

BUENAS RAZONES PARA RETIRAR LAS VARIEDADES DE MAÍZ MON 810 CULTIVADAS EN ESPAÑA

1. EL ESTADO ESPAÑOL, PUERTA DE ENTRADA DE CULTIVOS TRANSGENICOS EN LA UNION EUROPEA

España ha sido pionero en la siembra de variedades modificadas genéticamente (MG) en la Unión Europea. El gobierno español fue el primero en incorporar variedades transgénicas al Registro Nacional de Variedades Comerciales, paso preceptivo para la comercialización de semillas que equivale a autorizar su siembra. En 1998 se registraron 2 variedades Bt-176, un maíz prohibido desde el primer momento por países como Austria por sus riesgos ecológicos y para la salud. En 2003 se incorporó al registro español otra variedad Bt-176 y las 4 primeras variedades MON 810. En 2005 el gobierno retiraba todas las variedades Bt-176 inscritas en España, portadoras de un gen de resistencia a la ampicilina, por recomendación de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria debido a sus riesgos sanitarios. Al mismo tiempo, sin embargo, ampliaba el número de variedades registradas portadoras del evento MON 810. Posteriormente se han registrado nuevas variedades MON 810, figurando 60 variedades de este maíz en el catálogo de variedades español a principios de 2011.¹

Ningún otro país de la UE permitió la siembra de variedades transgénicas hasta 2005, fecha en que se registraron 17 variedades MON 810 en el catálogo de variedades europeo. Varios países (Alemania, Austria, Bulgaria, Francia, Grecia, Hungría, Luxemburgo y Polonia) han prohibido posteriormente su cultivo.

Según Monsanto, en 2009 se cultivaron en Europa 94.850 hectáreas de maíz MON 810 en 6 países, lo que representa alrededor del 0,20% de la superficie total cultivada. España (con 76.057ha) es con creces el país con mayor superficie de este cultivo, seguido de la República Checa (6.480 ha), Portugal (5.094 ha), Rumania (3.344 ha), Polonia (unas. 3.000 ha, cultivadas ilegalmente) y Eslovaquia (875 ha).²

En 2010 la superficie de maíz transgénico sembrada en España ascendía a unas 67.726 hectáreas, según datos del Ministerio, habiendo descendido de forma significativa (aproximadamente un 11%) por segundo año consecutivo.³ La mayor parte de esta superficie corresponde a Aragón, Cataluña y Extremadura, como se puede ver en el siguiente cuadro. Este descenso, más acusado en las regiones donde el MON 810 está más extendido, como Aragón o Cataluña, sugiere un creciente rechazo hacia este tipo de cultivos.

ESTIMACIÓN DE LA SUPERFICIE TOTAL DE VARIEDADES OMG CULTIVADAS EN ESPAÑA

COMUNIDAD AUTÓNOMA	SUPERFICIE MAÍZ MON 810 (ha)
Andalucía	3.302
Aragón	24.371
Castilla la Mancha	2.911

¹ Variedades Registradas en España de Maíz Modificado Genéticamente http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/omg/notificaciones_autorizaciones/pdf/Tabla_variedades_MG_mayo_2008.pdf Visitada el 29 de marzo 2011.

² Monsanto. Annual monitoring report on the cultivation of MON 810 in 2009. August 2010. http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/docs/annual_monitoring_report_MON_810_2009_en.pdf visitada 15 de marzo 2011.

³ Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) http://www.mapa.es/agricultura/pags/semillas/estadisticas/serie_maizgm98_06.pdf Visitada el 29 de marzo 2011.

Cataluña	25.212
Extremadura	7.314
Islas Baleares	77
La Rioja	5
Madrid	322
Navarra	4.177
Comunidad Valenciana	21
Cantabria	14
TOTAL	67.726 ha

se puede incluir el este cuadro o bien -ALTERNATIVAMENTE, el cuadro al pie. PERO en la versión anterior se incluyo el cuadro al pie y se leía mal, al tenerse q. reducir mucho las cifras para imprimirlo
CUADRO DISPONIBLE EN <
http://www.mapa.es/agricultura/pags/semillas/estadisticas/serie_maizgm98_06.pdf>



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE
Y MEDIO RURAL Y MARINO

SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO RURAL Y AGUA
SECRETARÍA GENERAL DE MEDIO RURAL

DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS AGRÍCOLAS Y GANADEROS
OFICINA ESPAÑOLA DE VARIEDADES VEGETALES

SUPERFICIE EN HECTAREAS DE VARIEDADES MAIZ G.M. QUE SE ENCUENTRAN INCLUIDAS EN EL REGISTRO DE VARIEDADES COMERCIALES													
COMUNIDADES AUTÓNOMAS	AÑOS												
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ANDALUCÍA	780	2.800	1.500	450	1.800	2.067	2.770	2.875	298	592	1.372	2.175	3.302
ARAGON	11.500	7.300	9.000	4.250	9.200	12.592	25.547	21.259	23.734	35.860	31.857	29.540	24.371
ASTURIAS	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
BALEARES	2	2	26	0	30	6	29	29	0	3	3	92	77
CANTABRIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
CASTILLA LA MANCHA	4.500	6.800	5.650	870	4.150	7.682	8.197	7.957	4.176	3.659	4.739	3.128	2.911
CASTILLA Y LEON	200	360	270	0	0	74	0	12	0	13	28	19	0
CATALUÑA	1.700	3.000	4.500	3.250	5.300	5.430	15.699	16.830	20.365	23.013	25.298	28.260	25.212
EXTREMADURA	1.000	2.500	2.500	600	1.500	1.899	2.026	1.171	2.071	6.460	10.416	8.308	7.314
LA RIOJA	25	30	30	0	0	0	35	41	122	4	11	8	5
MADRID	660	1.560	1.970	1.940	780	1.034	1.385	155	80	193	381	130	322
MURCIA	0	0	0	0	0	0	12	0	0	24	0	0	0
NAVARRA	1.760	300	220	80	500	1.387	2.446	2.604	2.821	5.327	5.150	4.397	4.177
VALENCIA	190	300	150	100	20	72	73	293	0	0	14	0	21
TOTAL	22.317	24.952	25.816	11.540	23.280	32.249	58.219	53.226	53.667	75.148	79.269	76.057	67.726

NOTA: LOS DATOS HAN SIDO CALCULADOS EN FUNCIÓN DE LAS DECLARACIONES DE VENTA DE SEMILLA QUE LOS PRODUCTORES DE SEMILLA HAN FACILITADO A ESTE MINISTERIO, DE ACUERDO CON LO ESTABLECIDO EN LOS PLANES DE SEGUIMIENTO DE CADA VARIEDAD.

Los datos sobre superficies ofrecidos por el Gobierno, sin embargo, se limitan a reflejar la información suministrada por la propia industria. Y es que España no tiene un registro de las parcelas de maíz transgénico, como exige la normativa europea. La inexistencia de un registro público con información sobre las parcelas sembradas con variedades MG dificulta (o incluso imposibilita) un seguimiento riguroso e independiente de este cultivo y vulnera el derecho a la información de los agricultores que no siembran transgénicos, cuyos campos pueden verse contaminados sin siquiera tener conocimiento de la existencia de cultivos MG en parcelas vecinas. Por otra parte cabe señalar que los datos desglosados por provincias en las distintas comunidades autónomas⁴, no coinciden -sorprendente- con los totales proporcionados en la página del MARM, variando notablemente en algunos casos.

2. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO INADECUADO DEL MON 810

⁴ Fuente: MARM:

<http://www.mapa.es/ministerio/pags/omg/Superficie%20cultivada%20Ma%C3%ADz%20OMG%20por%20provincias%202010.pdf> Visitado el 29 de marzo 2011

Todas las variedades transgénicas cuyo cultivo está autorizado actualmente en España son variedades insecticidas, portadoras del evento MON 810 propiedad de la compañía Monsanto. Producen una toxina fabricada en la naturaleza por una bacteria del suelo -el *Bacillus thuringiensis*.

El maíz MON 810 ha sido modificado genéticamente mediante la técnica de bombardeo de partículas de ADN, cuyos resultados se consideran especialmente inexactos y problemáticos (ver recuadro al pie).⁵ Debido a ello, la falta de información sobre la caracterización molecular del evento MON 810 suscitó en su día objeciones por parte de algunos países a su autorización comunitaria. Estudios posteriores han puesto en evidencia que el ADN de esta línea de maíz ha sufrido reordenaciones y/o deleciones a raíz de la transformación, con efectos impredecibles y potencialmente indeseados.⁶ También se ha comprobado que los genes extraños incorporados al ADN de la planta se han fusionado con genes de la propia planta, por lo que es probable que la proteína producida en los cultivos MON 810 sea diferente de la toxina Bt natural.⁷ Esto invalidaría la mayor parte -si no todas- de las pruebas de "seguridad" realizadas para el MON 810.

Los genes son segmentos de ADN que codifican las proteínas necesarias para el desarrollo y la actividad biológica de todo ser vivo. Cuando se insertan genes extraños en una planta, ésta puede producir un conjunto de proteínas diferentes, originando cambios en las características del fruto o de la planta. Pero las técnicas de ingeniería genética tienen un amplio margen de error, y el avance de la ciencia ha puesto en evidencia que los genes no funcionan de forma aislada, sino que forman parte de un complejo sistema puesto a punto a lo largo de millones de años de evolución. Debido a ello, la inserción de genes extraños en una planta puede provocar efectos imprevistos no deseados, que pueden pasar desapercibidos, o manifestarse únicamente en situaciones de stress de la planta, suponiendo graves riesgos para la salud y para el medio ambiente.

Por otra parte, en el proceso de transformación genética generalmente no puede controlarse el número de copias de ADN extraño introducido en el genoma de una planta, ni su lugar de inserción. Además, cuando se "dispara" ADN sobre las células vegetales mediante el método de bombardeo de partículas, éstas pueden "recoger" ADN extracelular (de las mitocondrias o cloroplastos) en su trayectoria hacia el núcleo de la célula, transfiriéndolo al genoma huésped. También pueden ocurrir reordenaciones del propio vector de transformación y de la información genética que se pretende incorporar a la planta, que se dispersaría de forma aleatoria por todo el genoma.

Debido a ello, en las variedades transgénicas se ha detectado la existencia de mutaciones, reordenaciones genómicas, supresión de ADN o aparición de secuencias genéticas nuevas no intencionadas, que pueden dar lugar a efectos totalmente imprevistos -potencialmente dañinos- no considerados en el momento de su evaluación.

Fuente: Comisión Europea (2004)

Por otra parte, la comercialización del MON 810 en la Unión Europea (UE) fue aprobada en 1998, de acuerdo con la normativa sobre liberación de organismos modificados genéticamente (OMG) vigente desde 1990 (Directiva 90/220/EEC). Dicha normativa se consideraba inadecuada para

⁵ European Communities. Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293). First Written Submission by the European Communities. Geneva. 17 May 2004

⁶ Hernández, M., Pla, M., Esteve, T., Prat, S., Puigdomenech, P., Ferrando, A. 2003. A specific real-time quantitative PCR detection system for event MON 810 in maize YieldGard R based on the 3'-transgene integration sequence. *Transgenic Research* 122: 179-189.

Wilson, A., Latham J. & Steinbrecher, R (2004) "Genome Scrambling –Myth or Reality?". Econexus Technical Report – October 2004.

Collonier, C., Berthier, G., Boyer, F., Duplan, M-N., Fernández, S., Kebdani, N., Kobilinsky, A., Romanuk, M. & Bertheau, Y. (2003). Characterization of commercial GMO inserts: a source of useful material to study fluidity. Poster presented at ICPMB -International Congress for Plant Molecular Biology (nº VII). Barcelona, 23-28 June 2003.

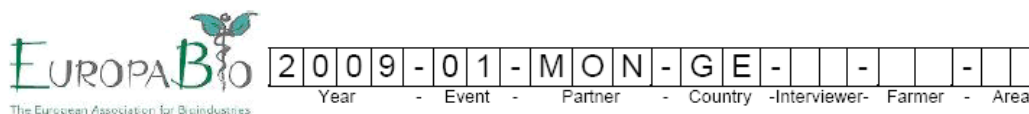
⁷ Rosati, A., Bogani, P., Santarlasci, A. Buiatti, M. 2008. Characterisation of 3' transgene insertion site and derived mRNAs in MON 810 YieldGard maize. *Plant Molecular Biology* DOI 10.1007/s11103-008-9315-7.

evaluar los organismos transgénicos. Ello dio lugar a finales de los 90 a una moratoria europea a la aprobación de nuevas variedades MG, vigente hasta la adopción de nuevas normas (Directiva 2001/18), más rigurosas y exigentes aunque todavía insuficientes, que entraron en vigor en 2003. La evaluación de riesgos del maíz MON 810 no incluyó por tanto cuestiones fundamentales para determinar sus repercusiones, como sus efectos a largo plazo sobre la salud humana y/o animal, o los impactos indirectos o diferidos sobre el medio ambiente.

En lo que respecta al plan de seguimiento, el único vigente para el MON 810 a nivel europeo hasta 2008 ha sido el propuesto por Monsanto en 1995 al solicitar el permiso de comercialización. Este plan de seguimiento no incluía ninguna de las preocupantes cuestiones que la nueva directiva 2001/18/EC obliga a tener en consideración, como los riesgos para organismos no-objetivo, los cambios en las rutas metabólicas secundarias de las plantas y los efectos de la acumulación en los suelos de la toxina Bt. Los requisitos del Plan de Seguimiento previsto en las ordenes por las que se inscriben las variedades MON 810 en el Registro de Variedades Vegetales español son totalmente inadecuados igualmente: no se exige seguimiento alguno de los efectos del MON 810 sobre la salud, y el único aspecto ambiental contemplado es los „efectos sobre la entomofauna y microorganismos del suelo en las parcelas cultivadas con estas variedades“.

Según informes hechos públicos por la compañía a partir de 2009⁸, el seguimiento del MON 810 de Monsanto en 2008 y 2009 se ha limitado a:

- Un cuestionario a una muestra de agricultores en el que se formulan únicamente 2 preguntas (de un total de 26) referidas a temas ambientales o de comportamiento animal; esta encuesta se considera la principal herramienta del plan de seguimiento. Las dos preguntas son: [INSERTAR FICHA SI CONSEGUIMOS COPIA DE LA ENCUESTA EN CASTELLANO - o utilizar recuadro al pie \(de la encuesta de Monsanto\)](#)



- 3.7.) Impresión general sobre la presencia de vida silvestre en los campos de maíz (presencia normal, mayor o menor de insectos, aves o mamíferos).
3.8.) Impresión general sobre el rendimiento del ganado alimentado con maíz transgénico (normal, o diferente del alimentado con maíz convencional) ?
- Actividades de "custodia y responsabilidad sobre la utilización del producto"; en esta sección del informe Monsanto explica que la compañía insta a las empresas que ostentan licencia de venta del maíz transgénico a que notifiquen cualquier efecto nocivo imprevisto derivado de su utilización.
- Actividades de alerta sobre cuestiones ambientales, consistentes fundamentalmente en que Monsanto se esfuerza por detectar, analizar, compartir con las autoridades competentes "los comentarios de expertos" y divulgar sus conclusiones sobre cualquier información aparecida sobre posibles efectos nocivos del MON 810. Muy posiblemente esta sea la parte del seguimiento que Monsanto -y su potente departamento de marketing- ha cumplido con mayor diligencia.
Además de ello estas actividades de alerta implican el desarrollo de una "red europea de seguimiento" promovida desde EuropaBio (asociación que agrupa a la industria biotecnológica europea) y en la que estarían implicadas diversas instituciones o redes de seguimiento a nivel nacional. Sin embargo, los primeros pasos en el desarrollo de esta red no parecen haber ido por muy buen camino. En un comunicado de abril 2009 las principales instituciones científicas que monitorean la evolución de las poblaciones de

⁸ Monsanto. (2010) Annual monitoring report on the cultivation of MON 810 in 2009. Czech Republic, Portugal, Slovakia, Poland, Romania and Spain.

< http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/index_en.htm > Visitada el 29 de marzo 2011

⁹ http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/docs/2009_Farmer_Questionnaire.pdf Visitada 28 de marzo 2011

mariposas en Alemania se desmarcaban públicamente de la información publicada por Monsanto en su informe de seguimiento 2009, señalando la inexistencia de acuerdos de colaboración con esta compañía y declarando que Monsanto se ha limitado a utilizar los resultados del programa alemán de seguimiento (Tagfalter-Monitoring Deutschland, TMD) y datos de la plataforma de Internet *science4you*, interpretándolos (a su conveniencia) para extraer unas conclusiones que carecen de fundamento científico y que no son compartidas por dichas instituciones.¹⁰

Monsanto afirma que "...el análisis de la información disponible reveló que no existía una vinculación aparente entre las variaciones [de población] observadas y el cultivo del MON 810 en Alemania". Sin embargo, según las instituciones científicas responsables del seguimiento, "...es absolutamente imposible realizar un análisis científico riguroso basándose en los datos del informe. ... dado que la investigación no lleva suficiente tiempo en marcha... [y que]... son muy pocos los datos registrados relacionados con el hábitat [agrario] relevante para el MON 810."

Fuente: Monsanto Monitoring Report 2008 y UFZ, GfS & science4 you

Como parte de las actividades de alerta, el informe incluye también un listado comentado de los estudios aparecidos en publicaciones científicas a lo largo del año, que niega sistemáticamente la validez de los trabajos que señalan la existencia de riesgos, o cualquier sugerencia de que son necesarios estudios más amplios para descartar dichos riesgos.

En este informe se constata lo denunciado reiteradamente por quienes critican la imposición de los transgénicos: Monsanto, responsable del seguimiento de los cultivos MON 810 según la normativa española y europea, no vigila prácticamente sus repercusiones ambientales; y su seguimiento de los efectos de la ingesta de este maíz en la salud animal se limita casi exclusivamente a una pregunta a un reducidísimo número de cultivadores (un total de 56 de los encuestados en toda la Unión Europea contesta a esta escuetísima pregunta) sobre si han detectado algún cambio en el rendimiento de los animales, e indirectamente sobre su salud.

3. LA AUTORIZACIÓN DEL MON 810:

¿Nuevas maniobras y presiones en Bruselas?

La autorización del MON 810 caducaba en 2008, habiendo presentado Monsanto en mayo 2007 una solicitud de renovación que está siendo evaluada actualmente por la Unión Europea. En Junio 2009 la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés) emitió un dictamen favorable a dicha autorización. Este documento ha sido duramente criticado, revelando graves errores y omisiones en su valoración de la seguridad de este maíz insecticida. Según un informe científico encargado por Greenpeace y Amigos de la Tierra¹¹, el dictamen de la EFSA:

-No exige una caracterización molecular detallada del evento (que Monsanto sigue sin proporcionar), ni investiga las consecuencias de las alteraciones genómicas y presencia de fragmentos desconocidos de ADN y ARN derivados del proceso de transformación genética, ni la seguridad (o inseguridad) de las nuevas proteínas producidas por este maíz.

-Su análisis de la evidencia científica existente no es equilibrado, pues omite o cuestiona estudios científicos contrastados que demuestran los riesgos e inseguridad del MON 810, citando en cambio otros que indican que el riesgo es mínimo, aunque la solidez científica de algunos de ellos ha sido cuestionada por algunos estados miembros.

¹⁰ Joint statement by the Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), the Gesellschaft für Schmetterlingsschutz (Lepidoptera Conservation Association; GfS) and science4you. 2 Abril 2009. <http://www.ufz.de/index.php?en=17932>. Visitada 22 de marzo 2011.

¹¹ Cotter, J., & Mueller, W. (2009). *A critique of the European Food Safety Authority's opinion on genetically modified maize MON810*. Report commissioned by Greenpeace and Friends of the Earth Europe.

-Tampoco tiene en cuenta las incertidumbres científicas existentes en lo que se refiere a los efectos del MON 810 sobre el medio ambiente y la salud, obviando los numerosos estudios que reclaman más investigación.

-La evaluación toxicológica no es válida, pues se base en estudios referidos a otro OMG (el MON 863), no se sabe si por equivocación o porque no se dispone de estudios sobre el MON 810 que permitan demostrar la seguridad de este último.

-Se contradice en sus afirmaciones (reconoce la presencia de nuevas proteínas, pero afirma q. no existen nuevos constituyentes que exijan una evaluación toxicológica).

-Ignora o resta importancia a los datos que evidencian que el insecticida producido por el MON 810 podría tener impactos negativos sobre especies de mariposas (Lepidópteros) y sobre otros insectos (algunos de ellos especies depredadoras o parasitoides, que juegan un importante papel en el control de plagas).

-Aunque reconoce la posibilidad de que la toxina Bt se acumule en los suelos, se permite asegurar que los efectos sobre la comunidad microbiana del suelo serán mínimos y efímeros, sin aportar evidencia científica sólida que respalde esta afirmación.

-No tiene en cuenta la diversidad de las regiones biogeográficas europeas, que requiere un enfoque regional en la evaluación del impacto de los cultivos transgénicos que permita tener en cuenta las diferencias en lo que se refiere a prácticas agrarias y agroecosistemas.

Corresponde ahora a los estados miembros, y en última instancia a la Comisión Europea, renovar o rechazar la autorización del MON 810. Pero las presiones de EEUU y de la industria biotecnológica vienen ejercido una influencia decisiva en las decisiones europeas sobre los transgénicos, algo que ha quedado escandalosa y meridianamente claro en el caso del Gobierno español: en diciembre 2010 se hacían públicos los cables de Wikileaks, que demostraban la connivencia del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino con los intereses comerciales de EEUU y las grandes multinacionales que controlan la biotecnología.¹² Según estas bochornosas revelaciones, el Gobierno español ha venido desarrollando una estrategia de presión en la sombra a favor de los transgénicos. Esta por ver si en la decisión comunitaria de renovación del MON 810 primarán de nuevo los grandes intereses comerciales, o la salud de los consumidores y el futuro de la agricultura y del medio ambiente europeo.

4. UNA AMENAZA PARA LA SALUD

Según la propia Comisión Europea, el proceso de creación de organismos manipulados genéticamente (OMG) está rodeado de incertidumbres, que pueden dar lugar a multitud de efectos imprevistos. La inserción de ADN extraño en una posición no deseada dentro del genoma puede potenciar o silenciar los procesos de producción de proteínas y provocar cambios de composición o la aparición de compuestos potencialmente tóxicos en los alimentos, con riesgos para la salud. La manipulación genética puede inducir la producción de dosis mayores de sustancias tóxicas presentes de forma natural en las plantas, su presencia en el fruto o en partes de la planta donde no se producían antes, o la aparición de compuestos totalmente nuevos potencialmente dañinos para la salud. También puede provocar otras alteraciones que originen cambios en la composición de los alimentos, con efectos desconocidos para la salud humana. Puede darse asimismo una pérdida de las cualidades nutritivas de un alimento, al disminuir determinados compuestos o aparecer sustancias *antinutrientes*, que impiden su correcta asimilación.¹³

Como ya se ha comentado, dado que la Directiva 90/220 no requería una evaluación de los efectos a largo plazo de los OMG, los riesgos de alergias y otros posibles problemas para la salud asociados a las variedades Bt no han sido estudiados adecuadamente antes de su autorización, ni se ha hecho un seguimiento riguroso de sus efectos. Su cultivo supone por tanto someter a la

¹² Véase <http://www.elpais.com/documentossecretos/tema/debate_de_los_transgenicos/>

¹³ European Communities. Measures Affecting the Approval and Marketing of Biotech Products (DS291, DS292, DS293). First Written Submission by the European Communities. Geneva. 17 May 2004.

población (y al ganado que lo consume) a un peligroso e involuntario experimento a gran escala. Las reordenaciones genómicas y supresión de ADN de las variedades MON 810 pueden dar lugar a efectos imprevistos, con efectos potencialmente dañinos para la salud. Además, como ya se ha indicado el proceso de transformación genética ha originado fragmentos desconocidos de ADN y ARN en el MON 810 y muy posiblemente la producción de proteínas transgénicas desconocidas, pudiendo provocar problemas inmunológicos o de toxicidad imprevisibles.¹⁴

Por otra parte, la preocupante falta de seguimiento de los efectos del MON 810 sobre la salud (humana y del ganado) por parte de las administraciones públicas (véase sección 2) a pesar de que se han descrito trastornos graves (en algunos casos con mortandad significativa) en ganado alimentado con maíz Bt o pastoreado en campos de cultivo Bt, puede llevar a un verdadero desastre sanitario a medio plazo.¹⁵

Se ha detectado, por ejemplo, que la producción de lignina en las variedades Bt es mayor que en las convencionales, sin que se conozcan los efectos de este cambio de composición en la alimentación animal.¹⁶ Tampoco se sabe qué efectos puede tener la variación de la concentración de aminoácidos en la savia del maíz Bt (véase cita en 6), ni otras alteraciones de vías metabólicas secundarias no detectadas hasta ahora.

En uno de los escasos estudios sobre los efectos a largo plazo de los cultivos transgénicos, patrocinado por el Ministerio de Medio Ambiente y Salud de Austria, se evidenciaron problemas significativos de descenso de la fertilidad en ratones alimentados con maíz NK603 x MON 810.¹⁷ En otro ensayo de laboratorio se pusieron de manifiesto trastornos del sistema inmunológico en grupos vulnerables (ratones muy jóvenes o de edad avanzada) cuya dieta contenía MON 810.¹⁸ Y una investigación en la que por primera vez se realizó un análisis comparativo de los resultados de ensayos de alimentación de ratones con 3 maíces transgénicos (NK 603, MON 810 y MON 863) revela nuevos efectos "colaterales" asociados al consumo de maíz transgénico, concluyendo que existen indicios de toxicidad en hígado y riñones y que no pueden descartarse repercusiones metabólicas directas o indirectas imprevistas ocasionadas por la modificación genética.¹⁹

Está demostrado que la ingeniería genética puede introducir nuevos compuestos alergénicos en los cultivos, aumentar la presencia de alérgenos producidos de forma natural, o incluso alterar compuestos inocuos dando lugar a proteínas alergénicas. La mayoría de los alérgenos alimentarios conocidos son proteínas con características peculiares, pero algunos compuestos no encajan en esta descripción y no se dispone de ninguna técnica que permita descubrir *a priori* sus propiedades alergénicas, salvo la exposición directa.²⁰ Un experimento de una institución pública reveló, por ejemplo, que la proteína transgénica producida por el gen introducido en un guisante (procedente de una judía sin historial de alergias) provocaba una

¹⁴ Rosati et al. Op. cit.

Wilson, A. Op. cit.

¹⁵ Institute for Responsible Technology. State of the Science on the Health Risks of GM Foods. <http://www.seedsofdeception.com/DocumentFiles/145.pdf> visitada 10 marzo 2009.

¹⁶ Saxena, D. & Stotzky, G. 2001. Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. *American Journal of Botany*. 88: 1704-1706.

Poerschmann, J. Gathmann, A., Augustin, J., Langer, U. & Górecki, T. (2005). Molecular Composition of Leaves and Stems of Genetically Modified Bt and Near-Isogenic Non-Bt Maize - Characterization of Lignin Patterns. *J. Environ. Qual.* 34:1508-1518 (2005).

¹⁷ Velimirov, A., Binter, C. & Zentek, J. (2008). Biological effects of transgenic maize NK603xMON 810 fed in long term reproduction studies in mice. Bundesministerium für Gesundheit Familia und Jugend. Austria. Nov. 2008.

¹⁸ Finamore, A., Roselli, M., Britti, S., Monastra, G., Ambra, R. Turín, A. & Mengheri, E. (2008) Intestinal and Peripheral Immune Response to MON 810 Maize Ingestión in Weaning and Old Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. 56 (23), pp. 11553-11539

¹⁹ Vendômois, J., Roullier, F., Cellier, D. & Séralini, G.E. (2009). A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *International Journal of Biological Sciences*; 5(7): 706-726

²⁰ 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. http://www.rsc.ca/index.php?page=expert_panels_food&lang_id=1&page_id=119 (visitada 10 marzo 2009).

European Communities (2005). Op. cit.

fuerte reacción alérgica en ratones alimentados con este guisante.²¹ La composición de la proteína transgénica y de la producida en la judía era prácticamente igual, diferenciándose únicamente en la forma en que se plegaban (el mismo problema que el prión de las vacas locas), por lo que el problema no hubiera sido detectado de no haberse llevado a cabo esta investigación independiente.

Las toxinas Bt contienen segmentos de aminoácidos idénticos a alérgenos conocidos, y su estabilidad sugiere asimismo que pueden ser alergénicas.²² Se ha demostrado que algunas toxinas Bt no se destruyen por completo durante la digestión y que provocan una respuesta inmunológica en mamíferos, en algunos casos tan potente como la inducida por la toxina del cólera.²³

La existencia de cultivos transgénicos en el entorno también puede originar problemas de alergias (al polen, a los residuos, etc.). De hecho, existen diversos informes sobre problemas alergénicos asociados a la proteína Bt natural y a la proteína transgénica.²⁴ En Filipinas la población de una zona en la que se cultivaban variedades Bt ha desarrollado una misteriosa enfermedad que se cree puede estar asociada a estos cultivos, pues se descubrieron anticuerpos a la toxina Bt en la sangre de las personas afectadas, y se sabe de al menos un caso similar en La India.²⁵

La posible transferencia a bacterias del segmento genético que codifica la toxina Bt podría tener graves implicaciones si esta proteína resultase alergénica. Si los genes Bt pasan a bacterias estomacales, nuestra flora intestinal podría convertirse en una fábrica viviente de proteínas insecticidas... alergénicas. La posibilidad de transferencia de genes Bt del polen de cultivos transgénicos a bacterias del sistema respiratorio humano o animal representa un riesgo similar.

5. APARICION DE RESISTENCIA EN INSECTOS Y NUEVAS PLAGAS

²¹ Prescott, V.E., Campbell, P.M., Moore, A., Mattes, J., Rothenberg, M.E., Foster, P.S., Higgins, T.J.V. & Hogan, S.P. (2005). Transgenic expresión of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immuno-genicity. *Journal of Agricultural and food Chemistry* 53: 9023-9030 (Publisher November 16, 2005). E. Young.

²² Gendel (1998). The use of aminoacid sequence alignments to assess potencial allergenicity of proteins used in genetically modified foods. *Advan. in Food and nutrition Research* 42: 45-62

Noteborn, H.P.J.M. (1998). Assessment of the stability to digestion and bioavailability of the LYS mutant Cry9C protein from *Bacillus thuringiensis serovar tolworthi*. Unpublished study to EPA (AgrEvo, EPA MRID No. 447343-05). Citado en J. M. Smith Genetically Modified Foods Unsafe? Evidence that Links GM Foods to Allergic Responses Mounts. Global Research, Nov. 8, 2007.

Freese, B. (2001) Concerning the Revised Risks and Benefits Sections for *Bacillus thuringiensis* Plant Pesticides. Final Comments for Submission to EPA Docket n° OOP-006785. Friends of the Earth. September 21, 2001. Citado en Some problems with renewals of Bt crop registrations. Cropchoice.com. <http://www.cropchoice.com/leadstrye822.html?recid=477> visitado el 15 marzo 2009.

²³ Vázquez-Padrón, R.I. González-Cabrera, J., García-Tovar, C., Neri-Bazán, L., López-Revilla, R., Hernández, M., Moreno-fierros, L. & de la Riva, G.A. (2000). Cry 1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis sp. Kurstaki* Hd73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. N° 271, pp.54-58.

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.

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

²⁴ Ver también: Institute for Responsible Technology. Op. cit. Pg. 11.

²⁵ Maize allergy raises hackle. *New Scientist*. Issue 2437. 6 March 2004.

T. Traavik. (2004) The Cartagena Protocol, the Precautionary Principle, “sound science” and “early warnings”. Norwegian Institute for Gene Ecology. Published by Third World Network. Disponible en: <http://www.twinside.org.sg/title2/service108.htm> (visitada 25 enero 2008).

Gupta, A. et al. Impact of Bt cotton on farmers’ health (in Barwani and Dhar district of Madhya Pradesh). Investigation Report, Oc-Dec. 2005.

Uno de los grandes problemas de los cultivos Bt es la previsible evolución de resistencias a la toxina insecticida en los insectos plaga, sobre todo si la superficie cultivada es muy extensa y uniforme. La producción de insecticida durante todo o gran parte del ciclo de la planta implica una exposición continuada al Bt durante un amplio periodo de tiempo, lo que supone una presión selectiva muy grande a favor de los insectos resistentes, que con el tiempo tenderán a desplazar al resto de la población. Se ha documentado la existencia de al menos 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.

En EEUU la Agencia de Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, EPA) estableció en 1996 medidas encaminadas a retardar la aparición de resistencias, consistentes fundamentalmente en 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 propia industria semillera. Además, **en España se dan ciertos factores que pueden afectar negativamente al éxito de la estrategia de refugios**: por un lado, la movilidad del barrenador (o taladro) europeo (*Ostrinia nubilalis*) se reduce antes de la ovoposición en los campos de maíz en regadío -el sistema de cultivo más frecuente en muchas comarcas españolas; por otra, se ha demostrado que las hembras de la especie mediterránea del taladro presente en nuestro territorio (*Sesamia nonagrioides*) se aparean antes de moverse para hacer la puesta, por lo que es previsible que será baja la frecuencia de apareamiento de las hembras que se desarrollen en las zonas refugio con los machos potencialmente resistentes de los campos Bt, y viceversa.²⁶

La estrategia de *refugios* parece estar retrasando la aparición de poblaciones resistentes de insectos en todo el mundo, pero existe ya evidencia de la evolución de resistencias en diversas regiones y cultivos Bt, habiéndose detectado resistencia al maíz MON 810 en Sudáfrica.²⁷ En 2010 la empresa Monsanto reconoció públicamente por vez primera la aparición de resistencia al Bt en una plaga de los cultivos de algodón en la India, mientras que en China este mismo fenómeno amenaza la efectividad de las variedades de algodón Bt.²⁸

En España no hay evidencia de evolución de resistencias en las publicaciones científicas ni en los informes de seguimiento hechos públicos por Monsanto²⁹, pero el deficiente seguimiento del maíz transgénico resta fiabilidad a esta información.

²⁶ de la Poza Gómez, M. (2004). Maíz Bt: Seguimiento de la resistencia de *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) y efectos en artrópodos depredadores. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.

²⁷ Tabashnik, B.E., Gassmann, A. J., Crowder, D. W. & Carriere, Y. (2008). Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnology*. Vol. 26. nº 2. Feb. 2008.

Luttrell, R.G. & Ali, M.I. (2007) Exploring selection for Bt resistance in Heliothines: results of laboratory and field studies. in *Proceedings of the 2007 Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, LA, January 9-12, 2007.

Ali, M.I & Luttrell, R.G. (2007) Monitoring Bt susceptibilities in *Helicoverpa zea* and *Heliothis virescens*: results of 2006 studies. in *Proceedings of the 2007 Beltwide Cotton Conferences*, New Orleans, LA, January 9-12, 2007.

Gunning, R.V., Dang, H.T., Kemp, F.C., Nicholson, I.C. & Moores, G. (2005) New Resistance Mechanism in *Helicoverpa armigera* Threatens Transgenic Crops Expressing *Bacillus thuringiensis* Cry1Ac Toxin. *Applied and Environmental Microbiology*, May 2005, p. 2558-2563

van Rensburg, J.B.J. (2007). First report of field resistance by the stem borer, *Busseola fusca* (Fuller) to Bt-transgenic maize. *S. Afr. J. Plant Soil*, 24 (3).

²⁸ Bagla, P. (2010) Hardy Cotton-Munching Pests Are Latest Blow to GM Crops. *Science*. Vol 327 19 March 2010.

Fengyi Liu, Zhiping Xu et al. (2010). Evidence of field-evolved resistance to Cry1Ac-expressing Bt cotton in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in northern China. *Pest Manag Sci* 2010; 66: 155-161.

²⁹ Farinós, G.P., de la Poza, M., Hernández Crespo, P., Ortega, F. & Castañera, P. (2004) Resistance monitoring of field populations of the corn borers *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* after 5 years of Bt maize cultivation in Spain. *Entomol. exp. Appli.* 110, 23-30 (2004).

Monsanto (2010) Op. cit.

Por otra parte, los datos proporcionados por Monsanto sobre la captura de insectos plaga para los estudios de seguimiento ponen de manifiesto la **muy cuestionable necesidad de promover cultivos insecticidas de maíz (Bt) en gran parte de las zonas de siembra en España**. La descripción de los resultados de la recolección de larvas pone en evidencia la ausencia de taladro:

"Como ya había ocurrido en 2008, en el Sudoeste Ibérico no se encontró el número mínimo de larvas de S. nonagrioides necesario para las pruebas; en España se prospectaron 7 campos, encontrándose solamente 3 larvas, mientras que en Portugal se recogieron 56 larvas en los 4 campos de maíz examinados. Sin embargo, en el nordeste ibérico se localizaron larvas del último estadio en 3 de los 4 campos inspeccionados.
*La presión de O. nubilalis en Iberia central era baja. De las 4 localidades inspeccionadas solo se recogieron larvas en 2. ... En el nordeste de Iberia la infestación por esta especie era mayor, recogándose larvas en 3 de los 4 campos explorados."*³⁰

Se ha demostrado además que el nivel de toxina Bt producida en el maíz MON 810 varía enormemente entre las distintas parcelas y entre plantas de una misma parcela, así como a lo largo del ciclo productivo.³¹ Se ignora la razón de esta extraordinaria variabilidad y sus implicaciones sobre la aparición de resistencias en los insectos plaga. Los resultados de esta investigación coinciden con el estudio llevado a cabo por Greenpeace en España, que concluye que las concentraciones de toxina Bt en el maíz MON 810 son altamente impredecibles y variables, pudiendo llegar a diferir entre sí las plantas de una misma parcela hasta 100 veces.³² La concentración de la toxina es completamente diferente de los niveles indicados por Monsanto cuando solicitó la autorización para comercializar esta línea de maíz, planteando serias dudas sobre la seguridad del maíz transgénico y la eficacia de las estrategias para retardar la aparición de resistencias, y poniendo en entredicho el sistema de autorizaciones de la UE.

La proliferación de insectos resistentes al Bt no sólo inutilizará 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, la manipulación genética puede provocar alteraciones en la producción de compuestos volátiles por las plantas, favoreciendo la proliferación de insectos potencialmente dañinos para los cultivos.³³ Según un estudio realizado en 2003 por el Instituto Max Planck de Alemania, el espectro de compuestos volátiles del MON 810 difiere significativamente de líneas isogénicas convencionales.³⁴ Dado que estos compuestos constituyen el "sistema de alarma" utilizado por las plantas para defenderse de las plagas, atrayendo a sus enemigos naturales, su variación puede favorecer la presencia de insectos plaga en un cultivo.

Se ha observado también que el maíz MON 810 es más susceptible que los híbridos convencionales a la infestación por áfidos.³⁵ El incremento de la población de áfidos en el maíz Bt se debe a una mayor concentración de aminoácidos en la savia que éstos utilizan como

³⁰ Perez-Fariños, G. (2010). Insect resistance monitoring associated with Mon 810 maize cultivation in the EU. Report: season 2009. Ministerio de Educación y Ciencia. (Anejo 5 del Informe de seguimiento 2010 de Monsanto).

³¹ Nguyen, H.T. & Jehle, J.A. (2007). Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize MON 810. *Journal of Plant Diseases and Protection* 114: 820-87.

³² Greenpeace. 2007. How much Bt toxin do genetically engineered MON 810 maize plants actually produce?. *Bt concentration in field plants from Germany and Spain*. Greenpeace. Hamburg, 05/2007.

³³ E. B. Hagvar & S. Aasen. "Possible Effects of Genetically Modified Plants on Insects in the Plant Food Web". *Latvijas Entomologs*, 2004, 41: 111-117.

³⁴ Citado en Greenpeace. Monitoring of genetically engineered crops: European Commission fails to protect EU Member States.

³⁵ Faria, C.A., Wäckers, F.L., Pritchard, J., Barrett, D.A. & Turlings, T.C.J. 2007. High susceptibility of Bt maize to aphids enhances the performance of parasitoids of lepidopteran pests. *PLoS ONE* 2: e600. doi:10.1371/journal.pone.0000600.

alimento. Ninguna de las solicitudes de comercialización del maíz Bt describe estas diferencias de concentración, aunque sus implicaciones ecológicas son evidentes. Según el estudio, si bien los áfidos son dañinos para el maíz, su presencia favorece a pulgones beneficiosos que se alimentan de la secreción azucarada que excretan, por lo que una proliferación de áfidos puede tener efectos secundarios tanto positivos como indeseables. Ello demuestra que las interacciones planta-insecto son demasiado complejas para ser evaluadas mediante el actual procedimiento de evaluación de riesgos, y que el maíz Bt tiene efectos inesperados e imprevisibles.

Además, como ya se había predicho, varios estudios han puesto de manifiesto que a medio plazo el maíz Bt solo consigue sustituir una plaga por otra. Se ha demostrado que en Estados Unidos los híbridos de maíz transgénico del tipo MON 810 favorecen la proliferación de otro insecto plaga cuyas larvas no se ven afectadas por la toxina Bt, eliminando eficazmente la competencia del barrenador europeo del maíz y ocupando su nicho.³⁶ Y en China el aumento de plagas "secundarias" en los cultivos de algodón Bt ha dado al traste con las potenciales ventajas de las variedades transgénicas en términos de control de plagas y de reducción en el uso de pesticidas.³⁷ (Ver también sección 6 Riesgos para los ecosistemas y la biodiversidad).

6. RIESGOS PARA LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD

Los riesgos ecológicos del cultivo a gran escala de variedades Bt tampoco han sido evaluados adecuadamente. La evaluación ambiental exigida para el MON 810 no requiere estudios a largo plazo de sus efectos sobre las especies no objetivo (distintas a la plaga que se pretende combatir), resultando manifiestamente insuficiente.³⁸ Por otra parte, las mencionadas alteraciones genéticas producidas en el proceso de transformación del MON 810, que suponen que la proteína producida en los cultivos MON 810 posiblemente sea distinta de la toxina Bt natural, invalidan muchos de los ensayos realizados. La enorme variabilidad en la cantidad de toxina Bt producida por este maíz transgénico plantea además serios interrogantes sobre la capacidad real para evaluar sus impactos sobre el medio ambiente.

Los cultivos Bt pueden afectar de forma significativa a las poblaciones de insectos, perjudicando a otras especies que se alimentan o que dependen de ellos, y alterando el equilibrio ecológico de los ecosistemas. La toxina natural del *Bacillus thuringiensis* es específica, afectando únicamente a determinados insectos. Por el contrario, las toxinas insecticidas del maíz Bt pueden ocasionar una mortandad apreciable en especies e incluso en géneros y familias diversos.³⁹ Esto es posible que se deba a que la toxina Bt transgénica no tiene las mismas propiedades que la proteína Bt en su forma natural: el compuesto insecticida producido en la Naturaleza por el *B. thuringiensis* se activa por la acción de una enzima presente en el estómago de las larvas de

³⁶ Catangui M.A. & Berg R.K. (2006). Western bean cutworm, *Striacosta albicosta* (Smith) (Lepidoptera : Noctuidae), as a potential pest of transgenic Cry1Ab *Bacillus thuringiensis* corn hybrids in South Dakota. *Environmental Entomology* 35: 1439-1452.

³⁷ Cui, J. and J. Xia. 1998. Effects of transgenic *Bt* cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 10: 255-262.

Wang, S., Just, D.V., & Pinstup-Andersen, P. (2006). Tarnishing Silver Bullets: Bt Technology Adoption, Bounded Rationality and the Outbreak of Secondary Pest Infestations in China. Selected paper prepared for presentation at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting. Long Beach, CA, July 22-26, 2006.

Yanhui Lu, Konming W. et al. (2010) Mirid Bug Outbreaks in Multiple Crops Correlated with Wide-Scale Adoption of Bt Cotton in China. *Science*. Vol 328 28 May 2010.

³⁸ Andow, D.A. and Hilbeck, A. (2004). Science-based risk assessment for non-target effects of transgenic crops. *Bioscience*, 54: 637-649.

Ecological Society of America (ESA) 2004. Genetically engineered organisms and the environment: Current status and recommendations.

ESA Position Paper http://www.esa.org/pao/esaPositions/Papers/geo_position.htm. Marvier, M. 2002. Improving risk

assessment for nontarget safety of transgenic crops. *Ecological Applications* 12: 1119-1124.

³⁹ Hilbeck, A. & Schmidt, J.E.U. (2006). Another view on Bt proteins -how specific are they and what else might they do? *Biopesticides International*. 2: 1-50.

determinados insectos, por lo que es específica (afecta a aquellos insectos que producen la enzima que activa el insecticida). Se sabe en cambio que el compuesto insecticida producido por las plantas Bt es una proteína truncada, parcialmente "procesada", que se activa con mayor facilidad (aunque no se sabe con exactitud cómo actúa), pudiendo afectar a otras especies y géneros además del insecto plaga que se pretende combatir.⁴⁰

Un trabajo sobre poblaciones de artrópodos en cultivos Bt ha puesto en evidencia que las poblaciones de insectos voladores de varias familias (*Lepidoptera*, *Lonchopteridae*, *Mycetophilidae* *Syrphidae* y *Ceraphronidea*) pueden disminuir en este tipo de cultivos, mientras que un meta-análisis de 42 ensayos de campo realizado en 2007 concluía que la abundancia de invertebrados no diana (distintos de la plaga que se pretende combatir) aumenta en comparación con cultivos ecológicos, y disminuye en comparación con cultivos convencionales siempre y cuando no se utilicen insecticidas en los cultivos Bt.⁴¹ En el caso del maíz MON 810, se supone que la proteína insecticida es tóxica únicamente para las larvas de lepidópteros, pero diversos estudios han evidenciado su toxicidad para otras familias de insectos. Según una investigación, la presencia de especies predatoras era menor en campos de este maíz transgénico comparado con cultivos de maíz convencional.⁴² Una revisión de los estudios publicados en 2005 concluía que "En conjunto [los ensayos] indican que la utilización de cultivos modificados genéticamente puede dar lugar a efectos negativos en los enemigos naturales de las plagas".⁴³ Ello puede provocar desequilibrios ecológicos importantes, con los consiguientes problemas económicos y de manejo del agroecosistema.

La toxina del maíz Bt puede afectar también a especies protegidas. En 1999 investigadores de la Universidad de Cornell descubrieron que el polen del maíz Bt afectaba a las larvas de la mariposa monarca (*Danaus plexippus*), especie protegida amenazada, ocasionando una notable mortandad en las larvas alimentadas en el laboratorio con hojas espolvoreadas con polen procedente de este maíz.⁴⁴ Una de las conclusiones de este trabajo fue la necesidad de estudios más amplios, poniendo de manifiesto la temeraria ausencia de información sobre el impacto ambiental del cultivo de estas variedades. Estudios posteriores han confirmado la toxicidad de algunas líneas de maíz (particularmente el Bt 176 cultivado en España entre 1998 y 2005)⁴⁵, y un estudio de campo más prolongado ha evidenciado que la toxina del MON 810 afecta negativamente a las larvas de la mariposa monarca, reduciendo en un 20% el número

⁴⁰ Tappeser, B. (1997) The differences between conventional *Bacillus thuringiensis* strains and transgenic insect resistant plants. Informe para el Open-ended Working Group on Biosafety, Oct. 13-17, 1997. Montreal, Canadá.

Hillbeck, A., Meier, M.S. & Raps, A. (2000). Review on non-target organisms and Bt plants. Report prepared for Greenpeace International, Amsterdam, EcoStrat GmbH, Ecological Technology Assessment & Environmental Consulting, Zurich, Switzerland (citado en: Greenpeace. GM insect-resistant (Bt) maize in Europe: a growing threat to wildlife and agriculture. Genetic Engineering Briefing Pack. March 2009.

Li, H., Buschman, L.L., Huang F., Zhu K.Y., Bonning, B., Oppert, B.A. (2007) Resistance to *Bacillus thuringiensis* endotoxins in the European corn borer. *Biopesticides International* 3(2): 96-107

⁴¹ Candolfi, M.P., Brown, K., Grimm, C., Reber B. & 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).

Marvier, M., McCreedy, Ch., Regets, J., & Kareiva, P. (2007). A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science*. Vol 316. 8 June 2007.

⁴² Wold, S. J., Burkness, E.C., Hutchison, W.D. & Venette, R.C. (2001) In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science*. 36: 177-187.

⁴³ Lövei, G.L. & Arpaia, S. (2005). The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114: 1-14

⁴⁴ Losey, J., Raynor, L.S. & Carter, M.E. (1999) Transgenic Pollen harms Monarch Larvae. *Nature*, 339, 214.

⁴⁵ Hanson-Jesse, L.C. & Obrycki, J.J.. (2000). Field deposition of Bt transgenic corn pollen : lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125:241-248.

Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horn, D.E., Oberhauser, K.S., Pleasants, J.M. , Mattila, H.R., Siegfried, B.D. & Dively, G.P. (2001). Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98:11937-11942.

de larvas que se desarrollan hasta la fase adulta.⁴⁶ Algunos estudios sugieren además que la concentración de la toxina Bt es mayor en algunos tejidos vegetales, como las anteras (la parte de la planta que produce el polen), por lo que no se pueden descartar impactos negativos en las variedades insecticidas a las que se atribuye menor toxicidad. En un experimento reciente, por ejemplo, se ha constatado que la exposición de las larvas de la mariposa monarca a las anteras del MON 810 altera su comportamiento, repercutiendo negativamente en su alimentación y crecimiento.⁴⁷ Se desconoce cómo afectará el cultivo del MON 810 insecticida a las especies de mariposas europeas: una revisión de los efectos ecológicos del maíz transgénico concluyó en 2006 que "la exposición en el campo de larvas de lepidópteros no diana al polen del maíz Bt puede ser enormemente variable y sigue siendo desconocida para la mayoría de las especies europeas de mariposas", sin que se hayan realizado estudios posteriores que permitan descartar efectos negativos.⁴⁸

Como ya se ha indicado, la proteína insecticida Bt puede afectar también a otros insectos considerados beneficiosos, como las especies que controlan de forma natural las plagas, afectando al equilibrio de los ecosistemas.⁴⁹ En China se ha demostrado que en cultivos Bt se produce una reducción importante de las poblaciones de parasitoides beneficiosos, aumentando al mismo tiempo las poblaciones de insectos considerados plaga.⁵⁰ Y en EEUU se ha reducido la presencia de un predador beneficioso, generando mayores problemas de manejo en los cultivos Bt.⁵¹ Y en un experimento de laboratorio diseñado para comprobar la toxicidad de varias toxinas Bt, la mortalidad de las mariquitas (*Adalia bipunctata*) aumentaba cuando ingerían la toxina expresada por el MON 810, incluso a la concentración mínima administrada.⁵²

Además, la toxina Bt puede afectar a otras especies a lo largo de la cadena trófica, algo que tampoco se ha tenido en cuenta en la evaluación de riesgos. Un equipo de la Estación Federal Suiza de Investigación en Agroecología y Agricultura detectó que en determinadas especies enemigas de las plagas, como el crisopo (*Chrysoperla carnea*), aumentaba notablemente la mortalidad y se retrasaba su desarrollo cuando se alimentaban de gusanos del barrenador del maíz criados en plantas Bt.⁵³ Una reducción de las poblaciones de enemigos naturales del taladro

⁴⁶ Dively, G.P., Rose, R., Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horno, D.E., Calvin, D.D., Russo, J.M. & Anderson, P.L. (2004). Effects on monarch butterfly larvae (Lepidoptera: danaidae) after continuous exposure to Cry1AB expressing corn during anthesis. *Environmental Entomology* 33: 1116-1125.

⁴⁷ Prasifka, P.L., Hellmich, R.L., Prasifka, J.R. & Lewis, L.C. (2007). Effects of Cry1Ab-expressing corn anthers on the movement of monarch butterfly larvae. *Environmental Entomology* 36:228-33

⁴⁸ Dolezel, M., Heissenberger, A. & Gaugitsch, H. (2006). Ecological effects of genetically modified maize with insect resistance and/or herbicide tolerance. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen, Sektion IV Radetzkystrass 2, 1031 Wien.

⁴⁹ Hardwood, J.D., Wallin, W.G & Obrycki, J.J. (2005). Uptake of Bt endotoxins by non-target herbivores and higher order arthropod predators: molecular evidence from a transgenic corn agroecosystem. *Molecular Ecology* 14: 2815-2823.

Lövei, G.L. & Arpaia, S. (2005). The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114: 1-14.

⁵⁰ Cui, J. and J. Xia. 1998. Effects of transgenic Bt cotton (with early maturity) on population dynamics of main pests and their natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 10: 255-262.

Cui, J. and J. Xia. 1999. Effects of transgenic Bt cotton on the population dynamics of natural enemies. *Acta Gossypii Sinica* 11: 84-91.

⁵¹ Wold, S.J., E.C. Burkness, W.D. Hutchison, and R.C. Venette. 2001. In-field monitoring of beneficial insect populations in transgenic corn expressing a *Bacillus thuringiensis* toxin. *Journal of Entomological Science* 36: 177-187.

⁵² Schmidt, J.E.U., Braun, C.U., Whitehouse, L.P. & Hilbeck, A. (2009). Effects of activated Bt transgene products (Cry 1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Arch Environ Contam Toxicol* 56:221-228

⁵³ Angelika Hilbeck et al. (1998). Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27: 480-87, 1998.

Hilbeck, A., Moar, W.J., Pusztai-Carey, M., Filippini, A. & Bigler, F. (1999). Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin and Cry2A protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91: 305-316.

resultará en mayores problemas de control de plagas y en desequilibrios ecológicos difíciles de prever. Sin embargo, la investigación necesaria para comprender cómo actúa la toxina transgénica Bt y por qué afecta a determinados organismos no se ha llevado a cabo.⁵⁴

Es fundamental por lo tanto realizar estudios a largo plazo de los efectos del maíz Bt sobre los organismos que interactúan en los ecosistemas con los insectos considerados plaga.⁵⁵ En el caso de la mariposa monarca los efectos adversos no se evidenciaron claramente hasta que se llevaron a cabo estudios prolongados (2 años).⁵⁶

Otras especies que desempeñan un importante papel en los ecosistemas, como las abejas, pueden verse afectadas asimismo por los cultivos Bt. Según un estudio publicado en 2008, la toxina del maíz MON 810 afecta al comportamiento alimentario y al proceso de aprendizaje de las abejas, pudiendo tener relativa importancia en las zonas con grandes superficies de cultivos Bt.⁵⁷ Este tipo de efectos (subletales) tampoco ha sido tenido en cuenta en la evaluación de riesgos de las variedades Bt.

Finalmente, un trabajo reciente ha revelado que la toxina del maíz Bt pasa de los campos de cultivo a los cursos fluviales a través de los residuos agrícolas, dispersándose a considerable distancia y pudiendo afectar negativamente a especies importantes para el equilibrio de estos ecosistemas.⁵⁸ Ensayos de ecotoxicidad llevados a cabo con pulgas de agua (*Daphnia magna*) pusieron de manifiesto que la alimentación con MON 810 tenía efectos nocivos para esta especie indicadora de los ecosistemas acuáticos, sugiriendo una cierta toxicidad.⁵⁹ Este estudio demuestra que los cultivos que producen toxinas Bt para el control de plagas pueden afectar a los ecosistemas por vías inesperadas, puesto que las interacciones en el medio natural son complejas y nuestro conocimiento de las mismas limitado. Esta vía de dispersión no se ha tenido en cuenta en las evaluaciones de impacto, y confirma la falta de precaución con que se han introducido los cultivos transgénicos, anteponiendo intereses puramente comerciales a la salud de los consumidores y del medio ambiente.

Obrist, L.B., Dutton, A., Romeis, J. & Bigler, F. (2006) Biological activity of Cry1Ab toxin expressed by Bt maize following ingestion by herbivorous arthropods and exposure of the predator *Chrysoperla carnea*. *Biocontrol* 51: 31-48.

Dutton A., H. Klein, J. Romeis and F. Bigler. 2002. Uptake of Bt toxin by herbivores feeding on transgenic maize and consequences for the predator *Chrysoperla carnea*. *Ecological Entomology* 27: 441-447.

⁵⁴ Lövei, G.L. & Arpaia, S. (2005). The impact of transgenic plants on natural enemies: a critical review of laboratory studies. *Entomología Experimentalis et Applicata*. 114: 1-14

Then, C. (2010) Risk assessment of toxins derived from *Bacillus thuringiensis* -synergism, efficacy, and selectivity. *Env Sci Pollut Res* 17:791-797

⁵⁵ Andow, D.A. & Hilbeck, A. (2004) Science-based risk assessment for non-target effects of transgenic crops. *Bioscience*, 54: 637-649.

Snow, A.A., Andow, D.A., Gepts, P., Hallerman, E.M., Power, A.I., Tiedje, J.M. & Wolfenbarger, L.L. (2005). Genetically engineered organisms and the environment: current status and recommendations. *Ecological Applications*, 15: 377-404.

⁵⁶ Stanley-Horn, D.E., Dively, G.P., Hellmich, R.L., Mattila, H.R., Sears, M.K., Rose, R., Jesse, L.C.H., Losey, J.E., Obyrcki, J.J., & Lewis, L. (2001). Assessing the impact of Cry1Ab-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98: 11931-11936.

⁵⁷ Ramirez-Romero, R., Desneux, N., Decourtye, A., Chaffiol, A., Pham-Delegue, M.H. (2008) Does Cry1Ab protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70: 327-333.

⁵⁸ Rosi-Marshall, E.J., Tank, J.L., Royer, T.V., Whiles, M.R., Evans-White, M., Chambers, C., Griffiths, N.A., Pokelsek, J. & Stephen, M.L. 2007. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proceedings National Academy of Sciences of the USA* 41: 16204-16208.

Griffiths, N.A., Tank, J.L., Royer, T.V., Rosi-Marshall, E.J., Whiles, M.R., Chambers, C.P., Frauendorf, T.C. & Evans-White, M.A. (2009). Rapid decomposition of maize detritus in agricultural headwater streams. *Ecological Applications* 19: 133-142.

⁵⁹ Bohn, T., Primicerio, R., Hessen, D.O. & Traavik, T. (2008). Reduced fitness of *Daphnia magna* fed a Bt-transgenic maize variety. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* DOI 10.1007/s00244-008-9150-5

7. RIESGOS PARA LOS SUELOS

Los compuestos insecticidas de cultivos Bt pueden afectar también a insectos descomponedores y a bacterias y otros organismos del suelo imprescindibles para mantener su fertilidad y equilibrio ecológico y para que prosperen los cultivos.

La producción de toxinas en las variedades Bt es continua (a lo largo de todo el ciclo), y el insecticida se produce en todas las partes de la planta. Diversos trabajos de investigación han alertado sobre los riesgos de la posible acumulación de estas toxinas insecticidas en el entorno, en particular en los suelos al incorporarse la materia vegetal tras la cosecha y persistir en determinados tipos de suelo. A diferencia de los preparados insecticidas orgánicos basados en el *Bacillus thuringiensis*, que se descomponen con los rayos ultravioletas al ser expuestos a la luz, la toxina procedente de los cultivos transgénicos puede acumularse en los suelos, pudiendo permanecer las proteínas insecticidas en estado biológicamente activo durante periodos relativamente prolongados.⁶⁰

Se ha podido verificar además que el maíz Bt libera proteína insecticida a través de las raíces, permaneciendo las toxinas adheridas a partículas de los suelos y afectando a larvas de insectos.⁶¹ El volumen de insecticida Bt que penetra en los suelos en un cultivo transgénico excede con mucho el existente en la naturaleza (incluso suponiendo el uso puntual de preparaciones Bt para control orgánico de plagas).

Se desconoce cómo puede repercutir esta liberación y acumulación de toxinas insecticidas sobre la comunidad de organismos vivos presente en los suelos, su biodiversidad y sus funciones ecológicas.⁶² Se ha demostrado que la incorporación al suelo de los residuos vegetales de cultivos Bt puede afectar negativamente a las lombrices de tierra y nemátodos, que desempeñan un importante papel en la conservación de un suelo fértil.⁶³ Algunos estudios han detectado repercusiones en otros organismos del suelo, particularmente los microorganismos, aunque se desconoce si estos efectos son transitorios o perdurarán a largo plazo.⁶⁴

La ecología de la comunidad biótica de los suelos y sus interacciones con las plantas son todavía poco conocidas. Apenas conocemos las funciones de muchos de los microorganismos que habitan el horizonte superior de nuestros suelos, pero es sabida la importancia de una presencia equilibrada de determinadas bacterias, hongos, nematodos... para mantener y

⁶⁰ Stotzky, G. (2004) Persistence and biological activity in soil of the insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*, especially from transgenic plants. *Plant and Soil* 266: 77-89

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 (3). 765-775.

⁶¹ Saxena, D., Flores, S. & Stotzky G. (1999) Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature*, Vol 402, December 1999.

⁶² Clark, B.W., Phillips, T.A. & Coats, J.R. (2005). Environmental fate and effects of *Bacillus thuringiensis* (Bt) proteins from transgenic crops: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 4643-4653.

⁶³ Zwahlen, C., Hilbeck, A., Howald R. & Nentwig W. (2003). Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Molecular Ecology* 12 (4). 1077-1086.

Griffiths, B.S., Caul, S., Thompson J., Birch, A.N.E., Scrimgeour, C., Andersen, M.N., Cortet, J., Messéan, A., Sausse, C., Lacroix, B. & Krogh, PH. (2005). A comparison of soil microbial community structure, protozoa and nematodes in field plots of conventional and genetically modified maize expressing the *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab toxin. *Plant and Soil* 275: 135-146

Höss, S., Arndt, M., Baumgarte, S., Tebbe, CC., Nguyend, H.T. & Jehled, J.A. (2008) Effects of transgenic corn and Cry1Ab protein on the nematode, *Caenorhabditis elegans*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70: 334-340.

⁶⁴ Baumgarte, S. & Tebbe, C.C. (2005). Field studies on the environmental fate of the Cry1Ab Bt-toxin produced by transgenic maize (MON 810) and its effect on bacterial communities in the maize rhizosphere. *Molecular Ecology* 14: 2539-2551.

Mulder, C., Wouterse, M. Raubuch, M., Roelofs, W. & Rutgers, M. (2006). Can transgenic maize affect soil microbial communities? *PLoS Computational Biology* 2: 1165-1172

mejorar la fertilidad de los suelos y la salud y el rendimiento de los cultivos. Esta comunidad viva tiene mayor importancia, si cabe, en climas áridos y en regiones con suelos pobres y de gran fragilidad, como es la mayoría del territorio español. Se desconoce, además, el papel del *B. thuringiensis* en los suelos. Los efectos de la acumulación de la toxina Bt, y la posible evolución de resistencias a este insecticida en organismos del suelo pudiera dar lugar a desequilibrios ecológicos importantes, que afectarían gravemente a la fertilidad de los suelos.

8. CONCLUSIONES

En definitiva, lo expuesto hasta aquí demuestra las muchas razones para dejar de cultivar el maíz MON 810 u otros cultivos transgénicos. Sin embargo, el cultivo de variedades transgénicas no solo se mantiene, sino que se han identificado en España numerosos casos de contaminación de campos de maíz de cultivo ecológico por maíz transgénico⁶⁵. La contaminación transgénica ha obligado a numerosos productores ecológicos a perder su certificación (y el valor añadido de sus producciones asociado a ella) y, en último término, está eliminando la producción de maíz ecológico en aquellas zonas en las que se cultiva maíz transgénico. Ante esta realidad contrastada y documentada, no podemos más que volver a afirmar que la coexistencia es imposible, y que no debemos tolerar ni un solo metro cuadrado de maíz transgénico, ni en España ni en otras partes del planeta.

El cultivo de variedades transgénicas no ayuda a resolver el problema del hambre ni aporta beneficios a los agricultores. No hace sino profundizar en el modelo productivo industrial, impulsado por la Revolución Verde, que hace a los agricultores más dependientes del mercado de insumos agroquímicos y del petróleo, elevando los costes de producción y rebajando, por tanto, los márgenes de rentabilidad. Lo cual nos lleva, a su vez, a la desaparición de las explotaciones más pequeñas, aquellas que están más acopladas a los ciclos ecológicos locales y que generan más empleo de calidad en el medio rural, siendo por tanto motor del desarrollo rural.

Los cultivos transgénicos generan problemas sociales y ambientales para producir alimentos de muy baja calidad, cuando no tóxicos. El modelo agrario y de desarrollo rural que necesitamos en España y en Europa pasa, sin embargo, por las producciones de calidad y por un uso sostenible de los recursos naturales, adaptado a las necesidades de consumo de las poblaciones locales. El modelo agrario del futuro no es, por tanto, el modelo transgénico, sino uno basado en la Agroecología y en la Soberanía Alimentaria, esto es: en el derecho de los pueblos a decidir sobre su modelo agroalimentario, y a que éste adopte formas de manejo de los recursos naturales que sean socialmente justas, culturalmente apropiadas, y ecológicamente sustentables.

65 Se documentan numerosos casos en el informe “La coexistencia sigue siendo imposible” <<http://www.greenpeace.org/espana/reports/la-coexistencia-sigue-siendo-i>>