

## BUENAS RAZONES PARA RETIRAR LAS VARIEDADES DE MAÍZ MON810 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 MON810. Por recomendación de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria, en 2005 el gobierno retiraba todas las variedades inscritas Bt-176, portadoras de genes de resistencia a la ampicilina, debido a sus riesgos para la salud. Al mismo tiempo, sin embargo, ampliaba el número de variedades MON810 incluidas en el registro. Posteriormente se han registrado nuevas variedades MON810, figurando 66 variedades de maíz MON810 en el catálogo de variedades español a principios de 2009.

Hasta 2005, fecha en que se registraron 17 variedades MON810 en el catálogo de variedades europeo, ningún otro país de la UE permitió la siembra de variedades transgénicas, y varios países (Austria, Grecia, Francia, Hungría y Polonia) han prohibido el cultivo de las variedades MON810.

Según datos del Ministerio, la superficie de maíz transgénico sembrada en España en 2008 ascendía a unas 80.000 hectáreas, lo que supone una superficie relativamente modesta del total de este cultivo (354.000 hectáreas en 2007), aunque significativa en algunas regiones. La mayor parte de esta superficie corresponde a Aragón, Cataluña y Extremadura, como se puede ver en los datos del Ministerio (ver cuadro).

SUPERFICIE EN HECTÁREAS DE VARIEDADES MAÍZ 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
ANDALUCÍA	780	2.800	1.500	450	1.800	2.067	2.770	2.875	298	592	1.372
ARAGON	11.500	7.300	9.000	4.250	9.200	12.592	25.547	21.259	23.734	35.860	31.857
ASTURIAS	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
BALEARES	2	2	26	0	30	6	29	29	0	3	3
CASTILLA – LA MANCHA	4.500	6.800	5.650	870	4.150	7.682	8.197	7.957	4.176	3.659	4.739
CASTILLA Y LEÓN	200	360	270	0	0	74	0	12	0	13	28
CATALUÑA	1.700	3.000	4.500	3.250	5.300	5.430	15.699	16.830	20.365	23.013	25.296
EXTREMADURA	1.000	2.500	2.500	600	1.500	1.899	2.026	1.171	2.071	6.460	10.416
LA RIOJA	25	30	30	0	0	0	35	41	122	4	11
MADRID	660	1.560	1.970	1.940	780	1.034	1.385	155	80	193	381
MURCIA	0	0	0	0	0	0	12	0	0	24	0
NAVARRA	1.760	300	220	80	500	1.387	2.446	2.604	2.821	5.327	5.150
VALENCIA	190	300	150	100	20	72	73	293	0	0	14
TOTAL	22.317	24.952	25.816	11.540	23.280	32.249	58.219	53.226	53.667	75.148	79.269

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.

## 2. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO INADECUADO DEL MON810

Todas las variedades transgénicas cuyo cultivo está autorizado actualmente en España son variedades insecticidas, portadoras del evento MON810 propiedad de la compañía Monsanto. Producen una toxina fabricada en la naturaleza por una bacteria del suelo -el *Bacillus thuringiensis*. La comercialización de este evento fue aprobada por la Unión Europea en 1998, de acuerdo con la antigua normativa sobre liberación de organismos modificados genéticamente (Directiva 90/220/EEC). La modificación de dicha normativa, considerada inadecuada para la evaluación de los organismos transgénicos, (OMG) dio lugar a la moratoria europea sobre su liberación. En 2003 entró en vigor una nueva directiva europea (la 2001/18), más rigurosa y que exige una evaluación a largo plazo de las repercusiones de los OMG. El análisis de riesgos del maíz MON810 no incluyó por tanto aspectos fundamentales exigidos por la nueva normativa, como sus efectos a largo plazo sobre la salud humana y/o animal, o los impactos indirectos o diferidos sobre el medio ambiente.

El maíz MON810 ha sido modificado genéticamente mediante la técnica de bombardeo de partículas de ADN, cuyos resultados se consideran especialmente inexactos y problemáticos.<sup>1</sup> La falta de información sobre la caracterización molecular del evento MON810 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.<sup>2</sup> Los genes extraños incorporados al ADN de la planta se han fusionado con

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Hernández, M., Pla, M., Esteve, T., Prat, S., Puigdomenech, P., Ferrando, A. 2003. A specific real-time quantitative PCR detection system for event MON810 in maize YieldGard R based on the 3'-transgene integration sequence. *Transgenic Research* 122: 179-189.

genes de la propia planta, por lo que es probable que la proteína producida en los cultivos MON810 sea diferente de la toxina Bt natural.<sup>3</sup> Esto invalida la mayor parte de las pruebas de "seguridad" realizadas para el MON810, si no todas.

*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.*

*En las variedades transgénicas se ha detectado la existencia de mutaciones, reordenaciones genómicas y supresión de ADN- que pueden dar lugar a efectos totalmente imprevistos, potencialmente dañinos, no considerados en el momento de su evaluación.*

En lo que respecta al plan de seguimiento, el único disponible a nivel europeo es el propuesto por Monsanto en 1995 al solicitar el permiso de comercialización. Dicho plan no ha sido actualizado desde entonces, ni siquiera en 2005, cuando la Comisión Europea decidió inscribir 17 variedades de maíz MON810 en el Catálogo Común de Variedades Vegetales. En consecuencia, el plan de seguimiento no incluye ninguna de las preocupantes cuestiones científicas planteadas desde su aprobación en 1998 y que la nueva directiva 2001/18/EC obliga a tener en consideración, como la estructura del genoma después de la transformación, los riesgos para organismos no-objetivo, los cambios en las rutas metabólicas secundarias de las plantas y la acumulación en los suelos de la toxina Bt.

Es importante señalar asimismo que los requisitos del Plan de Seguimiento previsto en las ordenes por las que se inscriben las variedades MON810 en el Registro de Variedades Vegetales español son totalmente inadecuados: no se exige seguimiento alguno de los efectos del MON810 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“.

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

<sup>3</sup> Rosati, A., Bogani, P., Santarlasci, A. Buiatti, M. 2008. Characterisation of 3' transgene insertion site and derived mRNAs in MON810 YieldGard maize. Plant Molecular Biology DOI 10.1007/s11103-008-9315-7.

### 3. 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.<sup>4</sup> 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.

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 población (y al ganado que lo consume) a un peligroso e involuntario experimento a gran escala. Además, en los ensayos de laboratorio realizados para respaldar la solicitud de comercialización del MON810, Monsanto utilizó una toxina Bt natural producida por bacterias y no la producida por la planta, cuyo perfil de toxicidad es muy probable que difiera de la natural.

Existe una preocupante falta de seguimiento de los efectos del MON810 sobre la salud (humana y del ganado) por parte de las administraciones públicas, 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.<sup>5</sup>

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.<sup>6</sup> Tampoco se sabe qué efectos puede tener la variación de la concentración de aminoácidos en la savia del maíz Bt (ver cita en 4), ni otras alteraciones de vías metabólicas secundarias no detectadas hasta ahora.

Las reordenaciones genómicas y supresión de ADN de las variedades MON810 pueden dar lugar a efectos imprevistos, con efectos potencialmente dañinos para la salud.<sup>7</sup> En uno de

---

<sup>4</sup> 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.

<sup>5</sup> 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.

<sup>6</sup> 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).

<sup>7</sup> Wilson, A. Op. cit.

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 han evidenciado problemas significativos de descenso de la fertilidad en ratones alimentados con maíz NK603 x MON810.<sup>8</sup> En otro ensayo de laboratorio reciente también se han puesto de manifiesto trastornos del sistema inmunológico en grupos vulnerables (ratones muy jóvenes o de edad avanzada) cuya dieta contenía MON810.<sup>9</sup>

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.<sup>10</sup> 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 fuerte reacción alérgica en ratones alimentados con este guisante.<sup>11</sup> 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.<sup>12</sup> Se ha demostrado que algunas toxinas Bt no se destruyen por completo durante la digestión y que provocan una respuesta

---

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.

<sup>8</sup> Velimirov, A., Binter, C. & Zentek, J. (2008). Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice. Bundesministerium für Gesundheit Familia und Jugend. Austria. Nov. 2008.

<sup>9</sup> Finamore, Al, Roselli, M., Britti, S., Monastra, G., Ambra, R. Turín, A. & Mengheri, E. Intestinal and Peripheral Immune Response to MON810 Maize Ingestión in Weaning and Old Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.

<sup>10</sup> 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](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.

<sup>11</sup> 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.

<sup>12</sup> 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 nº OOP-006785. Friends of the Earth.

September 21. 2001. Citado en Some problems with renewals of Bt crop resigstrations. Cropchoice.com. <http://www.cropchoice.com/leadstrye822.html?recid=477> visitado el 15 marzo 2009.

inmunológica en mamíferos, en algunos casos tan potente como la inducida por la toxina del cólera.<sup>13</sup>

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 alérgicos asociados a la proteína Bt natural y a la proteína transgénica.<sup>14</sup> 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.<sup>15</sup>

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

#### 4. APARICION DE RESISTENCIA EN INSECTOS Y NUEVAS PLAGAS

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 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. 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

---

<sup>13</sup> 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*. Nº 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.

<sup>14</sup> Ver también: Institute for Responsible Technology. Op. cit. Pg. 11.

<sup>15</sup> 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.

contrario, no ha tomado medidas en este sentido, limitándose la prevención de resistencias a meras *recomendaciones* de la propia industria semillera.

Si bien la estrategia de *refugios* parece estar retrasando la aparición de poblaciones resistentes de insectos en EEUU y en otros países, existe ya evidencia de la evolución de resistencias en diversas regiones y cultivos Bt, habiéndose detectado en Sudáfrica resistencia al MON810.<sup>16</sup> En España posiblemente estén apareciendo 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, aunque según un estudio posterior realizado por investigadores del CSIC no hay evidencia de evolución de resistencias en los primeros 5 años de cultivo.<sup>17</sup> El deficiente seguimiento de los efectos del maíz transgénico en España, sin embargo, hace que sea poco fiable la información sobre aparición de resistencias.

Por otra parte, se ha demostrado que el nivel de toxina Bt producida en el maíz MON810 varía enormemente entre las distintas parcelas y entre plantas de una misma parcela, así como a lo largo del ciclo productivo.<sup>18</sup> 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 MON810 son altamente impredecibles y variables, pudiendo llegar a diferir entre sí las plantas de una misma parcela hasta 100 veces.<sup>19</sup> 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.

<sup>16</sup> 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).

<sup>17</sup> Cita de aparición de resistencias en "Al Grano: impacto del maíz transgénico en España". Informe de Amigos de la Tierra y Greenpeace. Agosto 2003.

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. Appl.* 110, 23-30 (2004).

<sup>18</sup> Nguyen, H. T. & J. A. Jehle 2007. Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize Mon810. *Journal of Plant Diseases and Protection* 114: 820-87.

<sup>19</sup> Greenpeace. 2007. How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce?. *Bt concentration in field plants from Germany and Spain*. Greenpeace. Hamburg, 05/2007.

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.<sup>20</sup> Según un estudio realizado en 2003 por el Instituto Max Planck de Alemania, el espectro de compuestos volátiles del MON810 difiere significativamente de líneas isogénicas convencionales.<sup>21</sup> 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 MON810 es más susceptible que los híbridos convencionales a la infestación por áfidos.<sup>22</sup> 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 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 MON810 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.<sup>23</sup> 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.<sup>24</sup> (Ver también sección 5 Riesgos para los ecosistemas y la biodiversidad).

---

<sup>20</sup> E. B. Hagvar & S. Aasen. “Possible Effects of Genetically Modified Plants on Insects in the Plant Food Web”. *Latvijas Entomologs*, 2004, 41: 111-117.

<sup>21</sup> Citado en Greenpeace. Monitoring of genetically engineered crops: European Commission fails to protect EU Member States.

<sup>22</sup> 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.

<sup>23</sup> 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.

<sup>24</sup> Wang, S., Just, D.V., & Pinstrup-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.

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.



## 5. 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 los cultivos Bt no requiere estudios a largo plazo de sus efectos sobre las especies no objetivo (distintos a la plaga que se pretende combatir), resultando manifiestamente insuficiente.<sup>25</sup> La enorme variabilidad en la cantidad de toxina Bt producida por el MON810 plantea además serios interrogantes sobre la capacidad actual para evaluar su impacto en 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*, es decir que afecta únicamente a determinadas especies de insectos. Por el contrario, se ha constatado que las proteínas insecticidas del maíz Bt ocasionan una mortandad apreciable en especies e incluso en géneros y familias diversos. Esto se debe posiblemente a que la toxina Bt transgénica no tiene las mismas propiedades que la proteína en su forma natural: la proteína insecticida producida en la Naturaleza por la bacteria *B. thuringiensis* se activa por la acción de una enzima presente en el estómago de ciertas larvas, por lo que es específica, mientras que la producida por las plantas Bt es la forma activa de esta toxina y puede afectar a otras especies además de las consideradas plaga.<sup>26</sup> Un trabajo sobre poblaciones de artrópodos en cultivos Bt ha puesto en evidencia que en este tipo de cultivos disminuye la presencia de insectos voladores de varias familias (*Lepidoptera*, *Lonchoptera*, *Mycetophilidae* *Syrphidae* y *Ceraphronidea*).<sup>27</sup> En el caso del maíz MON810, 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. Se ha demostrado, por ejemplo, que los campos de este maíz Bt tienden a presentar una presencia menor de especies depredadoras comparado con cultivos de maíz convencional.<sup>28</sup> Ello puede dar lugar a desequilibrios ecológicos importantes, con los consiguientes problemas económicos y de manejo del agroecosistema.

---

<sup>25</sup> Andow, D.A. and A. Hilbeck. 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](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.

<sup>26</sup> 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.

<sup>27</sup> M.P. Candolfi, K. Brown, C. Grimm, B. Reber & H. Schmidli. "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).

<sup>28</sup> 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.

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.<sup>29</sup> 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)<sup>30</sup>, y un estudio de campo más prolongado ha evidenciado que la toxina del MON810 afecta negativamente a las larvas de la mariposa monarca, reduciendo en un 20% el número de larvas que se desarrollan hasta la fase adulta.<sup>31</sup> 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 MON810 altera considerablemente su comportamiento – aparentemente intentan alejarse de las anteras-, repercutiendo negativamente en su alimentación y crecimiento.<sup>32</sup>

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. En China se ha demostrado que en cultivos Bt se produce una reducción importante de las poblaciones de parásitos beneficiosos, aumentando al mismo tiempo las poblaciones de insectos considerados plaga.<sup>33</sup> Y en EEUU se ha reducido la presencia de un predador beneficioso, generando mayores problemas de manejo en los cultivos Bt.<sup>34</sup>

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 del Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture detectó que en determinadas especies enemigas de las plagas, como el crisopo (*Chrysoperla carnea*), la mortalidad aumentaba notablemente y su desarrollo se retrasaba cuando se alimentaban de gusanos del barrenador

<sup>29</sup> J. Losey, L.S. Raynor, y M.E. Carter. (1999) Transgenic Pollen harms Monarch Larvae. *Nature*, 339, 214 (1999).

<sup>30</sup> Hanson-Jesse, L.C. & J.J. Obrycki. (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.

<sup>31</sup> Dively, G.P., Rose, R., Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horn, 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.

<sup>32</sup> 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

<sup>33</sup> 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.

<sup>34</sup> 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.

del maíz criados en plantas Bt.<sup>35</sup> Una reducción de las poblaciones de enemigos naturales del taladro resultará en mayores problemas de control de plagas y en desequilibrios ecológicos difíciles de prever.

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 MON810 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.<sup>36</sup> 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 afectando negativamente a especies importantes para el equilibrio de estos ecosistemas.<sup>37</sup> 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.

## 6. 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 al suelo 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

---

<sup>35</sup> Angelika Hilbeck et al. (1998). Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn-fed prey on mortality and development time of immature *Chrysoperla carnea* (Neuropetera: Chrysopidae). *Environmental Entomology* 27: 480-87, 1998.

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

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.

<sup>36</sup> 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.

<sup>37</sup> 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.

en los suelos, pudiendo permanecer las proteínas insecticidas en estado activo adheridas a partículas del suelo durante periodos relativamente prolongados.<sup>38</sup>

Se ha podido verificar además que el maíz Bt libera proteína insecticida a través de las raíces, permaneciendo las toxinas en estado activo adheridas a partículas de los suelos y afectando a larvas de insectos.<sup>39</sup>

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. Algunas proteínas insecticidas Bt ocasionan una mortandad apreciable en múltiples especies del género *Collembola*, importantes para la descomposición de la materia orgánica en los suelos.<sup>40</sup> También se ha demostrado que la incorporación al suelo de los residuos vegetales de cultivos Bt afecta negativamente a las lombrices de tierra (que desempeñan un importante papel en la conservación de un suelo fértil), cuyo peso disminuye cuando permanecen de forma prolongada en este medio.<sup>41</sup> 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).

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 sustrato superior de nuestros suelos, pero es sabida la importancia de una presencia equilibrada de poblaciones de determinadas bacterias, hongos, nematodos... para mantener y 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.

---

<sup>38</sup> H. Tapp y G. Stotzky. "Insecticidal Activity of the Toxins from *Bacillus thuringiensis* subspecies *kurstaki* and *tenebrionis* adsorbed and Bound on Pure and Soil Clays". Applied Environmental Microbiology. Mayo 1995. Pgs. 1786-1790.

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.

C. Zwahlen, A. Hilbeck, P. Gugerii & W. Nentwig.(2003) "Degradation of the Cry1Ab protein within transgenic *Bacillus thuringiensis* corn tissue in the field". Molecular Ecology 12 (3). 765-775.

<sup>39</sup> D. Saxena, S. Flores, G. Stotzky, "Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn". Nature, Vol 402, December 1999.

<sup>40</sup> Environmental Protection Agency MRID No. 434635-01. Citado en el informe de Greenpeace "Novartis' Genetically Engineered Maize. A major threat to the environment and human and animal health". Greenpeace International, February 1998.

<sup>41</sup> C. Zzwahlen, A. Hilbeck, R. Howald & W. Nentwig. (2003). "Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*". Molecular Ecology 12 (4). 1077-1086.