianos, pequeñas moléculas circulares de ADN presentes en muchas bacterias, que tienen gran facilidad para migrar y recombinarse y que las bacterias utilizan para intercambiar información genética. También se utilizan virus *mutilados* (en los que se ha eliminado la información genética potencialmente dañina), que tienen una gran capacidad invasora y pueden incorporar su propia información genética al ADN de la planta.

El gen extraño que interesa transferir se inserta en el virus *mutilado* o en plásmidos, generalmente de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que en la Naturaleza coloniza una amplia gama de plantas y transfiere su propio ADN a las células vegetales huésped, formando tumores que conocemos con el nombre de agallas. A continuación se *infecta* un cultivo de células vegetales con el virus recombinante o con cepas *mutiladas* de *A. tumefaciens* portadoras del plásmido con el transgen. También se puede introducir el ADN extraño en las células mediante microinyección, mediante electroporosis o mediante el bombardeo con microproyectiles recubiertos de plásmidos recombinantes.

En todos los casos, el ADN extraño transferido ha de ir acompañado de una *secuencia genética "promotora"* que active su expresión en la célula huésped. El promotor es el *interruptor* de encendido y apagado que controla cuándo y dónde se expresará el gen en la planta. Los promotores más utilizados en ingeniería genética proceden de virus y son promotores muy potentes, dado que su función es activar el gen extraño, que ha de burlar los mecanismos de regulación de la célula huésped. Hasta la fecha la mayoría de los promotores son *constitutivos*, que activan el gen durante todo el ciclo biológico de la planta y en la mayoría de los tejidos.

Además de la información genética que interesa transferir a la planta, y dado que las tecnologías de ingeniería genética tienen un amplio margen de error, para poder seleccionar las células vegetales transformadas se inserta en el vector un *gen "marcador"*. En la mayoría de las variedades transgénicas desarrolladas hasta la fecha, el "marcador" utilizado

ha sido un gen de resistencia a los antibióticos, que hace que determinadas bacterias sean resistentes a la acción de los antibióticos. La incorporación de este gen "marcador" permite eliminar las células que no han adquirido el ADN extraño mediante el sencillo procedimiento de tratar con el antibiótico el cultivo celular sometido al proceso de manipulación genética. Se supone que todas las células que sobreviven a este tratamiento han incorporado la información genética deseada.

Una vez seleccionadas, las células transformadas se desarrollan en un cultivo in vitro para regenerar plantas completas, que en teoría habrán incorporado el gen extraño y lo llevarán en todas sus células.

Sin embargo, ninguno de estos procedimientos es capaz en la práctica de controlar con exactitud en qué parte del genoma de la célula huésped se inserta el gen extraño, o el número de genes insertados, o si la inserción será estable [1]. Esta incertidumbre es aún mayor en el caso de transformación mediante la técnica de bombardeo de microproyectiles, que pueden recoger otros materiales genéticos en el trayecto hacia el núcleo de la célula, incorporándolo al genoma. En este caso es habitual que ocurran reordenaciones del vector de transformación y del propio gen extraño insertado, y que se inserten copias múltiples y fragmentos de estas copias al azar en todo el genoma. Si un fragmento genético se inserta en medio de una secuencia genética funcional, puede alterar la producción de proteínas y perturbar el normal desarrollo y comportamiento de la planta. No es de extrañar, por tanto, que el proceso de manipulación de los cultivos pueda dar lugar a efectos indeseados e imprevistos, a veces imperceptibles o que se manifiestan únicamente en situaciones de stress [2]. De hecho, más del 99% de las plantas transformadas mediante ingeniería genética han de ser eliminadas dado que al desarrollarse aparecen rasgos aberrantes, no intencionados ni deseados, según reconocen las propias compañías biotecnológicas. La última fase del desarrollo de plantas transgénicas, incluye necesariamente un proceso de selección de las plantas regeneradas a partir de las células transformadas, para eliminar las que exhiben caracteres anómalos o alteraciones no buscadas [3].

La utilización de *Agrobacterium tumefaciens* en la manipulación genética de las plantas supone también riesgos de consideración, ya que la bacteria es difícil de eliminar de las células transformadas, pudiendo servir de vehículo de transferencia gené-

tica horizontal (desde la planta transformada a otras bacterias o células, incluso a células humanas) [4].

[1] Kiran SK, Pooja BM, Trevor TA. 2005. *Genetic transformation technology: status and problems. In Vitro Cellular and Development Biology-Plant*, March-April 2005, vol. 41, no. 2, pp. 102-112.

[2] European Communities. 2004. *Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products. (DS291, DS292, DS293). First Written Submission. 17 May 2004. pp. 9-15 y referencia 17. Royal Society of Canada. 2001. Elements of Precaution. Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. An Expert Panel Report on the Future of Food Biotechnology. Maraketich I, Svitashv SD, y Somers DA. 2003. Complete sequence analysis of transgene loci from plants transformed via microprojectile bombardment. *Plant Molecular Biology* 2003, 52, 421-32. Para una descripción del proceso de transformación ver, p.ej.: J.F.Carrasco. *Plantas Transgénicas. Butlletí Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonés Nord. IX (3); Sta. Coloma de Gramenet, 1999.**

[3] Birch RG. 1997. *Plant transformation: problems and strategies for practical application. Annu Rev. Plant Physiol Plant Mol Biol.* 48: 2897-326.

[4] Cobb E, McNicol R y Lyon G. 1997. *A risk assessment study of plant genetic transformation using Agrobacterium and implication for analysis of transgenic plants. Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 19, 135-144.

Kunik T, Tzfira T, Kapulnik Y, Gafni Y, Dingwall C y Citovsky V. 2001. *Genetic transformation of HeLa cells by Agrobacterium. PNAS USA.* 98, 1871-87.

3. PATENTES Y BIODIVERSIDAD: EL CONTROL DE LA INGENIERIA GENETICA

Los principales cultivos alimentarios tienen su origen en las zonas tropicales y subtropicales de Asia, de África y de América Latina. Estas regiones se consideran "centros de diversidad" y en ellas se concentra la mayor variedad de estos cultivos y de los "parientes silvestres" de los mismos, por lo que constituyen una fuente valiosa e insustituible de material genético para la mejora vegetal. Han sido las comunidades campesinas -particularmente las mujeres- quienes a lo largo de múltiples generaciones han mejorado los cultivos y las razas ganaderas, seleccionando las semillas o la descendencia animal y desarrollando miles de variedades y de razas adaptadas a diferentes ambientes y condiciones. La generación y conservación de la biodiversidad agrícola, considerada hasta hace poco patrimonio de los pueblos, se ha basado en el libre intercambio de las variedades y en el derecho campesino a guardar semilla de su propia cosecha. Sin embargo, en la actualidad la industria biotecnológica se está apropiando de esta diversidad y reclamando derechos exclusivos sobre su utilización.

La posibilidad de utilizar seres vivos manipulados genéticamente en la producción industrial ha despertado unas enormes expectativas comerciales. En las últimas décadas la industria biotecnológica ha crecido desmesuradamente, protagonizando un vertiginoso proceso de concentración y de fusión y convirtiéndose en un poderoso sector económico que mueve cifras de negocio superiores al PIB de países como México y Sudáfrica. Pese a que los inicios de la ingeniería genética se dieron en pequeños laboratorios de universidades y otros centros públicos, el sector de las ciencias de la vida está actualmente dominado por media docena de grandes transnacionales farmacéuticas y del ramo agroquímico [1]. Las grandes compañías aprovechan la capacidad profesional e infraestructura de las universidades y de otras instituciones públicas, logrando mediante proyectos y convenios que todos los ciudadanos subvencionen indirectamente sus actividades, al tiempo que ejercen un enorme control e influencia sobre la investigación pública. En el caso de la agricultura, si bien un importante porcentaje de la investigación agrícola mundial se sigue produciendo todavía en el sector público, de la mano de la ingeniería genética la orientación de esta investigación está pasando a ser controlada por el sector privado, que cofinancia la investigación y se apropia de sus resultados a través de patentes [2].

Para controlar eficazmente este apetecible mercado biotecnológico, la industria ha conseguido ampliar el campo de las patentes no sólo a los procesos tecnológicos y avances de la ciencia sino a los propios seres vivos, adueñándose así de la materia prima de la biotecnología -la biodiversidad- y asegurándose el monopolio de su utilización futura. En efecto, muchas de las plantas de interés para la medicina y la agricultura están protegidas por derechos de propiedad intelectual. En los últimos años se han concedido numerosas patentes sobre los cultivos básicos para la Humanidad a media docena de grandes empresas transnacionales, que ostentan hoy un amplísimo monopolio sobre las semillas, exigiendo a los agricultores el pago de royalties si guardan semilla de su propia cosecha para siembra [3]. Monsanto, por ejemplo, uno de los gigantes de la biotecnología y propietario de una amplísima patente de especie sobre la soja, pretende cobrar a Argentina un importante gravamen por tonelada de soja exportada en los últimos 10 años, alegando que los agricultores argentinos llevan años sembrando -y guardando- semilla de soja transgénica patentada por la compañía [4].

PATENTE DE AGRACETUS (ahora Monsanto) SOBRE SOJA TRANSGÉNICA EP 0 301 749, de 1994.

Transformación de plantas de soja y sus líneas mediante partículas

Objeto de la patente: "Una semilla de soja cuyo cultivo producirá una planta de soja cuyo genoma comprende un gen extraño eficaz que determina la expresión de un producto génico extraño en las células de la planta de soja" (reivindicación 17)

· Esto significa que se concede a la compañía derechos de inventor sobre todas las variedades de soja transgénicas.

· Esta patente fue recurrida por varias compañías, entre ellas Monsanto que posteriormente compró Agracetus (con patente incluida)

[1] RAFI. 1999. Los gigantes genéticos ¿dueños del Universo? RAFI Comunicqué 30 Abril 1999.

ETC Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración. 2001. Globalización S.A. Concentración del poder corporativo: la agenda olvidada. Comunicqué No. 71. Julio/Agosto 2001.

[2] Benbrook C. 2000. Who controls and who will benefit from plant genomics?. Ponencia presentada el 19 febrero 2000 en The 2000 Genome Seminar: Genomic Revolution in the Fields: Facing the Needs of the New Millenium. AAAS Annual Meeting, Washington D.C.

ETC. 2000. In Search of Firmer Ground. Occasional Paper Series - Vol. 6- nº 2. October 2000.

[3] GRAIN. De patentes y piratas. El ABC del patentamiento de la Vida. Monográfico GRAIN.

Bermejo I. 2001. Patentes Biotecnológicas. El Ecologista. Primavera 2001.

Elizabeth Bravo. 2005. Derechos de propiedad intelectual y los OGM. Revista Biodiversidad Abril 2005.

Silvia Ribeiro. 2005. Concentración de la industria global de semillas. ETC Comunicqué. 6 septiembre 2005.

[4] Silvia Ribeiro. Monsanto y la Soya Argentina. ETC Comunicqué. 21 Marzo 2005.

4. CULTIVOS TRANSGÉNICOS EN EL MUNDO

Es significativo que la primera generación de transgénicos haya estado presidida por los intereses de la industria en consolidar y aumentar sus ventas de agroquímicos, introduciendo variedades de cultivos transgénicos resistentes a los herbicidas; y que una mayoría de las transnacionales de la biotecnología estén desarrollando una segunda generación de semillas transgénicas cuyas rasgos "ventajosos" consisten en cualidades que facilitan su procesamiento por la industria alimentaria, o su almacenamiento y transporte a grandes distancias. El primer alimento transgénico que salió a la venta en EE UU, por ejemplo, fue el tomate Flavr Savr, un "tomate larga vida", con un proceso de maduración retardada que facilita su almacenamiento y su transporte a grandes distancias. Todo un invento para una producción de alimentos globalizada -que sin embargo fracasó por resultar demasiado delicado para soportar unas labores mecanizadas de cosecha y envasado [1]. Gran parte de la investigación biotecnológica reciente se orienta asimismo al desarrollo de mejoras cualitativas (menos calorías, menos colesterol, etc.) para una minoría de la población mundial con alto poder adquisitivo, en la cual los excesos de alimentación están causando graves problemas de salud.

En la actualidad, la práctica totalidad de la superficie sembrada con transgénicos en el mundo está ocupada por cuatro cultivos, en su mayor parte destinados a la producción de piensos compuestos para la ganadería intensiva y otros usos industriales: soja (60% del total de cultivos MG), maíz (23%) algodón (11%) y colza (6%) [2].

En países del Sur como Argentina el cultivo de soja transgénica destinada a la exportación ha desplazado a los cultivos tradicionales y expulsado del campo a miles de pequeños campesinos, agravando la crisis de pobreza y de inseguridad alimentaria del país, esquilmando los suelos y provocando graves daños ambientales [3]. En el Norte los cultivos transgénicos están contribuyendo a apuntalar un modelo de producción agrícola y ganadera industrializada, cuyos costes sociales (ruina de la agricultura y la ganadería familiar, despoblamiento del mundo rural), ecológicos (contaminación, desaparición de razas y de sistemas extensivos adaptados al entorno y ecosistemas asociados) y sanitarios (vacas locas, gripe aviar...) son insostenibles.

Los cultivos estrella son aquellos que tienen incorporada la resistencia a un herbicida, que ocupan el 73%

de la superficie cultivada, seguidos de las variedades insecticidas Bt (18%) y de las variedades con ambas características (8%).

Mención aparte merecen los "farmacultivos", diseñados para producir en cultivos alimentarios como el maíz fármacos y productos industriales (plásticos, lubricantes...) no aptos para el consumo humano, y que están siendo ya ensayados en Estados Unidos. Aunque la mayor parte de este tipo de cultivos está todavía en fase experimental, las primeras solicitudes de autorización para su cultivo comercial han provocado un gran revuelo en Estados Unidos en estados como California, debido al evidente riesgo de contaminación de toda la cadena alimentaria que suponen [4].

Los datos más difundidos sobre superficie de cultivos transgénicos son los aportados por los informes anuales del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas, (ISAAA), un organismo privado creado por instituciones y empresas cuyo objetivo es extender el uso de la biotecnología en países de desarrollo. Según el informe del ISAAA correspondiente a 2004, el cultivo mundial ha aumentado un 20% con respecto a 2003, alcanzando una superficie de 81 millones de hectáreas repartidas en un total de 17 países, y equivale al 25% de la superficie global de estos cultivos.

El mayor productor de cultivos MG en el mundo sigue siendo Estados Unidos, cuya superficie de transgénicos supone el 69% del total mundial. Le sigue Argentina, con un 20% de la superficie mundial de cultivos transgénicos.

[1] R. King. "Low-tech woe slows Calgene's super tomato". *Wall Street Journal*, April 11 1995.

"Financial: Calgene, Inc.". *Biotech Reporter*, April 1995, pg. 14.

[2] C. James. 2004. *Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2004*. ISAAA Briefs. Nº 32. ISAAA: Ithaca, NY.

[3] Joensen L. y Semino S. 2004. *OMGs en Argentina ¿a qué precio?. Estudio de Caso del Impacto de la Soja Modificada Genéticamente del Grupo de Reflexión Rural de Argentina, publicado por Econexus y The GAIA Foundation*. Octubre 2004.

Altieri M.A. y Pengue W. A. *Roundup Ready Soybean in Latin America: a machine of hunder, deforestation and socio-ecological devastation*. Informe publicado por CHASQUE y la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América

Latina. Septiembre 2005.

[4] Neil J. Carman. *Sierra Club Comments to Dockets No 04.044-1 and No. 04.041-1 on APHIS' draft environmental assessment and Prodigene's permits to grow up to 725 acres of pharmaceutical corn in Frio County, Texas.* 10 Agosto 2004.

American Corn Growers Association. *National Research Council report raises GMO liability concerns for farmers. Corn growers want biotech held liable for pollen drift from pharmaceutical corn.* Nota de Prensa 9 mayo 2002.

Jaffe G. 2004. *Sowing Secrecy: the biotech industry, USDA, and America's secret pharm belt.* Informe del Center for Science in the Public Interest. Junio 2004.

B. Freese, M. Hanse, D. Gurian-Sharma. 2004. *Pharmaceutical Rice in California. Potential risks to Consumers, the Environment and the Rice Industry.* Report produced by Friends of the Earth, the Center for Food Safety and the Consumers Union.

España, maíz transgénico

En la Unión Europea, España ha sido pionero en la siembra de variedades transgénicas, incorporando a la lista nacional de variedades vegetales dos variedades de maíz insecticida en 1998, cinco variedades en marzo 2003 y otras nueve en febrero 2004. En Julio 2005 se revocan las autorizaciones concedidas a algunas de las variedades (las Bt 176 de Syngenta), incluyendo en el registro de variedades 14 variedades nuevas (MON 810 de Monsanto).

Hasta 2005 ningún otro gobierno había autorizado la siembra comercial -en grandes superficies- de variedades transgénicas y varios países (Alemania, Austria, Francia, Grecia y Luxemburgo) países han prohibido expresamente el cultivo de las variedades de Monsanto inscritas en septiembre 2004 en el Catálogo Europeo, que daba luz verde a su cultivo en toda la Unión Europea. En 2004 la superficie sembrada en España con variedades insecticidas MG suponía un 12% del maíz cultivado a nivel nacional, y ascendía a un total de 58.000 hectáreas, cultivadas principalmente en Cataluña, Aragón, Castilla la Mancha, Madrid, Navarra y en menor proporción en Andalucía y Extremadura.

La superficie sembrada de maíz transgénico en España pasó de 25.000 hectáreas en 2002 a 32.000 hectáreas en 2003, aumentando a 58.000 hectáreas en 2004 según los datos del International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAA) [1].

En 2003 esta superficie apenas representaba el 7% del total nacional, distribuyéndose de la siguiente forma: Cataluña 13%, Aragón 11%, Castilla la Mancha 9%, Madrid 9%, Navarra 4%, Andalucía 3% y Extremadura 2%. En 2004, según el ISAA, la superficie sembrada supondría el 12% del maíz cultivado a nivel nacional.

VARIEDADES CULTIVADAS

Todas las variedades autorizadas para cultivo en España son variedades insecticidas, que producen una toxina fabricada en la naturaleza por una bacteria del suelo, el *Bacillus thuringiensis*. Cinco de ellas llevan incorporado el evento Bt-176 (de la compañía Syngenta) y las restantes el MON 810 (de Monsanto). En el caso de las variedades Bt 176, las células del maíz llevan incorporado un gen "marcador" de resistencia a la ampicilina.

Ambos eventos fueron autorizados por la Unión Europea de acuerdo con la antigua normativa sobre

liberación de organismos modificados genéticamente (OMG), Directiva 90/220/EEC, considerada inadecuada para la evaluación de estos productos y cuya modificación dio lugar a la moratoria europea sobre liberación de OMG. Esta Directiva ha sido sustituida por la Directiva 2001/18, más rigurosa y que exige una evaluación a largo plazo de las repercusiones de los transgénicos.

La mayor parte de la superficie de maíz Bt sembrada en España corresponde, según el Ministerio de Agricultura, a las variedades portadoras del evento Bt 176. Estas variedades han sido retiradas del mercado en EE UU por sus riesgos de aparición de resistencia en las plagas y por el riesgo de que su elevada toxicidad afecte a especies de insectos protegidas o beneficiosas. A su vez, la Agencia de Seguridad Alimentaria Europea recomendó en abril 2004 retirar estas variedades por sus potenciales riesgos sanitarios, motivando una decisión de la Agencia de Seguridad Alimentaria Española en la que se afirma que "este maíz Bt 176 no se podrá a sembrar ni a cultivar a partir de enero de 2005" [2]. El cultivo de las variedades MON 810 inscritas en el Catálogo Europeo ha sido prohibido en varios países europeos.

La incorporación del gen Bt se supone que debe defender al cultivo contra el "taladro", un insecto que puede convertirse en plaga en las zonas donde el monocultivo de maíz está más extendido, especialmente en años de calor. Sin embargo esta "defensa" no está garantizada, ni estaría justificada en gran parte del territorio, donde el taladro no provoca grandes daños.

APARICION DE RESISTENCIA EN INSECTOS Y NUEVAS PLAGAS

Uno de los grandes problemas de los cultivos Bt es la previsible evolución de resistencia a la toxina insecticida en los insectos plaga, sobre todo si la superficie cultivada es muy extensa y uniforme. En EE UU la Agencia de Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, EPA) ha establecido medidas encaminadas a retardar la aparición de resistencias, que incluyen el mantenimiento de refugios (franjas cultivadas con variedades convencionales) de hasta el 50% de la superficie sembrada. El Gobierno Español, por el contrario, no ha tomado medidas en este sentido, limitándose la prevención de resistencias a meras recomendaciones de la industria semillera.

El riesgo de aparición de resistencia es mayor en las variedades Bt 176 (retiradas actualmente), cuya producción de insecticida disminuye notablemente al final de la temporada, por lo que no protegen ade-

cuadamente el cultivo frente a la segunda generación de insectos plaga. Por esta razón, la EPA no renovó la autorización de las variedades Bt 176 a partir del 2000, comprometiéndose la empresa que comercializa las semillas en EE UU a retirarlas del mercado [3]].

En España están apareciendo ya resistencias al Bt en el taladro, según las conclusiones de un estudio sobre control de taladro con maíz MG llevado a cabo por el ITG-A en Navarra durante 1998, 1999 y 2000 [4]. La proliferación de insectos resistentes al Bt no sólo inutilizaría un valioso plaguicida utilizado en agricultura biológica, ocasionando gravísimos perjuicios a los agricultores ecológicos, sino que pudiera tener unas repercusiones difíciles de prever -y potencialmente muy graves- en los ecosistemas, ya que desconocemos el papel jugado por el *Bacillus thuringiensis* en los ciclos y equilibrios biológicos de la naturaleza, particularmente en los suelos.

Por otra parte, se ha señalado que la manipulación genética puede provocar alteraciones en los compuestos volátiles o en otro tipo de compuestos producidos por una planta transgénica, que pueden atraer o favorecer la proliferación de otros insectos dañinos para los cultivos [5].

UNA GRAVE AMENAZA PARA LA SALUD HUMANA

Las variedades de maíz Bt 176 fueron prohibidas desde el primer momento en varios países de Europa (Austria, Italia, Luxemburgo) por los riesgos sanitarios derivados de la incorporación a la planta de un gen marcador de resistencia a la ampicilina, que pudiera agravar la alarmante proliferación de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos y el recrudescimiento de enfermedades infecciosas que amenaza actualmente a la humanidad [6]. El 16 de abril 2004 la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria recomendaba la retirada del mercado de estas variedades, publicándose a los pocos días en España una decisión de la Agencia de Seguridad Alimentaria Española en el mismo sentido, que obligaría a revocar su autorización en España a partir de diciembre 2004. Este revocación, sin embargo, no se ha llevado a cabo hasta julio 2005, ni se han tomado medidas para evitar la siembra de estas variedades en 2005.

Dado que la Directiva 90/220 no requería una evaluación del impacto y la estabilidad a largo plazo de los OGM, los riesgos de alergias o de otros posibles problemas para la salud asociados a las variedades insecticidas Bt no han sido estudiados adecuadamente antes de su autorización, ni se ha hecho un seguimiento riguroso de sus efectos, por lo cual su cultivo

supone someter a la población (y al ganado que lo consume) a un peligroso e involuntario experimento a gran escala. Por esta razón, Austria, Grecia, Hungría y Polonia han prohibido recientemente el cultivo de las variedades MON 810 inscritas en el Catálogo Europeo de variedades en 2004.

El Bt 176 y el MON 810 han sido transformados mediante la técnica de bombardeo de partículas de ADN, cuyos resultados se consideran especialmente inexactos y problemáticos. Según la Comisión Europea, la inserción de ADN extraño en una posición no deseada dentro del genoma, o de múltiples segmentos genéticos con reordenaciones, puede potenciar o silenciar ciertos procesos de producción de proteínas y provocar cambios de composición o la aparición de compuestos potencialmente tóxicos en los alimentos, con riesgo para la salud humana [7]. Por otra parte, varios estudios han señalado la existencia de reordenaciones genómicas y supresión de ADN en las variedades derivadas de estos dos eventos. Esta inestabilidad genética puede dar lugar a efectos imprevistos, con efectos potencialmente dañinos [8].

Los estudios de toxicidad/alergenicidad realizados con plantas Bt son inadecuados, dado que la mayor parte han sido realizados utilizando la toxina producida de forma natural por el *Bacillus thuringiensis*, en lugar de la proteína insecticida producida a partir del gen sintético modificado incorporado a las plantas transgénicas [9]. Las proteínas Bt producidas en los cultivos transgénicos pudieran ser alergénicas, según diversos estudios realizados [10]. Un informe del Norwegian Institute for Gene Ecology señala que los problemas de alergias aparecidos en los últimos años en Filipinas en zonas donde se cultivaba maíz transgénico pueden estar relacionados con el cultivo de variedades derivadas del MON 810 [11].

[1] ISAAA. "Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2004". Resúmen Ejecutivo. *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications*, ISAAA. N.º 32, 2004

[2] Agencia de Seguridad Alimentaria Española. "La EFSA apuesta por una evaluación rigurosa de la resistencia a antibióticos en los OGM". *Comunicado de 23-04-2004*

[3] Phil Sloderbeck, "Current status of Bt Corn Hybrids". *Kansas State University*

[5] E. B. Hagvar & S. Aasen. "Possible Effects of Genetically Modified Plants on Insects in the Plant Food Web". *Latvijas Entomologs*, 2004, 41: 111-117.

[6] Worldwatch Institute. "La Situación del Mundo 2005". Capítulo 3. Editorial Icaria. Feb. 2005.

[7] "Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293)". *First Written Submission by the European Communities*. Geneva. 17 May 2004.

[8] A. Wilson, J. Latham & R. Steinbrecher, "Genome Scrambling -Myth or Reality?". *Econexus Technical Report - October 2004*.

C. Collonier, G. Berthier, F. Boyer, M-N. Duplan, S. Fernández, N. Kebdani, A. Kobilinsky, Y. Roma Bertheau. "Characterization of commercial GMO inserts: a source of useful material to study fluidity". *Poster courtesy of Pr. Gilles-Eric Seralini. CRII. 2003*.

Third Party Submission by Norway to the EU document "Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293)". 2004.

[9] J. Cummins. "Bt Toxins in Genetically Modified Crops: Regulation by deceit". *ISIS Press Release*. 23.3.2004

[10] *Third Party Submission by Norway to the EU document "Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293)". 2004.*

[11] "Maize allergy raises hackle". *New Scientist*. Issue 2437. 6 March 2004.

T. Traavik. "The Cartagena Protocol, the Precautionary Principle, "sound science" and "early warnings"

T. Traavik, *Norwegian Institute for Gene Ecology*, report march 2003.

5. RIESGOS DE LOS CULTIVOS TRANSGENICOS

El proceso de creación de organismos manipulados genéticamente (OMG) está rodeado de incertidumbres, que pueden dar lugar a multitud de efectos imprevistos [1]. La inserción de ADN extraño en una posición no deseada dentro del genoma puede potenciar, silenciar o perturbar los procesos de producción de proteínas. El promotor insertado puede también activar a otros genes presentes en la planta, modificando su comportamiento. La presencia de la proteína extraña puede alterar vías metabólicas importantes para la planta. Puede ocurrir también, y ocurre con frecuencia, que se hayan insertado demasiadas copias de ADN extraño, o que se integren múltiples segmentos genéticos con reordenaciones. O que el ADN extraño se haya contaminado durante la manipulación en el laboratorio. Cualquiera de estos sucesos puede provocar perturbaciones importantes en la planta manipulada genéticamente (MG) [2].

En 2000, se reveló que la soja resistente al herbicida Roundup de Monsanto, cultivada en miles de hectáreas en el mundo a partir de 1997 -el primer producto transgénico autorizado en Europa- contiene segmentos adicionales de ADN, insertados de forma accidental. El ADN de la soja ha sufrido reordenaciones que pueden dar lugar a cambios en las proteínas producidas por las plantas, con efectos completamente imprevisibles [3]. Se ha demostrado, además, que algunos de los fragmentos insertados se transcriben, sin que se conozca el producto ni como afecta éste a la planta [4]. En los estudios de caracterización independientes llevados a cabo se han detectado numerosas anomalías de este tipo en las variedades transgénicas analizadas [5].

Los trastornos originados por el proceso de manipulación genética en las plantas pueden manifestarse de inmediato, o al cabo de varias generaciones. También pueden aparecer en determinadas condiciones ambientales o de estrés. Durante una ola de calor padecida en 1999 en EE UU, por ejemplo, la soja transgénica de Monsanto padeció una devastadora -y misteriosa- infección por un hongo, que provocó considerables daños en grandes superficies. Posteriormente se demostró que las plantas eran más vulnerables al ataque del hongo debido a una producción de lignina inusualmente alta, asociada a la manipulación genética del cultivo, que hacía que con la ola de calor los tallos se agrietasen [6]. Este problema ocasionó pérdidas considerables a los agricultores del sur de EE

UU. También se ha observado que los tallos del maíz Bt tienen un contenido de lignina más elevado que el convencional, siendo rechazado en algunos casos por la ganadería [7].

Es relativamente frecuente también que las plantas MG inactiven (apaguen) los genes extraños, un mecanismo que parece activarse en situaciones de estrés ambiental o fisiológico de las plantas [8]. En uno de los numerosos casos documentados, la infección de cultivos transgénicos resistentes a un herbicida por el virus del mosaico de la coliflor provocó el apagado de los genes extraños, haciendo que las plantas resultasen vulnerables al herbicida [9]. Se cree que la pérdida de un 20% de la cosecha de algodón MG en EE UU en 1997 fue debida asimismo a la inactivación del transgen de resistencia al herbicida, que provocó la caída de las cápsulas (las semillas de algodón) al ser fumigado el cultivo [10].

[1] Kiran SK, Pooja BM, Trevor TA. 2005. *Genetic transformation technology: status and problems. In Vitro Cellular and Development Biology Plant, March-April 2005, vol. 41, no. 2, pp. 102-112.*

Schubert, D. 2005. *Sensible regulations for GE food crops. Nature Biotechnology, 23, 785-787. Julio 2005.*

[2] European Commission. 2004. *European Communities. 2004. Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products. (DS291, DS292, DS293). First Written Submission. pp. 14-15*

Royal Society of Canada. 2001. *Elements of Precaution. Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada. An Expert Panel Report on the Future of Food Biotechnology. 14-19*

Government of Norway. 2004. *European Communities -Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products. Third Party Submission by Norway. PP. 8-9.*

[3] Windels, P. Taverniers, I. Depicker, A. Vn Bockstaele, D & de Loose, M. (2001) *Characterisation of the Roundup Ready soybean insert. European Food Research Technology, 213: 107-112.*

Monsanto (2002b) *Transcript Analysis of the Sequence Flanking the 3' End of the Functional Insert in Roundup Ready Soybean Event 40-3-2.*

[4] A. Rang, B. Linke, B. Jansen. 2004. *Detection of*

RNA variants transcribed from the transgene in Roundup Ready Soybean. *Eur. Food Res. Technol.* 220: 438-443.

[5] A. Wilson, J. Latham, R. Steinbrecher. 2004. *Genome Scrambling - Myth or Reality? Transformation-Induced Mutations in Transgenic Crop Plants. Econexus Technical Report.*

Ver también: ISIS, *Unstable Transgenic Lines Illegal*, Nota informativa. 03.12.03. Government of Norway. Op. cit. pp. 18-20.

[6] Coghlan, A. (1999) *Splitting headache. Monsanto's modified soya beans are cracking up in the heat. New Scientist*, 20 Nov. 1999.

[7] Saxena D. Y Stotzky G. 2001. *Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. American Journal of Botany* 88:1704-1706.

[8] Finnegan J. y McElroy D. 1994. *Transgene inactivation: plants fight back!. Bio/Technology* 12:883-88.

[9] Nadia S., Al-Kaff et al. 2000. *Plants Rendered Herbicide-Susceptible by Cauliflower Mosaic Virus-Elicited Supresión of a 35S Promoter-Regulated Transgene. Nature Biotechnology. Vol 18, pp. 995-999.*

[10] Union of Concerned Scientists. *Unexpected boll drop in glyphosate-resistant cotton. The Gene Exchange. Fall 1997.*

Efectos sobre la salud humana

Toxicidad

Las plantas tienen mecanismos naturales de defensa. Uno de estos mecanismos es la producción de toxinas que las protegen de determinadas enfermedades y de los herbívoros. La manipulación genética puede inducir la producción de dosis mayores de estas sustancias tóxicas, su presencia en el fruto o en partes de la planta donde antes no se producían, o la aparición de compuestos totalmente nuevos dañinos para la salud [1].

También puede provocar otras alteraciones en la composición de los alimentos, con efectos desconocidos para la salud humana. La transformación de cultivos mediante ingeniería genética puede, por ejemplo, potenciar la producción de sustancias que son saludables cuando se consumen en pequeñas cantidades, como algunas vitaminas y minerales, pero que pueden tener efectos tóxicos en dosis mayores a las habituales. En la soja resistente al Roundup, por ejemplo, se han detectado alteraciones del nivel de fitoestrógenos producidos por la planta, cuyo efecto se desconoce y que no se tuvieron en cuenta en la evaluación de seguridad requerida en el proceso de autorización [2]. También puede darse una pérdida de las cualidades nutritivas de un alimento, al disminuir determinados compuestos o aparecer sustancias antinutrientes, que impiden su correcta asimilación.

En varios estudios de toxicidad se han detectado trastornos en los animales alimentados con OMGs. En ensayos realizados con ratas a las que se alimentó con tomates transgénicos Flavr Savr -el primer tomate transgénico autorizado en EE UU-, varios animales presentaban principio de úlcera en el revestimiento del estómago. El proceso de autorización de este tomate, sin embargo, siguió su curso sin que se verificara la causa de esta anomalía, que la empresa Calgene -promotora del tomate- nunca llegó a explicar adecuadamente, según un memorando interno del departamento de salud estadounidense en el que se cuestiona la validez de las conclusiones del estudio de riesgos presentado por dicha empresa [3]. En uno de los primeros ensayos independientes realizados con ratas alimentadas con patatas insecticidas Bt se observaron alteraciones significativas del revestimiento del intestino delgado al cabo de 14 días de dieta transgénica [4]. Otro estudio llevado a cabo en Escocia con patatas MG insecticidas (en este caso transformadas para la producción de otra proteína

insecticida del grupo de las lectinas, presentes en muchos seres vivos) reveló trastornos similares en el intestino de las ratas a los 10 días de dieta, observándose también problemas en el crecimiento de los animales y en el desarrollo de sus órganos vitales, así como trastornos inmunológicos [5]. Otra investigación realizada en Italia revelaba alteraciones morfológicas significativas -sin causa aparente- en las células del hígado de ratones alimentados con soja transgénica [6]. Más recientemente, el comité científico del gobierno francés se pronunciaba en contra de la aprobación de un maíz autorizado por la Comisión Europea en Octubre 2004, por considerar que las anomalías aparecidas en los estudios toxicológicos eran muy preocupantes y que no se encontraba "en situación de concluir la inexistencia de riesgos para la salud animal". La documentación sometida a consideración de dicho comité científico -que Monsanto se negó a hacer pública alegando secreto comercial- revelaba daños en los riñones y en las células sanguíneas de ratones que habían consumido el maíz transgénico [7]. Estas alteraciones nunca han llegado a investigarse a fondo, sin embargo, se han intentado silenciar.

[1] Royal Society of Canada. *Op. cit.*. Capítulo 4. pp. 46-47

European Commission. *Op. cit.* pp. 15-16

Putzai A. et al. 2003. *Genetically modified foods: potential human health effects. Food Safety: Contaminants and toxins* (ed. JPF D'Mello). pp. 347-372. CAB International, Wallingford Oxon UK.

[2] Lappe, M.A. Bailey, E.B., Childress, C. & Stechell, K.D.R. (1998/1999), Alterations in Clinically Important Phytoestrogens in Genetically Modified Herbicide-Tolerant Soybeans, *Journal of Medicinal Food*, 1:241-245.

[3] Hines, F.A. 1993. *Flavr Savr Tomato (Pathology Review PR-152; FDA Number FMF-000526); Pathology Branch's Evaluation of Rats with Stomach Lesions from Three Four-Weeks Oral (Gavage) Toxicity Studies (IRDC Study Nos. 677-002, 677-004 and 677-005) and an Expert Panel's Report. Memo to Linda Kahl, Biotechnology Policy Branch, June 16, 1993*

[4] Fares NH, El-Sayed AK. 1998. *Fine structural changes in the ileum of mice fed on delta-endotoxin-treated potatoes and transgenic potatoes. Natural Toxins* 6, 219-233.

[5] Ewen S. y Pusztai A. 1999. *Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine. The Lancet* 1999, 354, 1353-4.

[6] Malatesta M, Caporaloni C, Gavaudan S, Rocchi MBL, Serafini S, Tiberi C, y Gazzanelli G. 2002. *Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analysis of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. Cell Structure and Function* 27: 173-180 (2002)

[7] Rosa M. Tristán. *Polémica por un estudio sobre el riesgo potencial de los transgénicos para la salud. El Mundo*. 24.05.2005

Alergias

Los cultivos transgénicos pueden introducir en los alimentos nuevos compuestos que produzcan alergias. Cuando se transfiere a una planta ADN de una especie con propiedades alergénicas, existe un riesgo de que el consumo de la variedad transgénica provoque reacciones alérgicas. Un ejemplo muy citado es el caso de la transferencia a la soja de un gen de la nuez de Brasil, cuyas propiedades alergénicas son conocidas; con el gen extraño se trasladaron a la soja transgénica las propiedades alergénicas de la nuez de Brasil [1]. En este caso el problema era previsible, puesto que se sabía que algunas personas eran alérgicas a dicho fruto.

Lo grave, sin embargo, es que también pueden producirse reacciones alérgicas a nuevas proteínas procedentes de una especie que no tenga un historial de efectos alergénicos. Hay que tener en cuenta que se están introduciendo en los alimentos proteínas derivadas de bacterias, de virus, de insectos, de ratones y de multitud de otras especies que nunca han formado parte de la alimentación humana. La inmensa mayoría de los alérgenos alimentarios conocidos son proteínas con características peculiares, como estructura molecular muy grande, relativa estabilidad al calor y solubilidad en el agua. En un estudio realizado en Holanda, los investigadores descubrieron que 22 de las 33 proteínas procedentes de cultivos MG analizadas contenían secuencias de ADN idénticas a las presentes en alérgenos conocidos [2]. Pero hay compuestos alergénicos que no encajan en esta descripción, y no se dispone de ninguna técnica que permita descubrir a priori sus propiedades alergénicas [3].

La aparición de alergias por exposición a nuevos compuestos alimentarios puede tardar años en desarrollarse, y más aún en detectarse, siendo difícil la identificación de la sustancia alergénica [4]. Por otra parte, en la Unión Europea hasta 2004 unas normas de etiquetado inadecuadas han impedido realizar un seguimiento de los efectos de los OMG sobre la salud, mientras que en EEUU la absoluta falta de información al consumidor difícilmente permitiría verificar posibles propiedades alergénicas en los alimentos transgénicos [5]. Es significativo, sin embargo, que en los últimos años las alergias en Estados Unidos se hayan disparado, mientras que en el Reino Unido aumentaron un 50% coincidiendo con la importación de soja transgénica, aunque no se ha podido comprobar una relación directa de este incremento -al que seguramente contribuye el dete-

rioro generalizado de la alimentación y de la calidad de vida- con el consumo de alimentos manipulados genéticamente [6].

La existencia de cultivos transgénicos en el entorno también puede originar problemas de alergias (al polen, etc.). En Filipinas la población de una zona en la que se cultivaban variedades transgénicas insecticidas ha desarrollado una misteriosa enfermedad alérgica que se piensa puede estar asociada a estos cultivos [7]. De hecho, está demostrado que los compuestos insecticidas producidos de forma natural por la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), fabricados ahora en versión transgénica por las plantas en millones de hectáreas de cultivos, pueden ser alergénicos para los seres humanos [8]. Una de las toxinas Bt de los cultivos insecticidas transgénicos es un inmunógeno sistémico y de las mucosas tan potente como la toxina del cólera [9].

[1] Nordlee J A, Taylor S L, Townsend

[2] Kleter GA y Peijnenburg Ad ACM. 2002. Screening of transgenic proteins expressed in transgenic food crops for the presence of short amino acid sequences identical to potential IgE-binding linear epitopes of allergens. *BMC Structural Biology* 2002, 2:8.

[3] Bindslev-Jensen C y Poulsen LK. 1997. Hazards of unintentional/intentional introduction of allergens into foods. *Allergy* 1997, 52, 1184-6.

Helm RM y Burks AW. 2000. Mechanisms of food allergy. *Current Opinion in Immunology* 2000., 12, 647-53.

Ver también: Royal Society of Canada. Op. cit. pp. 60-61.

[4] Bernstein et al. 2003. Clinical and Laboratory Investigation of Allergy to Genetically Modified Foods. *Genetically Modified Foods, Mini-Monograph, Volumen 111, No. 8, June 2003. Citado en Government of Norway (2004), pg. 23.*

FAO/WHO. 2000. Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plant Origin. Report of Joint

FAO/WHO Expert Consultation on foods derived from biotechnology. May 19-June 2. Geneva. World Health Organisation. Citado en: Royal Society of Canada 2001. pp. 61

[5] Bereano Phil y Peacock E. 2004. To eat or not to eat? An obscure UN agency tries to provide an

answer. Seedling. GRAIN Abril 2004.

[6] York Nutritional Laboratory, citado en the Express, 12.3.99.

[7] "Maize allergy raises hackle". New Scientist. Issue 2437. 6 March 2004.

Traavik, T. & Smith J. Bt-maize (corn) during pollination, may trigger disease in people living near the cornfield. 24 febrero 2004

T. Traavik. The Cartagena Protocol, the Precautionary Principle, "sound science" and "early warnings". Norwegian Institute for Gene Ecology, report march 2003.

[8] Bernstein I L, Bernstein J A, Miller S et al. 1999. Immune responses in farm workers after exposure to *Bacillus thuringiensis* pesticides. *Environmental Health Perspectives*. 107: 575-82.

Bernstein et al., 2003. "Clinical and Laboratory Investigation of Allergy to Genetically Modified Foods". *Genetically Modified Foods, Mini-Monograph, Volume 111, No. 8, June 2003*

Kleter, G.A. and Peijnenburg, AACM. 2002. Screening of transgenic proteins expressed in transgenic food crops for the presence of short amino acid sequences identical to potential IgE-binding linear epitopes of allergens. *BMC Structural Biology* 2:8

[9] Vázquez-Padrón RI, Moreno-Fierros L, Neri-Bazán L, de la Riva G. Y López-Revilla R. 1999. Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* induce systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sciences*, 64, 1897-1912.

Resistencias a los antibióticos

La mayor parte de los cultivos MG que se comercializan actualmente llevan genes marcadores de resistencia a los antibióticos, empleados en el proceso de manipulación genética. Se ha demostrado que el ADN y las proteínas pueden resistir el proceso de digestión, permaneciendo intactos en el estómago de los mamíferos, donde conviven con multitud de bacterias, pasando incluso al torrente sanguíneo y a otros órganos del cuerpo [1]. La ingestión de alimentos transgénicos que contienen la enzima que degrada el antibiótico pudiera, en consecuencia, anular la eficacia de un medicamento consumido con la comida. Más preocupante aún es la posibilidad de que los genes marcadores pasen de los alimentos a bacterias presentes en el estómago y en el intestino de las personas (y del ganado), que desarrollarían resistencia a antibióticos valiosos en medicina. Se ha comprobado experimentalmente que la posibilidad de transferencia de genes de alimentos transgénicos a bacterias gastrointestinales, que se decía era altamente improbable, no solo ocurre, sino que se da con una frecuencia mayor de la esperada [2]. Como consecuencia de esta transferencia, podrían perder su eficacia tratamientos médicos actuales de considerable importancia en la lucha contra enfermedades infecciosas [3].

La resistencia a los antibióticos es también preocupante en el caso de cultivos destinados a pienso para animales domésticos, actualmente la mayor parte de los OMG.

Parte del ADN contenido en los alimentos se degrada durante el proceso de elaboración o cocinado, pero el resto es ingerido intacto. Durante la digestión la mayor parte del ADN consumido se hidroliza. Sin embargo, Netherwood et al. han demostrado la presencia de ADN transgénico intacto en el intestino delgado, que puede ser incorporado a bacterias en este medio.

Se ha demostrado también que el ADN puede pasar de los residuos vegetales de los cultivos a bacterias del suelo [4], aumentando de forma alarmante la posibilidad de propagación de resistencia a los antibióticos en los miles de hectáreas de OMG cultivados.

Las variedades de maíz insecticida cultivadas en España desde 1998 hasta 2005 llevaban un gen de resistencia a la ampicilina en todas las células de la planta, y constituyen un importante riesgo para la salud pública. Diversas asociaciones médicas e instituciones internacionales han recomendado reiteradamente la retirada de este tipo de cultivos transgénicos [5]. En

abril 2004 la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria dictaminó asimismo la retirada del mercado de estas variedades, que en España debían haberse eliminado a partir de enero 2005 (y no en julio 2005, permitiendo otro año de cultivo), tras más de seis años de cultivo de este maíz transgénico en más de 20.000 hectáreas [6].

[1] Mercer D, Scott K, Bruce-Johnson A, Glover L y Flint H. 1999. Fate of free DNA and transformation of the oral bacterium *Streptococcus gordonii* DL1 by plasmid DNA in human saliva. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 65, no. 1, pp.6-10.

Schubert et al. 1994. Ingested foreign (phage M13) DNA survives transiently in the gastrointestinal tract and enters the bloodstream of mice. *Mol Gen Genet.* 242(5):495-504.

Schubert, R., D. Renz, B. Schmitz, W. Doerfler. 1997. Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen and liver via intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94: 961-966.

Hohlweg y Doerfler. 2001. On the fate of plants or other foreign genes upon the uptake in food or after intramuscular injection in mice. *Mol Gen Genomics* 265: 225-233.

Einspanier et al. 2001. The fate of forage plant DNA in farm animals; a collaborative case-study investigating cattle and chicken fed recombinant plant material. *Eur Food Res Technol.* 212:129-134

Palka-Santani et al. 2003. „The gastrointestinal tract as the portal of entry for foreign macromolecules: fate of DNA and proteins“. *Mol Gen Genomics.* 270:201-215.

Chowdhury EH, Kuribara H, Hino A, Sultana P, Mikami O, Shimada N, Guruge KS, Saito M, Nakajima Y. 2003. Detection of corn intrinsic and recombinant DNA fragments and CryIAb protein in the gastrointestinal contents of pigs fed genetically modified corn Bt11. *Journal of Animal Science*, 81, 2546-51.

[2] British Food Safety Standards (FSA). 2002. *Evaluating the risk associated with using GMOs in human foods.* FSA report. Pg. 22-27.

Netherwood et al., 2004. "Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human

gastrointestinal tract." *Nature Biotechnology*, Volume 22, No. 2.

Heritage, J. 2004 - *The fate of transgenes in the human gut - Nature Biotechnology* 22 (2): 170-172

[3] Courvalin P. 1998. *Plantes Transgeniques et antibiotiques. Les OGMs risquent-ils d'aggraver le problème crucial de la résistance bacterienne?* *La Recherche* 309. Mai 1998.

[4] Sengelov G., Kowalchuk G.A, Sorensen S.J. 2000. Influence of fungal-bacterial interactions on bacterial conjugation in the residuesphere. *FEMS Microbiol. Ecol.* 31_ 39-45.

[5] British Medical Association Board of Science and Education. 1999. *The Impact of Genetic Modification on Agriculture, Food and Health - An Interim Statement.*

Royal Society Canada. Op. cit.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2000. *GM Food Safety: Facts, Uncertainties, and Assessment.* The OECD Edinburgh Conference on the Scientific and Health Aspects of Genetically Modified Foods; 28 Feb.-1 March 2000. Chairman's Report.

WHO 2000. *Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology.* Food and Agricultural Organization of the United Nations/ World Health Organization. Ow, D., Topic 12: Marker Genes.

[6] Agencia de Seguridad Alimentaria Española. "La EFSA apuesta por una evaluación rigurosa de la resistencia a antibióticos en los OGM". *Comunicado de la Agencia de Seguridad alimentaria de 23.04.2004*

Recombinación de virus y bacterias

La profusa utilización en ingeniería genética de virus, de bacterias y de plásmidos bacterianos, todos ellos con una gran capacidad de recombinación y de intercambio de material genético con otros microorganismos, y diseñados para atravesar las barreras de las especies, constituye una auténtica bomba de relojería, pudiendo contribuir a la creación de nuevas enfermedades con enormes riesgos para la salud humana [1].

La seguridad del promotor más utilizado en ingeniería genética (procedente del virus de mosaico de la coliflor) ha sido también cuestionada en diversas publicaciones, que señalan que su inestabilidad y características estructurales aumentan el riesgo de que se incorpore a otro material genético (recombinándose y reactivando virus dormidos, por ejemplo), dando lugar a nuevos patógenos más virulentos y con gran capacidad de infección [2].

Residuos tóxicos en los alimentos

Es evidente que el aumento en el uso de herbicidas asociado a los cultivos transgénicos contribuirá a incrementar en los alimentos los residuos de este tipo de productos, que se sabe tienen efectos dañinos para la salud. Según un estudio realizado en Australia, la soja resistente al herbicida Roundup contiene un nivel de residuos de glifosato, el componente activo de este herbicida, hasta 200 veces mayor que la soja convencional [3].

Los principales compuestos herbicidas asociados a los cultivos transgénicos son el glufosinato de amonio y el glifosato [4].

El glufosinato de amonio está asociado a casos de toxicidad neurológica, respiratoria, gastrointestinal y hematológica, así como a defectos congénitos en seres humanos y mamíferos. Es tóxico para las mariposas y numerosos insectos beneficiosos, así como para las larvas de almejas, las ostras, la Daphnia (mosca de agua) y algunos peces de agua dulce, especialmente la trucha arco iris. Afecta negativamente a bacterias y hongos beneficiosos para el suelo por su capacidad de fijación del nitrógeno. Se ha descubierto además que algunas especies consideradas plaga para los cultivos son muy resistentes al glufosinato, mientras que sus enemigos naturales son muy vulnerables a este compuesto, lo cual puede tener efectos catastróficos para la agricultura. La acción del glufosinato en las plantas provoca la acumulación de un nuevo metabolito, cuyos efectos en la cadena alimentaria no se han

tenido en cuenta, aunque se sabe que los mamíferos pueden regenerar a partir de este compuesto el herbicida tóxico, que puede tener efectos neurológicos y graves repercusiones en la salud.

El glifosato mata a las plantas inhibiendo la actividad de una enzima fundamental para la síntesis de aminoácidos importantes para la planta, y es la causa más frecuente de reclamaciones y casos de envenenamiento en el Reino Unido. Se han registrado trastornos de numerosas funciones fisiológicas después de una exposición a este producto a niveles de uso normales. En los estudios realizados se detectó que la exposición al glifosato casi duplicaba el riesgo de aborto espontáneo, y que los hijos de quienes trabajan con glifosato presentaban un elevado índice de trastornos neurológicos y de comportamiento. El glifosato es un agente genotóxico en mamíferos, peces y sapos, por lo que su utilización cerca de los cauces fluviales está prohibida en algunos países. En las lomerías la exposición a las dosis de glifosato aplicadas habitualmente en el campo provocó una mortandad de más del 50% y lesiones intestinales importantes en los individuos que sobrevivieron al tratamiento. El Roundup, herbicida de Monsanto cuyas ventas se han disparado con la introducción de los cultivos resistentes y cuyo principal compuesto activo es el glifosato, provoca disfunciones en la división celular, que podrían estar asociadas con algunos tipos de cáncer en seres humanos.

[1] Grupo de Ciencia Independiente. 2003. *Defensa de un Mundo Sustentable sin Transgénicos. Red del Tercer Mundo. Capítulo 8.*

Ho MW, Traavik T, Olsvik O, Tappeser B, Vyvyan H, von Weizsacker C y McGavin GC. 1998. *Gene Technology and Gene Ecology of Infectious Diseases. Microbial Ecology in Health and Disease. 10: 33-59*

[2] Ho MW, Ryan A y Cummins J. 1999. *Cauliflower mosaic viral promoter - A recipe for disaster? Microbial Ecology in Health and Disease, 11, 194-7.*

Grupo de Ciencia Independiente. *Op. cit. Capítulo 9. y pg. 33.*

Ver también: *Government of Norway. Op. cit. pg. 26.*

[3] Silvia Ribeiro. *Transgénicos: un asalto a la salud y al medio ambiente. Biodiversidad en América Latina. Abril 2000*

[4] FUENTE: Grupo de Científicos Independientes. *En defensa de un mundo sustentable sin transgénicos*

6. EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

En lo que se refiere al medio ambiente, los OMG pueden tener efectos dañinos por las mismas razones citadas en relación con la salud. La toxicidad es una amenaza para la biodiversidad y la vida silvestre, de la misma manera que lo es para el ser humano. Los potenciales impactos negativos sobre el medio ambiente incluirían, además, los siguientes:

Contaminación genética

Numerosos estudios han puesto en evidencia que es prácticamente imposible impedir la dispersión del polen de los cultivos transgénicos, evitando totalmente la polinización no deseada de otros cultivos y la contaminación de ecosistemas. En determinadas condiciones climáticas, el polen puede elevarse a gran altura y viajar a grandes distancias, polinizando campos muy distantes.

A pesar de que los cultivos transgénicos ocupan un porcentaje todavía pequeño de la superficie agrícola mundial, han producido ya una alarmante contaminación de los campos, de las semillas e incluso de algunos bancos de germoplasma, convirtiéndose en un problema preocupante. La primera denuncia de contaminación transgénica importante se dio a conocer en noviembre 2001, al descubrirse en zonas remotas de México la existencia de variedades de maíz nativo contaminadas [1]. Este caso es especialmente grave por tratarse del centro de origen y diversidad del maíz, dado que la contaminación genética puede desestabilizar las variedades locales, poniendo en peligro la seguridad alimentaria [2]. Una recopilación de testimonios de agricultores norteamericanos publicada en 2002 ponía en evidencia una contaminación muy extendida y preocupante en EEUU y Canadá [3]. En 2004 un nuevo estudio revelaba que entre el 50% y el 85% de las semillas de variedades convencionales de maíz vendidas en EEUU el año anterior estaban contaminadas por ADN transgénico, habiéndose contaminado también algunos bancos de semillas [4]. También en España se han detectado varios casos de contaminación genética de cultivos ecológicos por maíz transgénico [5].

[1] D. Quist, I. Chapela. *Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico.*

[2] W. Wayt Gibbs. 2004. *El nacimiento de la epigenética. Investigación y Ciencia. Abril 2004 pp. 16-23.*

[3] "Seeds of Doubt: North American Farmers experiences of GM crops". *The Soil Association 17 Sept. 2002.*

[4] Margaret Mellon & Jane Rissler. "Gone to Seed. *Transgenic Contaminants in the Traditional Seed Supply*". *Union of Concerned Scientists, Feb. 2004.*

[5] Amigos de la Tierra, COAG, Ecologistas en Acción y Greenpeace. *Coexistencia de los cultivos modificados genéticamente, convencionales y ecológicos. Una crítica al borrador de Orden Ministerial por la que se dispone la publicación de las recomendaciones sobre coexistencia de los cultivos modificados genéticamente, convencionales y ecológicos. Marzo de 2004.*

Plantas invasoras

Es sabido que un 10% de las especies exóticas que el hombre ha introducido en el entorno han causado importantes problemas, y en algunos casos auténticos desastres ecológicos [1]. En el caso de los cultivos manipulados genéticamente, carecemos de información sobre su comportamiento e interacción con otras especies en el medio ambiente [2]. Se ha comprobado, sin embargo, que los rasgos transgénicos pueden saltar con relativa facilidad a otros cultivos y a especies silvestres, diseminándose en el medio con consecuencias completamente imprevisibles. La posibilidad de una rápida propagación de los caracteres transgénicos a especies silvestres y su persistencia ha sido comprobada en diversos estudios realizados a lo largo de los últimos años [3]. En una experiencia llevada a cabo en Francia se demostró la transferencia del rasgo transgénico (de resistencia a un herbicida) de una variedad de colza a parientes silvestres y su persistencia después de 4 generaciones [4]. Es más, en ensayos realizados con *Arabidopsis thaliana* se ha observado que la probabilidad de transmisión de resistencia a un herbicida a parientes silvestres era 20 veces superior en el caso de variedades MG que cuando este carácter había sido inducido en las plantas por mutagénesis convencional, lo que sugiere que los transgenes tienen una propensión mayor a escapar [5].

En general, los rasgos de las plantas cultivadas no suponen ventaja alguna para sobrevivir en el entorno. Sin embargo, algunos genes incorporados a los cultivos mediante ingeniería genética pueden tener un interés considerable desde el punto de vista competitivo [6]. En un ensayo realizado en parcelas sembradas con colza Bt asilvestradas para observar su evolución, por ejemplo, se comprobó que el carácter insecticida confería a la colza una ventaja que favorecía su competencia con la vegetación espontánea circundante [7]. En EE UU se ha demostrado que los cultivos de girasol Bt se cruzan con parientes silvestres, muy comunes en algunas regiones, transfiriendo la característica insecticida. El híbrido Bt resultante no sólo está mejor dotado para sobrevivir en la Naturaleza, sino que se ha observado que produce su producción de semillas es un 55% mayor, lo que favorece su expansión [8]. Este tipo de variedades transgénicas silvestres puede desplazar a otras especies, provocando una pérdida de biodiversidad y daños difícilmente previsibles. La evolución de resistencia a los herbicidas en las malas hierbas asociadas a los cultivos transgénicos puede también resultar una ventaja competitiva,

ocasionando el desplazamiento de otras especies y afectando negativamente a la biodiversidad de los agroecosistemas [9].

Especialmente preocupante es la introducción en un futuro de variedades transgénicas de cultivos como el arroz, que se cruza con relativa facilidad con parientes silvestres, en regiones donde puede contaminar a las variedades locales y escapar a la Naturaleza, afectando a humedales y otros ecosistemas muy frágiles y de enorme interés y productividad biológica [10].

[1] Regal PJ, Klug M, Sayler G, Shapiro J, Tiedje J. 1989. *Basic Research Needs in Microbial Ecology for the Era of Genetic Engineering*. National Science Foundation. FMN Publishing. Santa Bárbara, CA 93105.

[2] Wolfenbarger LI y Phifer PR. 2000. *The ecological risks and benefits of genetically engineered plants*. *Science*. Vol. 290: 2088-2093

[3] Jorgensen R.B y Andersen B. 1994. *Spontaneous hybridization between oilseed rape (*Brassica napus*) and weedy *B. campestris* (*Brassicaceae*): a risk of growing genetically modified oilseed rape*. *American Journal of Botany* 81 (12) 1994.

Stewart CN Jr, Halfhill MD y Warwick SI. 2003. *Review: Transgene introgression from genetically modified crops to their wild relatives - Nature*. October 2003. Volume 4. pg. 806. Haygood R, Ives AR y Andow DA. 2003. *Consequences of recurrent gene flow from crops to wild relatives*. *Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 270: 1879-1886. *Modified crops could corrupt weedy cousins*. *New Scientist*, 15 July 2000 p. 6

[4] Chevre AM, Eber F, Baranger A, Renard M. 1997. *Gene flow from transgenic crops*. *Nature* 389:924. Citado en: *Call for a Spin Doctor - excerpt*. *New Scientist*, November 1, 1997.

[5] Bergelson J, Purrington CB y Wichmann G. 1998. *Promiscuity in transgenic plants*. *Nature* 1998, 395, 25.

[6] Ver Royal Society. *Op. cit.* Capítulo 6. pp 121-129.

[7] Stewart, C.N. Jr., J.N. All, P.L. Raymer, S. Ramachandran. 1997. *Increased fitness of transgenic insecticidal rapeseed under insect selection pressure*. *Mol. Ecol.* 6:773-79.

[8] Snow, A.A., D. Pilson, L.H. Rieseberg, M.J. Paulsen, N. Pleskac, M.R. Reagon, D.E. Wolf, y S.M. Selbo, 2003. *A Bt transgene reduces herbivory and enhances fecundity in wild sunflowers*. *Ecological*

Applications 13: 279-86.

[9] Owen MDK y Zelaya IA. 2005. *Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. Pest Manag. Sci.* 61: 301-311.

Royal Society Canada. *Op. cit.* Capítulo 6. pp 121-129.

[10] Langevin SA, Clay K, Grace J. 1990. *The incidence and effects of hybridisation between cultivated rice and its related weed rice. Evolution* 44: 1000-08.

Pérdida de especies

En gran parte del mundo, donde la agricultura ha transformado profundamente los ecosistemas desde hace milenios, la vida silvestre depende del paisaje agrícola. Los cultivos transgénicos pueden tener un importante impacto en Naturaleza, directo -por sus características- o indirecto -por el cambio de prácticas agrícolas que conllevan-.

El aumento de herbicidas perjudica a la flora y la fauna silvestre

Más del 80% de los cultivos manipulados genéticamente son tolerantes a herbicidas totales, que envenenan el medio y eliminan la vegetación que sirve de refugio y de alimento a insectos, aves y multitud de especies silvestres en campos y linderos [1]. El estudio comparativo más amplio sobre el impacto de este tipo de cultivos realizado hasta la fecha, encargado por el gobierno británico en 1999 y publicado en 2003, llegaba a la conclusión de que los cultivos convencionales albergaban mayor número y variedad de plantas, insectos y otras especies silvestres que los cultivos MG resistentes a herbicidas [2]. Los únicos resultados de este estudio que presentaban datos aparentemente más favorables a los cultivos transgénicos comparaban una variedad resistente al glufosinato con campos de maíz tratados con atrazina, un herbicida muy potente actualmente prohibido en Europa, lo cual invalida su valor demostrativo. La segunda fase de este trabajo, publicada en 2005, concluía asimismo que la utilización de herbicidas de amplio espectro en cultivos MG tenía un importante impacto en la flora de los campos cultivados y entorno, propiciando una mayor presencia de monocotiledóneas (hierbas de hoja estrecha) y una considerable disminución de las dicotiledóneas (de hoja ancha) y de semillas que sirven de alimento a multitud de aves, y originando una reducción significativa de la población de abejas (reducida a la mitad) y de mariposas (a las dos terceras partes) [3].

En Estados Unidos la introducción de cultivos transgénicos resistentes a los herbicidas a partir de 1996 ha llevado a un aumento de entre el 5 y el 10 por ciento del uso de herbicidas (calculado en términos de ingredientes activos por hectárea), que en 2003 suponía un incremento total de 62 millones de kilos [4]. El cultivo de soja resistente a los herbicidas en este país puede estar afectando a especies protegidas, como la mariposa monarca, cuyas larvas se desarrollan en una maleza asociada a estos cultivos [5]. En Argentina la cantidad de herbicida empleada en

los cultivos GM se estima que es el doble de la aplicada en agricultura convencional, calculándose que la expansión de la soja transgénica a partir de 1997 ha multiplicado por más de 10 el volumen de glifosato utilizado en el país [6]. El monocultivo intensivo de soja MG en Argentina está desplazando a cultivos tradicionales menos intensivos y mejor adaptados al medio, provocando un gravísimo deterioro de los ecosistemas y de los suelos y amenazando gran parte del país con una desertización acelerada [7]. La expansión de este cultivo amenaza asimismo extensas zonas de incalculable valor ecológico y la seguridad alimentaria de otros países del Sur, como Brasil.

Los cultivos transgénicos insecticidas dañan a especies beneficiosas

La práctica totalidad del resto de la superficie mundial de transgénicos la ocupan los cultivos insecticidas. Casi todos estos cultivos llevan incorporado un gen procedente de una bacteria del suelo, el *Bacillus thuringiensis*, que produce una toxina insecticida natural, muy utilizada en agricultura ecológica aunque de forma puntual y controlada. La siembra de millones de hectáreas con variedades que producen un compuesto insecticida en todas las partes de la planta y durante todo el ciclo de cultivo, sin embargo, constituye una amenaza para especies beneficiosas.

Una de las razones por las que las variedades Bt pueden afectar a especies beneficiosas, y no sólo a los insectos plaga que se pretende combatir, es que en las variedades transgénicas se ha introducido un fragmento del gen que codifica la proteína insecticida en el *Bacillus thuringiensis*, en lugar de la secuencia genética completa. Como consecuencia, la toxina Bt presente en las variedades transgénicas puede ser asimilada directamente a través de la membrana estomacal de los insectos, a diferencia de la proteína Bt natural, que para ser activada requiere la presencia de determinadas enzimas, existentes sólo en el estómago de algunas especies, comportándose por tanto de forma mucho más selectiva [8]. Esta diferencia entre las repercusiones en el medio ambiente de una toxina inactiva y la presencia de una toxina activa de forma permanente no parece haber sido tenida en cuenta en la evaluación de riesgos.

Los cultivos Bt pueden afectar a las poblaciones de insectos de forma significativa, con las consiguientes repercusiones para otras especies que se alimentan o que dependen de ellos [9]. Se ha observado, por ejemplo, que la población de artrópodos voladores disminuye considerablemente en campos de maíz

Bt [10].

Se ha comprobado también que los cultivos Bt afectan a algunas especies que se alimentan de las plagas y que contribuyen a su control. En un estudio realizado en Suiza se detectó que la mortalidad de determinadas especies, como el crisopo (*Chrysoperla carnea*), aumentaba cuando se alimentaban de larvas de insecto criadas en plantas Bt [11]. En otro ensayo experimental en el que se alimentó con áfidos criados en una patata transgénica insecticida a su predador natural, una mariquita, los resultados fueron igualmente dañinos, comprobándose una elevada mortandad de las mariquitas así como puestas infértiles [12]. Esta disminución de la población de enemigos naturales puede generar considerables desequilibrios ecológicos, además de provocar un aumento en las plagas y agravar los problemas de manejo de los cultivos [13].

También se ha demostrado que los cultivos Bt afectan a poblaciones de insectos beneficiosos [14] y a algunas especies amenazadas, como la mariposa monarca (*Danaus plexippus*). Los primeros datos de que las variedades Bt afectaban a esta especie protegida, aparecidos 4 años después de su introducción comercial en EE UU, levantaron una gran controversia que puso en evidencia la falta de estudios rigurosos de evaluación del impacto ambiental del cultivo a gran escala de las variedades MG. Los resultados del primer ensayo de laboratorio, en el que se había comprobado una mortandad elevada de larvas de mariposa en hojas de lechetezna -una mala hierba donde la mariposa habitualmente hace la puesta- espolvoreadas con polen de maíz Bt, fueron corroborados posteriormente por experiencias de campo [15]. La toxicidad del maíz Bt parece variar considerablemente, no obstante, habiéndose demostrado una elevada toxicidad únicamente para las variedades Bt176. Estas variedades producen un insecticida muy potente, causando una mortandad elevada en algunas mariposas y afectando a otros insectos, y fueron retiradas del mercado en EE UU a partir de 2001 [16]. En España, por el contrario, su cultivo se autorizó en 1998 y no sólo han seguido utilizándose desde entonces sino que en 2003 se autorizaron otras 5 variedades del mismo tipo. Algunos estudios sugieren, sin embargo, que la concentración de la toxina Bt es mucho mayor en algunos tejidos vegetales, como las anteras, que en el polen por lo que no se puede descartar la toxicidad de otras variedades insecticidas [17].

Es preciso destacar, además, que en el caso de algunos insectos considerados plaga, como el barrenador

del maíz europeo, sólo un porcentaje pequeño de los cultivos se trataba con insecticidas antes de la introducción de los cultivos MG, lo que invalida la justificación de su necesidad [18].

Por otra parte, la información aportada por los estudios realizados hasta la fecha, en su mayoría centrados en investigar las repercusiones de los cultivos insecticidas en una o en varias especies a lo sumo y en parcelas experimentales de reducido tamaño, es muy limitada e insuficiente para una evaluación del impacto ecológico de los cultivos MG comerciales [19].

Se ha señalado también que la alteración de la síntesis de determinados compuestos volátiles por las plantas debido al proceso de manipulación genética puede modificar las señales que atraen o repelen a los insectos, con repercusiones difícilmente previsibles. La disminución de repelentes producidos por las plantas, por ejemplo, puede atraer a otros insectos considerados actualmente plagas secundarias, generando nuevos problemas y desequilibrios [20].

En un futuro, la introducción de farmacultivos para la producción de fármacos y de compuestos químicos destinados a la industria farmacéutica, y de cultivos diseñados para producir plásticos, lubricantes y otros compuestos industriales puede tener un impacto aún mayor sobre la vida silvestre [21].

[1] Watkinson, AR, Freckleton R.P, Robinson RA, Sutherland WJ. 2000. Predictions of biodiversity response to genetically modified herbicide-tolerant crops. *Science* 289: 1554-57. Citado en *Royal Society Canada Op. cit. Capítulo 6. pg. 129.*

[2] English Nature, UK. Press release: GM crop trial results confirm English Nature's concerns - 16/10/2003

The Farm Scale Evaluations of spring-sown genetically modified crops - A themed issue from The Royal Society Philosophical Transactions: Biological Sciences - Series B Volume 358 Issue 1439 29 November 2003

Effects on weed and invertebrate abundance and diversity of herbicide management in genetically modified herbicide-tolerant winter-sown oilseed rape. Proc. R. Soc. B .2005. 272, 463-474.

[3] Bohan D.A. 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 .2005. 272, 463-474.

[4] Benbrook C. 2002. *Economic and Environmental Impacts of First Generation Genetically Modified Crops: Lessons from the United States. International Institute for Sustainable Development Report. Nov. 2002.*

Benbrook, C. M. 2004. *Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years. BioTech InfoNet. Technical Paper Number 7.*

[5] B. Hartzler. 1999. *Monarch butterflies and herbicide resistant crops. Iowa State University. Chao Xiong. A Butterfly Mystery. Star Tribune. August 21 2004. En: Organic Consumers. Monsanto's GE Crops Likely Killing Off Monarch Butterflies*

[6] Benbrook C. 2002. *Economic and Environmental Impacts of First Generation Genetically Modified Crops: Lessons from the United States. International Institute for Sustainable Development Report. Nov. 2002.*

[7] Joensen L. y Semino S. 2004. *OMGs en Argentina ¿a qué precio?. Estudio de Caso del Impacto de la Soja Modificada Genéticamente del Grupo de Reflexión Rural de Argentina, publicado por Econexus y The GAIA Foundation. Octubre 2004.*

[8] Union of Concerned Scientists. *Buildup of active Bt toxins in soil. The Gene Exchange. Fall/Winter 1998.*

B. Tappeser. "The differences between conventional *Bacillus thuringiensis* strains and transgenic insect resistant plants". Informe para el Open-ended Working Group on biosafety, Okt. 13-17, 1997. Montreal, Canadá.

[9] Ver: Hagvar EB y Aasen S. 2004. *Possible effects of genetically modified plants on insects in the plant food web. Latvijas Entomologs, 41: 111-117 Royal Society Canada. Op. cit. Capítulo 6 pp. 139-145*

[10] Candolfi MP, Brown K, Grimm C, Reber B y Schimidli H. 2004. *A Faunistic Approach to Assess Potential Side-Effects of Genetically Modified Bt Corn on Non-Target arthropods Under Field Conditions. Biocontrol Science and Technology, March 2004, vol 14, no. 2, pp. 129-170 (42).*

[11] Hilbeck A, Baumgartner M, Fried PM, Bigler F. 1998a. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and developmental time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 27:480-487.

Hilbeck A., Moar MJ, Puzsai-Carey M, Filippini A, Bigler F. 1998b. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Cry I Ab toxin to the predator *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environ. Entomol.* 27: 1255-63

[12] Birch ANE, Geoghegan IE, Majerus MEN, McNicol JW, Hackett CA, Gatehouse MR y Gatehouse JA. 1999. Tritrophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Molecular Breeding* 5: 75-83.

[13] Van den Bosch, R. 1978. *The Pesticide Conspiracy*. New York: Doubleday.

[14] Suzanne J, Wold, Burkness EC, Hutchinson WD y Venette RC. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a bacillus thuringiensis toxin. *Journal Entomol. Sic.* Vol. 36, no. 2, 177-187.

Malone LA, Burgess EPJ, Gatehouse HS, Voisey CR, Tregidga EL, Philip BA. 2001. Effects of ingestion of a *Bacillus thuringiensis* toxin and a trypsin inhibitor on honey bee flight activity and longevity. *Apidologie*, 32 (1): 57-68 Picard-Nizou AL, Grison R, Olsen L, Pioche C, Arnold G, Pham-Delegue, MH. 1997. Impact of proteins used in plant genetic engineering: Toxicity and behavioral study in the honeybee. *Journal of Economic Entomology*, 90 (6): 1710-1716.

Ver también: Greenpeace. Environmental dangers of insect resistant Bt crops. *Greenpeace Briefing. Genetic Engineering Briefing Pack*. December 2002.

[15] Losey JE, Rayor LS y Carter M.E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399: 214. Hansen LC, Obrycki JJ. 2000. Field deposition of Bt transgenic corn pollen: lethal effects on the monarch. *Oecologia*. 125: 241-48.

[16] Wraight CL, Zangeri AR, Carroll MJ y Berenbaum MR. 2000. Absence of toxicity of Bt pollen to black swallowtails under field conditions. *Proceedings National Academy of Sciences USA*, Publicado en PNAS online June 2000.

Zangeri A.R., McKenna D, Wraight C.L., Carroll

M., Ficarello P., Warner R. y Berenbaum M.R. 2001. Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of the USA. Agricultural Sciences*. Vol. 98. no 21: 11908-11912.

Environmental Protection Agency (EPA). *Biotechnology Corn Approved for Continued Use*. Washington, Oct. 16. US. Newswire. Extractado en: *Current status of Bt Corn Hybrids (prepared by Phil Sloderbeck, Kansas State University)*.

[17] Obrycki JJ, Jesse LH, Oberhauser K y Losey J. 2001. Memorandum to EPA Office of Pesticide Programs concerning docket no. OPP-00678B. September 11. Citado en: *Union of Concerned Scientists. Environmental Effects of Genetically Modified Food Crops - Recent Experiences*.

[18] Obrycki JJ, Losey JE, Taylor OR, Jesse LCH. 2001. Transgenic insecticidal corn: beyond insecticidal toxicity to ecological complexity. *BioScience* 51: 353-361.

[19] Snow AA, Andow DA, Gepts P, Hallerman EM, Power A, Tiedje JM y Wolfenbarger LL. 2004. *Genetically engineered organisms and the environment: current status and recommendations*. *Ecological Society of América Position Paper*. 26 Feb. 2004

[20] Birch ANE, Geoghegan IE, Griffiths IE, McNicol JW. 2002. The effect of genetic transformation for pest resistance on foliar solanidine-based glycoalkaloids of potato (*solanum tuberosum*). *Annals of applied biology*, 140: 143-149.

[21] D. Andow, H. Daniell, P. Gepts, K. Lamkey, E. Nafziger y D. Strayer. 2003. *A Growing Concern. Protecting the Food Supply in an Era of Pharmaceutical and Industrial Crops*. *Union of Concerned Scientists*.

B. Freese, M. Hanse, D. Gurian-Sharma. 2004. *Pharmaceutical Rice in California. Potential risks to Consumers, the Environment and the Rice Industry*. Report produced by Friends of the Earth, the Center for Food Safety and the Consumers Union.

Tóxicos en suelo y aguas

El aumento en la utilización de herbicidas asociado a los cultivos transgénicos puede afectar a especies que realizan importantes funciones en la conservación de un suelo fértil. Se sabe, por ejemplo, que el Roundup (principal herbicida utilizado en las variedades transgénicas, cuyo componente principal es el glifosato) induce cambios en la comunidad microbiana de los suelos, pudiendo inhibir la asimilación de fósforo por las plantas e incrementar la vulnerabilidad de un cultivo a determinadas enfermedades. *Bradyrhizobium japonicum*, la bacteria que vive en simbiosis con la soja, formando nódulos en sus raíces y fijando nitrógeno en el suelo, es muy sensible al glifosato. Debido a ello la fumigación de cultivos MG con el herbicida dificulta la asimilación del nitrógeno por las plantas [1]. En EE UU se ha observado, además, que la utilización de crecientes cantidades de glifosato en la soja transgénica incrementa los problemas de colonización de las raíces por *Fusarium spp*, un hongo que produce grandes daños en las plantas y cuya presencia en los alimentos puede tener efectos nocivos para la salud humana, llegando a ser mortal en concentraciones elevadas [2]. En Argentina la utilización de grandes cantidades de glifosato asociada al cultivo de soja transgénica está afectando ya el equilibrio natural y la vida microbiana del suelo, originando problemas en la descomposición de la materia orgánica, y amenaza la biodiversidad y el futuro productivo de extensas comarcas [3]. En Canadá se ha comprobado asimismo que el cultivo de colza MG resistente a herbicidas afecta a la biodiversidad y actividad microbiana en los suelos [4].

La contaminación de las aguas por este herbicida es asimismo extraordinariamente letal para los anfibios, según un trabajo de investigación que ha revelado una disminución de la diversidad de anfibios del 70% y una reducción del número total de renacuajos del 86% en charcas contaminadas por Roundup [5].

Los compuestos insecticidas de cultivos MG pueden también afectar a insectos descomponedores y a otros organismos del suelo, como las micorrizas y rizobios, imprescindibles para mantener su fertilidad y equilibrio ecológico y para que los cultivos prosperen [6]. Se ha observado que cantidades considerables de la toxina Bt en estado activo se incorporan al suelo durante el proceso de descomposición de los residuos vegetales [7]. Se ha comprobado también que los cultivos insecticidas Bt liberan toxinas a través de las raíces, que se adhieren

a partículas del suelo y permanecen en estado activo durante periodos prolongados [8]. Los compuestos insecticidas liberados por las raíces y por las hojas permanecen también en el suelo al morir la planta, habiéndose detectado su presencia muchos meses después [9].

Se desconoce en gran medida cómo puede afectar esta acumulación de toxinas insecticidas a la comunidad de organismos vivos (bacterias, hongos, lombrices...) presente en los suelos [10]. Se sabe, por ejemplo, que a diferencia del compuesto insecticida natural del *Bacillus thuringiensis*, las toxinas de los cultivos Bt pueden ocasionar una mortandad apreciable en algunas poblaciones de escarabajos (del género *Collembola*), que cumplen una función muy importante en la descomposición de la materia orgánica de los suelos. Se han observado también efectos nocivos en las lombrices de tierra alimentadas con residuos de plantas Bt, sin que se haya aclarado si se deben al compuesto insecticida [11]. Y se ha demostrado que las sustancias tóxicas producidas por plantas transgénicas diseñadas para control de nematodos afectan a bacterias y hongos del suelo, aunque a corto plazo no se hayan evidenciado alteraciones en el funcionamiento de este ecosistema [12]. La diversidad de micorrizas y de microorganismos en el suelo, sin embargo, es fundamental para conservar la biodiversidad de las plantas y productividad de un suelo [13].

Asimismo se ha comprobado que es posible la transferencia de ADN de residuos vegetales de los cultivos en descomposición a bacterias del suelo [14]. Este dato agrava significativamente las posibles repercusiones de los cultivos MG, dada la importancia de las bacterias no sólo en la vida y la fertilidad del suelo, sino en mucho de los ciclos biológicos e incluso geofísicos del planeta, y su facilidad para intercambiar material genético.

[1] Forlani G, Mantelli M, Branzoni M, Nielsen E y Favilli F. 1995. Differential sensitivity of plant-associated bacteria to sulfonylurea and imidazolinone herbicides. *Plant and Soil*. Vol. 176: 243-253. The Netherlands.

King CA, Purcell LC y Vories ED. 2001. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. *Agronomy Journal*, 93: 179-186.

[2] Kremer RJ. Herbicide impact on *Fusarium spp*. And soybean cyst nematode in glyphosate

tolerant soybean. American Society of Agronomy. Summary number: S03-104-P.

[3] Joensen L. y Semino S. 2004. OMGs en Argentina ¿a qué precio?. Estudio de Caso del Impacto de la Soja Modificada Genéticamente del Grupo de Reflexión Rural de Argentina, publicado por Econexus y The GAIA Foundation. Octubre 2004.

[4] Dunfield KE y Germida J. 2001. Diversity of bacterial communities in the rhizosphere and root interior of field-grown genetically modified *Brassica napus*. Federation of European Microbiology Societies. *Microbiology Ecology* 38: 1-9

[5] Rick Relyea. 2005. The Impact of Insecticides and Herbicides on the Biodiversity and Productivity of Aquatic Communities. *Journal Ecological Applications*.

[6] PSRAST 2001. Genetically engineered crops - a threat to soil fertility?

[7] Palm CJ, Donegan K, Harris D y Seidler RJ. 1994. Quantification in soil of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*-endotoxin from transgenic plants. *Mol. Ecol.* 3:145-51.

Zwahlen C, Hilbeck A, Gugerli P y Nentwig W. 2003. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic Bt corn tissue in the field. *Molecular Ecology* (12), pp. 765-775

[8] Tapp H. y Stotzky G. 1995. Insecticidal activity of the toxins from *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* and *tenebrionis* adsorbed and bound on pure and soil clays. *Applied Environmental Microbiology*. May 1995. Pgs. 1786-1790.

Koskella J y Stotzky G. 1997. Microbial utilization of free and clay-bound insecticidal toxins from Bt and their retention of insecticidal activity after incubation with microbes. *Applied and Env. Microbiology*. September 1997. pp 3561-3568.

Saxena D, Flores S, y Stotzky G. 1999. Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature*, Vol 402, December 1999.

Tapp H. y Stotzky G. 1998. Persistence of the insecticidal toxin from Bt subsp *Kurstaki* in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30 No. 4 : 471-476.

C. Crecchio y G. Stotzky. "Insecticidal Activity and Biodegradation of the Toxin from *Bacillus thuringiensis* subs. *Kurstaki* Bound to Humic Acids from Soil". *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 30. No 4, pgs. 463-470, 1998.

[9] Zwahlen C, Hilbeck A, Gugerli P, Nentwig W. 2003. Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field - *Molecular Ecology*, 12: 765-775.

[10] Stotzky G. 2001. Release, persistence and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*. Pp. 187-222 in *Genetically Engineered Organisms: Assessing Environmental and Human Health Effects*. D.K. Letourneau and B.E. Burrows, Eds. CRC, Boca Ratón, Florida, USA.

[11] C. Zwahlen, A. Hilbeck, R. Howald y W. Nentwig (2003). Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Molecular Ecology* 12 (4). 1077-1086.

[12] Cowgill SE, Bardgett RD, Kiezebrink DT, Atkinson HJ. 2002. The effect of transgenic nematode resistance on non-target organism in the potato rhizosphere. *Journal of Applied Ecology*, 39::915-923.

[13] Marcel GA, van der Heijden J, Klironomos N, Ursic M, Moutoglis P, Streitwolf-Engel R., Boller T, Wiemken A. y Sander JR. 1999. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*. Vol 396: 69-72.

[14] Sengelov G., Kowalchuk G.A, Sorensen S.J. 2000. Influence of fungal-bacterial interactions on bacterial conjugation in the residuesphere. *FEMS Microbiol. Ecol.* 31_ 39-45.

Aparición de malezas y de plagas resistentes

Uno de los problemas del control de malezas y plagas basado en la aplicación masiva de un herbicida o pesticida es la aparición de poblaciones resistentes que anulan la eficacia del producto. A lo largo de las últimas décadas muchas especies se han hecho resistentes a tantos plaguicidas que su control resulta hoy prácticamente imposible. En Estados Unidos el coste económico de las aplicaciones adicionales de insecticidas debido a la aparición de plagas resistentes se calcula que asciende a más de 122 millones de dólares anuales [1].

En la actualidad existen más de 200 malas hierbas que han adquirido resistencia a los herbicidas, coincidiendo los expertos en que la aplicación a gran escala de un mismo herbicida en los cultivos MG favorece de forma alarmante la generación de nuevas resistencias. De hecho, los cultivos transgénicos han generado ya numerosos problemas de aparición de malas hierbas resistentes, que están aumentando su capacidad invasora y su persistencia en algunas regiones agrícolas [2]. En Canadá, la polinización cruzada entre tres variedades (dos de ellas transgénicas y una con resistencia natural) ha provocado la aparición de colza resistente a tres herbicidas distintos, muy difícil de erradicar de los campos y que supone considerables problemas cuando un agricultor pretende hacer una rotación de cultivo [3]. En EE UU la utilización de un mismo herbicida en enormes extensiones de cultivos MG está favoreciendo una proliferación alarmante de malas hierbas resistentes, que obligan a los agricultores a recurrir a dosis mayores de herbicidas cada vez más dañinos, algunos prohibidos en Europa por su toxicidad [4].

Por otra parte, conviene no olvidar que 11 de las 18 especies de malas hierbas consideradas más problemáticas para la agricultura son plantas cultivadas [5]. En el caso de los cultivos transgénicos, su control puede resultar tremendamente complicado. La soja transgénica resistente a herbicidas, por ejemplo, se está convirtiendo en una maleza cuya capacidad invasora amenaza con convertirse en una pesadilla para muchos agricultores de Canadá, donde su persistencia en campos agrícolas y linderos requiere un manejo cada vez más agresivo [6]. También se ha detectado la presencia de colza transgénica en bordes de caminos y otros hábitats seminaturales hasta 8 años después de su cultivo, indicando una preocupante permanencia y capacidad invasora [7].

En el caso de las variedades transgénicas insectici-

das, su cultivo en millones de hectáreas constituye la receta perfecta para la aparición de insectos resistentes a la toxina Bt. La producción de insecticida en todas las partes de la planta y de forma continua supone una presión selectiva muy grande a favor de los insectos resistentes, que con el tiempo tenderán a desplazar al resto de la población [8]. Se ha documentado la existencia de 17 especies de insectos resistentes a la toxina Bt natural, así como la aparición de insectos con resistencias cruzadas (a varias toxinas Bt diferentes), lo que hace suponer que la evolución de resistencias es inevitable [9]. En 1997 se detectó en Estados Unidos el primer caso de resistencia a un cultivo Bt en una plaga [10]. Para retrasar la aparición de resistencias, la Agencia de Medio Ambiente (Environmental Protection Agency EPA) de EEUU ha establecido planes de prevención, consistentes fundamentalmente en la siembra de refugios (superficies sembradas con una variedad convencional en las proximidades de las parcelas transgénicas, que en caso de aparecer poblaciones de insectos resistentes favorecerían su apareamiento con otras poblaciones no resistentes, diluyendo y dilatando en el tiempo la evolución de resistencias) [11]. Como condicionante para la siembra de variedades Bt la EPA requería la siembra con variedades convencionales de hasta un 50% del total cultivado [12]. Sin embargo la contaminación genética de los refugios debilita esta estrategia de prevención [13]. La aparición de plagas resistentes al Bt supondrá un gravísimo perjuicio para la agricultura ecológica, al perder eficacia un insecticida natural muy valioso [14]. Esta eventualidad supone además riesgos ambientales difíciles de prever, dado el desconocimiento de las funciones ecológicas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* presente en los suelos y su papel en el control de plagas y en el mantenimiento de los ciclos y equilibrios de la Naturaleza.

[1] Pimentel D, Andow DA, Gallahan D, Schreiner I, Thompson T, Dyson-Hudson R, Jacobson S, Irish M, Kroop S, Moss A, Shepard M y Vinzant B. 1980. *Environmental and social costs of pesticides: a preliminary assessment*. *Oikos* 34: 126-140.

[2] Heap, I. 1997. *The occurrence of herbicide resistant weeds worldwide*. *Pesticide Science*, 51: 235-243. Heap I. 2004. *The International Survey of Herbicide Resistant Weeds*.

Robert S. y Baumann U. 1998. *Resistance to the herbicide glyphosate*. *Nature*, 395: 25-26.

Warwick, S.I., H.J. Beckie, E. Small. 1999. Transgenic crops: new weed problems for Canada?. *Phytoprotection* 80:71-84

Owen MDK y Zelaya IA. 2005. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. *Pest Manag. Sci.* 61: 301-311.

[3] Hall L, Topinka K, Huffman J, Davis L y Good A. 2000. Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multiple resistant *B. napus* volunteers. *Weed Science* 2000, 48, 688-94.
Orson J. 2002. Gene stacking in herbicide tolerant oilseed rape: lessons from the North American experience. *English Nature Research Reports* N. 443. *English Nature*. Jan 2002. ISSN 0967-876X.

[4] Owen MDK. 2001. Importance of weed population shifts and herbicide resistance in the Midwest USA corn belt. *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. Weeds*. BCPC, Farnham, Surrey, UK, pp 407-412.

Benbrook, C. M. 2004. *Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years*. BioTech InfoNet. Technical Paper Number 7.

Johnson B, Nice G. y Barnes J. 2004. Update on the Occurrence of Glyphosate-Resistant Maretail/Horseweed. *Pest & Crop No.* 4 April 9, 2004.

Owen MDK y Zelaya IA. 2005. Herbicide-resistant crops and weed resistance to herbicides. *Pest Manag. Sci.* 61: 301-311.

Benett D. 2005. US may soon lead the world in herbicide-resistant weeds. *Delta Farm Press*. Feb. 10. 2005.

[5] Snow AA y Morán Palma P. 1997. Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks. *BioScience* Vol. 47 No. 2.

[6] Royal Society Canada. *Op. cit.* Capítulo 6. pp. 122-23

[7] Pessel D, Lecomte J, Emeriau V. Krouti M. Messean A, Gouyon P.H. 2001. Persistence of oilseed rape (*Brassica napus* L.) outside of cultivated fields. *TAG Theoretical and Applied Genetics*. Volume 102, Numbers 6-7: 841-846.

[8] Benbrook C. 1999. *World Food System Challenges and Opportunities: GMOs, Biodiversity and Lessons from America's Heartland*. Informe presentado el 27 de enero 1999 en el marco del University of Illinois World Food and Sustainable

Agriculture Program.

[9] Tabashnik BE. 1994. Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*. 39: 47-79.

Tabashnik et al. 1997. One gene in diamondback moth confers resistance to four *Bacillus thuringiensis* toxins. *Proceedings National Academy of Sciences*. 94: 1640-44

Huang FL, Buschman RA, Higgins et al. 1997. Inheritance of resistance to *Bacillus thuringiensis* toxin (Dipel ES) in the European corn borer. *Science* 284: 965-966.

Gould F. et al. 1997. Initial frequency of alleles for resistance to *Bacillus thuringiensis* toxins in field populations of *Heliothis virescens*. *Proceedings National Academy of Sciences* 94: 3519-23.

Gould F. 1998. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. *Annual Review of Entomology* 43: 701-726.

Tabashnik BE, Carriere Y, Dennehy TJ, Morin S, Sisterson MS, Roush RT, Shelton AM, Zhao JZ. 2003. Insect resistance to transgenic Bt crops: lessons from the laboratory and field. *Journal of Economic Entomology* 96: 1031-1038.

[10] Tabashnik BE, Patin AL, Dennely TJ et al. 2000. Frequency of resistance to *Bacillus thuringiensis* in field populations of pink bollworm. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 97: 12980-12984.

[11] Union of Concerned Scientists. 1995. *Managing Resistance to Bt*. *The Gene Exchange*. Volume 6, no. 2 & 3. December 1995.

Mellon M y Rissler J, eds. 1998. *Now or Never: Serious New Plans to Save a Natural Pest Control*. Union of Concerned Scientists, Cambridge, Mass. (USA).

[12] Union of Concerned Scientists *Small steps towards refuges in Bt corn*. *The Gene Exchange*. April-August 1999.

[13] Chilcutt CF y Tabashnik B. 2004. Contamination of refuges by *Bacillus thuringiensis* toxin genes from transgenic maize. *Proc of the Nat Aca of Sciences USA*, DOI: 10.1073/pnas.0405101101. May 18 2004.

[14] Union of Concerned Scientists. 1995 *Save Bt for Organic and Sustainable Farmers*. *The Gene Exchange*. Vol. 5 No. 4; Vol 6 no. 1.

7. LEGISLACION SOBRE OGMs

La entrada en vigor en 2003 y 2004 de nueva normativa sobre liberación y etiquetado de organismos manipulados genéticamente (OMG) en la Unión Europea (UE) vino acompañada, como era previsible, de enormes presiones por parte de Estados Unidos para que Europa levantase la moratoria vigente desde 1999, y de una potente campaña de mensajes tranquilizadores. El mensaje, repetido machaconamente, es sencillo: podemos estar tranquilos; a partir de ahora a nadie debe inquietarle si los OMG inundan nuestros campos y nuestros platos, ya que disponemos de una normativa enormemente rigurosa y las autoridades velan por nuestra salud y nuestro medio ambiente. Nada más lejos de la realidad: la normativa aprobada es totalmente insuficiente y las autoridades parecen preocuparse más de atraer inversiones de las grandes transnacionales de la biotecnología y de no soliviantar al poderoso departamento de comercio de EE UU que de proteger la salud ciudadana y ambiental y la agricultura europea.

Una legislación insuficiente

La primera gran "laguna" normativa es la falta de legislación sobre responsabilidad por daños a la salud y al medio ambiente. La introducción de OMG en el entorno y en la cadena alimentaria entraña riesgos ambientales y sanitarios de una magnitud sin precedentes, debido precisamente a que se trata de seres vivos que pueden reproducirse, dispersarse y evolucionar, y cuyos efectos son todavía desconocidos en gran medida. Curiosamente, sin embargo, las grandes compañías biotecnológicas que afirman insistentemente que los transgénicos carecen de riesgos, se resisten a que se regule la responsabilidad por daños asociados a este tipo de productos, pretendiendo que el riesgo recaiga sobre los agricultores que cultivan las variedades transgénicas "inventadas" en sus laboratorios, o en otros eslabones de la cadena productiva. Por ahora parece que lo van consiguiendo.

La segunda carencia legislativa, gravísima también, es la falta de normas y medidas para frenar la contaminación genética ligada a la introducción de cultivos transgénicos. Pese a que los cultivos transgénicos fueron introducidos hace escasamente diez años, y ocupan una porción mínima de la superficie agrícola mundial, han producido ya una alarmante contaminación de los campos y de las semillas e incluso de algunos de los bancos de germoplasma. Esta contaminación supone un grave perjuicio para

el agricultor que la sufre, pero además es enormemente preocupante a medio plazo, teniendo en cuenta los problemas de inestabilidad y riesgos para la salud y el medio ambiente así como la eventualidad de un fracaso agronómico de las variedades manipuladas genéticamente. La Unión Europea, sin embargo, estableció en su día únicamente unas *Recomendaciones* mínimas y no vinculantes sobre "coexistencia", que los países europeos están aplicando con un grado muy variable de rigurosidad. En el caso español, el Ministerio de Agricultura elaboró en su día un borrador de normativa que más que destinado a prevenir en lo posible la contaminación transgénica del campo, parecía diseñado para legitimarla. Este primer documento, muy criticado por la sociedad civil, ha sido sustituido por sucesivas propuestas que mejoran muy ligeramente el texto inicial, estableciendo unas medidas preventivas absolutamente insuficientes y eludiendo la regulación de responsabilidades en caso de daños y perjuicios [1]. De aprobarse finalmente -como todo parece indicar- significarán la contaminación genética irreversible de la agricultura española, condenando a los agricultores convencionales y ecológicos a la más total indefensión.

Perjuicios para los agricultores

El 21 de mayo 2004, el Tribunal Supremo de Canadá declaró a Percy Schmeiser culpable del insólito delito de utilizar para la siembra semillas de su propia cosecha, que contenían un gen "propiedad" de la multinacional agroquímica Monsanto. Schmeiser no tenía el menor interés en utilizar la variedad patentada por la compañía, pero el polen de campos transgénicos vecinos había contaminado su cultivo. El alto tribunal consideró un atenuante el hecho de que Schmeiser no se hubiera "beneficiado" del gen patentado (al no haber utilizado el herbicida al que confería resistencia), suavizando una condena anterior que obligaba al agricultor a pagar a Monsanto el importe íntegro de los ingresos obtenidos por la venta de su cosecha (unos 19.000 \$), más 153.000 \$ en concepto de costas judiciales.

En España, país pionero en la siembra de cultivos transgénicos en Europa, las empresas no han llegado todavía a estos extremos. Pero a varios agricultores y ganaderos españoles les ha sido retirada su certificación ecológica al detectarse que sus productos estaban contaminados por transgénicos. Félix Ballarín, agricultor aragonés, denunciaba no sólo haber perdido la certificación, sino el trabajo y la ilusión de casi una vida, al contaminarse una variedad local de

maíz en cuya recuperación llevaba trabajando más de 15 años. El perjuicio que la contaminación genética supone para los agricultores puede ser considerable, particularmente si se trata de producciones ecológicas, en las que está prohibido el uso de OMG.

La tercera gran "laguna" normativa, en este caso más bien un generoso "coladero" para los transgénicos, forma parte de los reglamentos de etiquetado que la Unión Europea estrenó en abril 2004. Si bien es innegable que la nueva legislación ha supuesto un avance considerable, obligando al etiquetado de todos los alimentos derivados de cultivos OMG -no sólo de los que contienen ADN o proteína transgénica en el producto final como requería la normativa anterior-, sigue permitiendo que una proporción muy elevada de los cultivos transgénicos del mundo acaben en nuestros platos sin que lo sepamos. Y es que aunque las nuevas normas de etiquetado y de trazabilidad requieren que se informe de si los piensos destinados a alimentación animal contienen transgénicos -al menos los ganaderos podrán ahora distinguir lo que compran-, no exigen que la leche, los huevos y la carne de animales alimentados con piensos transgénicos vayan etiquetados como derivados de OMG. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los cultivos manipulados genéticamente (maíz, soja, colza y algodón) se destinan a piensos compuestos y entran en la cadena alimentaria a través de la cría intensiva de ganado, la gran "trampa" del nuevo reglamento de etiquetado es, en efecto, el no exigir el etiquetado de estas producciones.

Normativa europea de etiquetado

A partir del 18 de abril 2004 ha entrado en vigor en toda la Unión Europea una normativa sobre etiquetado de alimentos manipulados genéticamente destinada a garantizar el derecho a elegir del consumidor y que va a permitir por vez primera hacer un seguimiento -aunque de forma insuficiente- de sus efectos sobre la salud. Si las nuevas normas se cumplen, cosa que está por ver, y siempre que no se trate de productos de animales alimentados con piensos transgénicos (leche, mantequilla, huevos, carne, etc.), a partir de ahora sabremos cuando consumimos alimentos producidos a partir de transgénicos.

Desde 1997, el Reglamento 258/97/EC sobre Nuevos Alimentos establecía un proceso de autorización para la liberación de organismos manipulados genéticamente (OMGs) destinados a la cadena alimentaria humana. A pesar de que en su día la administración española lo presentó como una garantía de informa-

ción al consumidor y de respeto al medio ambiente, este Reglamento constituía un auténtico "coladero" para los productos transgénicos. Por un lado, porque la evaluación de la seguridad del producto se basaba en la información aportada por las propias compañías, sin exigir estudios independientes ni un proceso de evaluación de impacto. Por otro, porque obligaba a etiquetar únicamente aquellos productos alimentarios con destino humano en los que se pudiera detectar el ADN o la proteína transgénica, lo que significaba, en la práctica, que un porcentaje muy alto de productos alimentarios con ingredientes derivados de plantas transgénicas, como azúcares, aceites y almidones, era imposible de distinguir de los convencionales.

Este Reglamento ha sido modificado por la nueva normativa europea sobre etiquetado y trazabilidad de organismos manipulados genéticamente (OMGs) en alimentos y piensos, de aplicación directa en todos los países europeos.

1830/2003 del Parlamento europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de OMGs y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE.

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2003/L_268/L_26820031018es00240028.pdf

1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.

http://europa.eu.int/eur-lex/pri/es/oj/dat/2003/L_268/L_26820031018es00010023.pdf

Aspectos más novedosos y significativos de las nuevas normas

1. Requieren que cuando se trate de organismos manipulados con destino alimentario (cualquier fruto o semilla, por ejemplo), la solicitud de autorización se someta a la evaluación de impacto y plan de seguimiento que requiere la Directiva 2001/18/CE sobre liberación de organismos modificados genéticamente, más rigurosa que normas anteriores (Art.5.5 Reglamento 1829/2003).

2. Obligan al etiquetado de todos los productos alimentarios obtenidos a partir de OMGs aunque su producto final no contenga ADN o proteínas transgénicas, así como de todos los alimentos derivados de OMG destinados a la alimentación animal

Ámbito de aplicación: (Art. 12 del Reglamento

1829/2003). Se aplicará a todos los alimentos que:
a) contengan o estén compuestos por OMG, o
b) se hayan producido a partir de OMG o contengan ingredientes producidos a partir de estos organismos.

En el etiquetado debe figurar claramente, y no en letra pequeña, que el alimento contiene o ha sido producido "a partir de organismos modificados genéticamente" (Art. 13 y 25 Reglamento 1829/2003)

En cuanto a la trazabilidad de productos manipulados genéticamente, la Comisión Europea asignará a cada uno de los OMGs autorizados un código de identificación que debe acompañar al producto a lo largo de todo el ciclo de producción y de distribución. Cada vez que un producto derivado de OMGs se comercializa es obligatorio transmitir al comprador la información sobre el OMG a partir del cual ha sido producido, y conservar esta información durante 5 años. (Art. 4 y 5 del Reglamento 1830/2003)

Aspectos más negativos de la nueva normativa:

1. Se exige de las normas sobre etiquetado la carne, la leche, y cualquier derivado de animales alimentados con piensos transgénicos. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los cultivos transgénicos actuales (soja, maíz, colza) van destinados a piensos compuestos, esto quiere decir que los transgénicos siguen entrando en la cadena alimentaria sin que el consumidor pueda percibirlo, y decidir por tanto si quiere consumir este tipo de productos o no. Los productos elaborados con (no a partir de) enzimas, fermentos u otras sustancias MG utilizadas en el procesamiento alimentario tampoco requieren etiquetado. (Considerando 16 del Reglamento 1829/2003).

2. Se establece un umbral de contaminación accidental por OMGs de 0,9%, si bien únicamente cuando esta contaminación sea técnicamente inevitable. Este umbral es de 0,5% para la presencia accidental o técnicamente inevitable de OMGs que no hayan completado el proceso de autorización pero que dispongan de una evaluación de riesgo favorable, por un plazo de 3 años.

3. El proceso de autorización no varía sustancialmente (salvo en lo que respecta a la mencionada obligación de evaluación de impacto y seguimiento de los OGMs), y la decisión final sigue recayendo en la Comisión Europea, cuya cuestionable legitimidad democrática e historial pro-industria en este tema no son precisamente la mejor garantía de buen hacer.

Falta de estudios y proceso de autorización deficiente

Por otra parte, la evolución de riesgos de los transgénicos se ha basado hasta ahora en la presunción de que si no ha aparecido evidencia de riesgos, es que no existen riesgos, repitiéndose insistentemente que no hay datos concluyentes que permitan afirmar que los OMG comportan daños ambientales y sanitarios. Pero, ¿acaso se buscan estos datos?

Una revisión de los estudios científicos publicados realizada en 2003 citaba únicamente 10 estudios con resultados de investigaciones "in vivo" de los efectos de los transgénicos sobre la salud [2]. Los estudios sobre su impacto ambiental son si cabe más escasos, y totalmente insuficientes. A pesar de este escaso esfuerzo investigador, en varios de los estudios independientes se han detectado efectos nocivos que nunca han llegado a ser explicados adecuadamente. Lamentablemente la divulgación de este tipo de resultados en trabajos de investigación lejos de generar una respuesta lógica: más investigación, ha provocado un intento de desprestigio y de marginación de sus autores, a quienes en algunos casos se les ha cortado la financiación e impedido continuar su trabajo.

Por otra parte, una de las primeras revisiones científicas del procedimiento de evaluación de riesgos revelaba que el diseño de los análisis y pruebas utilizados para determinar la seguridad de los OMG no tenía en cuenta los efectos no buscados en el proceso de manipulación genética -imprevisibles y seguramente los más preocupantes-, por lo cual difícilmente podría detectarlos. Podría pasar desapercibida la presencia en los alimentos de sustancias alergénicas desconocidas, de nuevas toxinas y de alteraciones inesperadas potencialmente perjudiciales para la salud o con un impacto ambiental negativo. El informe concluía que a la alarmante falta de estudios sobre riesgos había que sumar una creciente y no menos preocupante dependencia del sector público en la financiación privada, un evidente obstáculo para el desarrollo de determinadas líneas de investigación y para una evaluación crítica [3].

Posteriores estudios han confirmado esta grave situación [4]. Las compañías que comercializan los productos transgénicos son quienes realizan las pruebas necesarias para demostrar su inocuidad, sin que se hagan estudios independientes. Y en Europa, donde la legislación establece un complicado proceso consultivo en el que participan todos los

gobiernos, muchos de los OMG autorizados han sido aprobados pese a las objeciones de los comités científicos de varios gobiernos, ya que el procedimiento comunitario de autorización permite a la Comisión Europea (los funcionarios europeos) aprobar nuevos productos aunque varios países se opongan. Recientemente, un informe publicado por el Gobierno Austriaco advierte de deficiencias significativas en el proceso europeo de evaluación, y en estudios de Amigos de la Tierra y Greenpeace se cuestiona la rigurosidad científica, competencia e independencia de la Agencia de Seguridad Alimentaria Europea que emite los dictámenes sobre seguridad de los OMG [5].

[1] Ver: *documento de crítica al borrador de Orden Ministerial de coexistencia de marzo de 2004 de Amigos de la Tierra, Ecologistas en Acción, Greenpeace y COAG y crítica al Real Decreto de coexistencia de diciembre 2004 de Amigos de la Tierra, Ecologistas en Acción, Greenpeace, COAG, Plataforma Rural, Intereco y SEAE*

[2] Ian F. Pryme y Rolf Lembcke *Nutrition and Health, 2003, Vol. 17, pp. 1-8 In vivo studies on possible health consequences of genetically modified food and feed - with particular regard to ingredients consisting of genetically modified plant materials*

[3] Royal Society of Canada. *Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada (2001)*

[4] Schubert, D. 2005. *Sensible regulations for GE food crops. Nature Biotechnology, 23, 785-787. Julio 2005.*

[5] Greenpeace. *The European Food Safety Authority (EFSA): Failing Consumers and the Environment. April 2004*

Friends of the Earth Europe. Throwing Caution to the Wind. A review of the European Food Safety Authority and its work on genetically modified foods and crops. Noviembre 2004.

Spök A, Hofer H, Lehner P, Valenta R, Stirn S, Gaugitsch H. 2004. *Risk Assessment of GMO products in the European Union. Toxicity assessment, allergenicity assessment and substantial equivalence in practice and proposals for improvement and standardization. July 2004. Commissioned by the Austrian Federal Environment Agency.*

Legislación sobre liberación de OMG

La **DIRECTIVA 2001/18/CE sobre liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente (OMGs)**, regula la autorización a nivel europeo de OMGs para su comercialización o con fines experimentales.

ELEMENTOS POSITIVOS DE LA NUEVA DIRECTIVA

La Directiva 2001/18/CE requiere una evaluación de impacto de los riesgos de los OMGs para el medio ambiente y la salud humana, obligando a tener en cuenta los efectos acumulativos a largo plazo. Los principios y criterios por los que ha de regirse la evaluación de impacto se especifican claramente en un Anejo a la Directiva, de obligado cumplimiento. En otro Anejo se especifica la información requerida del solicitante (que no difiere apenas de la normativa anterior).

La nueva Directiva exige un seguimiento obligatorio de los OMGs autorizados (bien sea para su comercialización, siembra, o cualquier otra finalidad). Para poder hacer este seguimiento, obliga a la creación de registros públicos con información sobre la localización de los OMGs liberados (aunque deja a criterio de los Estados el nivel de detalle de esta información: en el caso español se ha establecido un registro con información a nivel de Comunidades Autónomas y provincias).

- Obliga a incorporar un procedimiento de información pública al proceso de autorización de los OMGs.

- Mejora los requisitos de etiquetado, obligando a que figure en el etiquetado "contiene organismos modificados genéticamente" (en lugar de "puede contener"), y exige la "trazabilidad" de los productos autorizados.

- Exige la retirada del mercado de los OMGs con marcadores de antibióticos, otorgando un plazo hasta diciembre 2004 en el caso de OMGs con fines de comercialización y 2008 para los ensayos (finalidad no comercial).

- Limita la vigencia de las autorizaciones a 10 años, a partir de los cuales han de ser renovadas.

ASPECTOS NEGATIVOS DE LA DIRECTIVA

- Mantiene el "procedimiento simplificado" de autorización existente e introduce un nuevo procedimiento simplificado, "los procedimientos diferenciados", que requieren un procedimiento menos riguroso para la autorización de liberacio-

nes intencionales.

■ Permite a los Estados aceptar una única solicitud de autorización para liberaciones experimentales simultáneas en distintos lugares y a largo plazo.

■ Los plazos fijados para el proceso de decisión a nivel europeo son más cortos.

PROCEDIMIENTO DE AUTORIZACIÓN PREVISTO

■ La solicitud de autorización para introducir en el mercado europeo un nuevo OMG se presenta ante la administración de cualquiera de los Estados miembros. Dicha solicitud ha de ir acompañada de una evaluación de riesgo llevada a cabo por el propio solicitante.

■ El gobierno debe comprobar que la solicitud va acompañada de toda la información requerida por la Directiva y enviar la documentación y su dictamen al respecto a la Comisión Europea y a los demás Estados.

■ Si ningún otro Estado presenta objeciones, la administración del Estado miembro en el que se inició la tramitación de la solicitud remite su dictamen al solicitante, autorizando o denegando la solicitud de liberación.

■ En caso de objeción por parte de algún otro Estado, la decisión se toma a nivel de la UE, siendo la Comisión quien debe formular una propuesta (de aprobación o rechazo de la solicitud) al Comité Regulatorio, en el que están representados todos los Estados miembros, tras consultar a los comités científicos (compuestos por expertos supuestamente "independientes"). Si el Comité emite un dictamen favorable, la solicitud se aprueba automáticamente. En caso contrario pasa al Consejo de Ministros, que decide por mayoría cualificada. Si el Consejo no actúa en un plazo de 3 meses, es la Comisión quien decide.

APLICACIÓN

La nueva Directiva entraba en vigor el 17 de abril 2001, y los Estados estaban obligados a trasponerla el 17 de octubre 2002.

En España fue implementada (con retraso y de forma muy deficiente) por la **Ley 9/2003, de 25 de abril 2003** y por el **Reglamento de 30 de enero (Real Decreto 178/2004)** que la desarrolla, y que incorpora la mayor parte de los Anejos y requisitos que debieran haber sido traspuestos a la citada Ley 9/2003.

Ver legislación sobre liberación de organismos transgénicos, listado de OMGs autorizados en europeo e información sobre solicitudes pendientes de autorización <http://www.mma.es/calid_amb/seg_bio/>

NOTA ACLARATORIA:

En la UE lo que se autoriza es la comercialización de un determinado OGM (un evento) manipulado genéticamente. Una vez autorizada, esa línea MG se puede incorporar a diversas variedades por métodos convencionales de cruce y mejora vegetal.

Para poder comercializar variedades de semillas (transgénicas o convencionales), sin embargo, es preciso que estén inscritas en el Registro de Variedades Vegetales Nacional, un paso preceptivo por tanto para el cultivo de OMGs. Las normas del Registro de Variedades Vegetales requieren que para registrar una nueva variedad se someta a una serie de ensayos en los que se evalúan determinadas características agronómicas (requeridos para todas las variedades, tanto transgénicas como no), y para demostrar que es diferente a las ya registradas y que cumple los criterios de homogeneidad y estabilidad exigidos. Una vez superados los exámenes técnicos del Registro, se autoriza su inscripción en dicho Registro, en el caso de las variedades transgénicas condicionado únicamente a un plan de seguimiento y supeditado a la opinión favorable de la Comisión Nacional de Biovigilancia. Según la normativa del Registro, la empresa de semillas es quien hace la propuesta del Plan de Seguimiento del cultivo, y la encargada de llevarlo a cabo.

En Estados Unidos, país que se suele poner como ejemplo de seguridad, el proceso de evaluación de riesgos es aún más aleatorio. El departamento encargado de vigilar la seguridad de los alimentos es el Departamento para Productos Alimentarios y Farmacéuticos (Food and Drug Administration, FDA) [1], pero son las compañías quienes realizan las pruebas necesarias para demostrar su inocuidad -igual que en la UE-, con el agravante en este caso de que la información presentada tiene carácter voluntario. Este carácter voluntario reduce a mero trámite el proceso de evaluación, limitándose el dictamen de la FDA a un resumen de la documentación aportada por la compañía ¡con una coletilla en la que la administración afirma que la compañía asevera que el producto es seguro! [2].

FALLOS EN EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE LA FOOD AND DRUG ADMINISTRATION

- la documentación suministrada por la compañía no proporcionaba información suficiente para permitir a la FDA en muchos casos determinar la seguridad del producto
- en un 50% de las evaluaciones revisadas, la compañía no había aportado la información adicional solicitada por la FDA
- en la documentación suministrada no se informaba adecuadamente de si el transgén y la proteína transgénica permanecían inalterados en la planta
- la toxicidad de las proteínas transgénicas no se determinaba de forma adecuada
- no siempre se evaluaba la presencia de algunos compuestos potencialmente dañinos (toxinas en el caso de tomates; anti-nutrientes en el maíz)
- las pruebas de alergenicidad se realizaban frecuentemente con proteínas que no eran las producidas por la planta, sino otras parecidas, y no se utilizaban las mejores técnicas disponibles para determinar el riesgo de alergias

El panorama es bastante poco tranquilizador, si a la falta de rigor en el proceso de aprobación de nuevos OGM le sumamos la acuciante necesidad de sacar productos al mercado de una industria biotecnológica que engulle inversiones anuales de alrededor de 17.000 millones de dólares sólo en EE UU, soportando unas pérdidas netas acumuladas que en el periodo 1990-2004 superaban los 45.000 millones dólares y que van en aumento de año en año [3].

Por otra parte, la falta de etiquetado en Estados Unidos y una legislación insuficiente en la Unión Europea no han permitido hasta ahora hacer estudios epidemiológicos ni un seguimiento de los efectos de los OGM, que pueden pasar desapercibidos o manifestarse al cabo del tiempo, como ocurrió en su día con los pesticidas. El colegio de médicos británico, reclamaba en marzo 2004 estudios sobre las repercusiones a medio y largo plazo de los OGM en la salud humana y en el medio, señalando que los escasos trabajos rigurosos realizados se limitan a un análisis de los efectos a corto plazo [4]. Las normas de liberación y etiquetado de la UE en absoluto constituyen un certificado de la seguridad e inocuidad de los alimentos transgénicos, que está por demostrar, pero permitirán al menos, -aunque de forma insuficiente- estudiar posibles efectos nocivos en la población.

[1] A excepción de los cultivos insecticidas, cuya autorización corresponde a la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA), encargada del registro de pesticidas.

[2] Gurian-Sherman D. 2004. *Holes in the biotech safety net. FDA policy does not assure the safety of genetically engineered foods.* Center for Science in the Public Interest. Washington DC.

TexPIRG. 2005. *Raising risk: field testing of genetically engineered crops in the United States.* Informe de Texas Public Interest Research Group. April 2005.

[3] Hamilton DP. *Biotech's dismal bottom line_ more than US\$ 40 billion in losses.* Wall Street Journal, USA. 20 mayo 2004.

P. Elias. *Biotechnology Loses Billions a Year.* The Associated Press. 1. June 2005.

[4] *Genetically modified foods and health: a second interim statement - British Medical Association, Board of Science and Education - March 2004*

8. UN MODELO DE AGRICULTURA INSOSTENIBLE

En las últimas décadas la agricultura ha experimentado una reconversión de tremendo alcance. De explotaciones agrarias diversas y adaptadas a distintos ecosistemas, que aprovechaban los recursos de la Naturaleza sin apenas degradarlos, hemos pasado a un modelo agrícola que envenena y agota la tierra y las aguas, consume grandes cantidades de energía fósil, destruye paisajes y diversidad biológica y supone un grave riesgo para nuestra salud. Esta agricultura industrializada arruina y margina a millones de campesinos en todo el mundo, concentrando el control de la producción y de la venta de alimentos en media docena de multinacionales.

El desembarco de la industria biotecnológica en el sector agroalimentario ha reforzado este sistema de producción y distribución de alimentos, acelerando de forma vertiginosa el proceso de concentración industrial y potenciando una agricultura cada vez más dependiente en insumos, más desligada de equilibrios naturales y menos sostenible. La experiencia de Argentina es un ejemplo claro del impacto de los cultivos transgénicos en la agricultura [1].

La mayor amenaza de las aplicaciones de la ingeniería genética en la agricultura es la desaparición de una agricultura campesina adaptada al entorno y de la agrobiodiversidad asociada a este tipo de agricultura. En efecto, uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la humanidad es la erosión del saber tradicional y la diversidad biológica, base del equilibrio ecológico y de una agricultura sostenible. Periodos de sequía extrema, lluvias torrenciales y otras consecuencias del cambio climático, así como la amenaza de nuevas epidemias como la gripe aviaria hacen que hoy sea más necesario que nunca conservar la biodiversidad -tanto silvestre como agrícola- y los conocimientos sobre su manejo. La capacidad de una determinada variedad de resistir la sequía o la inundación, medrar en suelos pobres o ricos, resistir a una plaga de insectos o una enfermedad, dar mayores rendimientos proteínicos... pueden ser características cruciales para la producción futura de alimentos. [2]. Sin embargo, estamos perdiendo diversidad a un ritmo sin precedentes, tanto a nivel agrícola como silvestre, y la desaparición de especies no se debe a procesos naturales, sino fundamentalmente a las actividades humanas. Durante el siglo XX han desaparecido el 75% de las variedades utilizadas en la agricultura, y 1.350

de las 6.300 razas animales catalogadas están en peligro de extinción. La principal causante de esta trágica pérdida ha sido la agricultura industrial, que promovió el cultivo de enormes extensiones con variedades comerciales uniformes, sustituyendo a las variedades locales [3].

Esta uniformidad hace que los cultivos sean muy vulnerables a plagas y enfermedades, provocando grandes pérdidas de cosechas y aumentando la dependencia de los agricultores en los plaguicidas. Al potenciar el monocultivo de unas pocas variedades diseñadas para una agricultura de tipo industrial y para la venta en mercados globales, desplazando a las variedades locales y a los pequeños agricultores en la producción de alimentos, las nuevas biotecnologías de ingeniería genética acentúan este proceso [4].

Por otra parte, no hay que olvidar que el problema del hambre no es un problema de escasez de alimentos, sino un problema de reparto y de acceso los recursos básicos para producir (semillas, tierra...). Según la FAO para más de 850 millones de personas que padecen hambre en el mundo, la mayoría de ellas en las zonas rurales, la agricultura constituye el único medio para salir de su situación de pobreza y de carencia crónica de alimentos [5]. El coste de las semillas patentadas y las características de los nuevos cultivos transgénicos, ventajosas para las grandes explotaciones muy mecanizadas, amenaza el medio de subsistencia de cerca de la mitad de la población mundial que todavía vive de la agricultura, agravando el problema de acceso a los alimentos para los más pobres [6].

Conviene recordar, además, que en 10 años de aplicaciones comerciales de la ingeniería genética en la agricultura, las grandes promesas de esta tecnología no se han cumplido [7]. Salvo algunas excepciones, las variedades transgénicas no han supuesto un aumento del rendimiento de los cultivos, sino todo lo contrario. En EE UU, por ejemplo, el rendimiento de la soja resistente al herbicida Roundup se calcula que es entre un 5 y un 10 por ciento inferior al de variedades convencionales similares [8]. Por otra parte, el tiempo ha dado la razón al movimiento ecologista, que desde un principio denunció que la introducción de variedades manipuladas genéticamente supondría una mayor dependencia de agroquímicos: en EE UU las aplicaciones de pesticidas asociadas a los cultivos transgénicos han ido en aumento, tras un fugaz descenso en los primeros años, suponiendo en 2003 una utilización media un 4,1% superior en los

campos MG que en la agricultura convencional [9]. La aparición de *super-malas* hierbas resistentes a los herbicidas y de plagas resistentes a los insecticidas y el deterioro de los equilibrios biológicos que contribuyen a conservar la fertilidad de los suelos y la salud de los cultivos son otras de las consecuencias negativas de la introducción de cultivos transgénicos en todo el mundo. Todo ello, sumado a los riesgos de inestabilidad de las variedades transgénicas y a sus potenciales efectos nocivos para la salud, supone una grave amenaza para el futuro de la agricultura.

[1] Altieri M.A. y Pengue W. A. *Roundup Ready Soybean in Latin America: a machine of hunder, deforestation and socio-ecological devastation*. Informe publicado por CHASQUE y la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. Septiembre 2005

[2] Maguire, R.J. 2000. *Report of the Environment Canada Workshop on the Potential Ecosystem Effects of Genetically Modified Organisms*. NWR Contribution No. 00-034. Burlington, ON.

Ver también: *Documentación sobre recursos genéticos de la FAO*

[3] FAO. 2004. *Biodiversidad al Servicio de la Seguridad Alimentaria*. Publicación para el Día Mundial de la Alimentación. 16. Oct. 2004

[4] Para más información ver **GRAIN**

[5] FAO. 2005. *Agricultura y diálogo de culturas*. Publicación para el Día de la Alimentación. 16. Oct. 2005

[6] Rosset P, Collins J y Lappé FM. 2000. *Lessons from the green revolution: do we need new technology to end hunger?*. Genewatch. April 2000. Vol. 13. No. 2

Kuyek D. 2002. *Patents and Intellectual Property Rights in African Agriculture: implications for small farmers*. GRAIN publications. 2002.

Action Aid report: GM technology is likely to exacerbate food insecurity, leading to more hungry people, not fewer. May 2003

[7] Friends of Earth International. 2004. *Cultivos modificados genéticamente: una década de fracasos*. FOE. Feb. 2004.

Gregory Jaffe. 2005. *Withering on the vine: will agricultural biotech's promises bear fruit?* Center for Science in the public interest. Feb. 2005.

Tom Sinclair. 2005. *Integrating the GM approach to improve crop yield*. Science and Development Network. 18 August 2005.

[8] Elmore RW, Roeth FW, Nelson LA, Shapiro CA, Klein RN, Knezevic SZ y Martin A. 2001. *Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines*. *Agronomy Journal*, 93: 408-412

Elmore RW, Roeth FW, Klein RN, Knezevic SZ, Martin A, Nelson LA y Shapiro CA. 2001. *Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate*. *Agronomy Journal*, 93: 404-407.

Sullivan D. 2004. *Is Monsanto's patented Roundup Ready gene responsible for a flattening of US soybean yields that has cost farmers an estimated 1,28 billion?*. *The New Farm*. 28. Sept. 2004

[9] Benbrook, C. M. 2004. *Genetically Engineered Crops and Pesticide Use in the United States: The First Nine Years*. BioTech InfoNet. Technical Paper Number 7.