



La soja RR transgénica de Monsanto:

¿Pueden encontrarse más “errores”?

La soja Roundup Ready (RR) de Monsanto fue uno de los primeros cultivos modificados genéticamente (MG) que salió al mercado. Desde entonces se han ido descubriendo una serie de irregularidades y efectos inesperados relacionados con ella. También se ha constatado que sus hipotéticas ventajas carecen de fundamento. No es cierto que esta soja permita aplicar menos cantidad de herbicida y tampoco que el herbicida denominado Roundup sea inocuo. La soja RR de Monsanto debería retirarse del mercado porque existen serias dudas sobre si representa o no un riesgo para el medio ambiente y para la salud humana.

Los organismos MG se producen mediante una tecnología imprecisa y son intrínsecamente peligrosos para el medio ambiente y para la salud. Por tanto, no deberían liberarse al medio ambiente.

✦ Introducción

La siembra de la soja Roundup Ready de Monsanto se autorizó primero en Estados Unidos en 1994 y, posteriormente, en Canadá, Argentina y México. En 1996, los agricultores de EE.UU. y Argentina comenzaron a cultivar la soja RR para su comercialización. Ese mismo año la Unión Europea ¹ y Japón ² autorizaron la entrada en sus mercados (exclusivamente importación y procesamiento de fracciones de semillas de soja no viables).

La soja RR ha sido modificada genéticamente (MG) para conseguir que la planta se haga resistente al herbicida glifosato. Este herbicida se comercializa con la marca registrada Roundup, también de Monsanto. Esto significa que el Roundup puede utilizarse para acabar con las malas hierbas que crecen en las cosechas de soja sin causar daños a las plantas de este cultivo.

La autorización para cultivar y/o importar la soja RR se basó sólo en la información facilitada por Monsanto. Esta empresa hizo públicos unos datos que presuntamente demostraban que la soja RR no tenía efectos potencialmente negativos. Las autoridades gubernamentales de varios países consideraron válida la información de Monsanto y autorizaron su uso comercial. Sin embargo, desde mediados de los 90 se han ido descubriendo una serie de irregularidades y efectos inesperados relacionados con la soja RR y han surgido serias dudas sobre el peligro que puede representar para el medio ambiente.





✘ “Errores” técnicos

¿Qué más nos queda por descubrir?

En los 90, con el propósito de conseguir la autorización para su soja MG, Monsanto presentó un dossier de solicitud a las autoridades nacionales competentes. En ese dossier se afirmaba claramente que en su soja MG RR sólo se había introducido una copia de una nueva y específica secuencia de ADN. Sin embargo, tras una serie de indagaciones, se ha podido comprobar que la soja MG contiene otros fragmentos del gen insertado y que ciertos segmentos del ADN propio de la planta están reordenados.

En mayo de 2000 se detectó la presencia de otros fragmentos de la secuencia insertada de ADN. Esos fragmentos, cuya introducción no fue intencionada, son resultado de la imprecisa técnica utilizada en la manipulación genética de la soja RR. Monsanto presentó entonces informes³ con detalles sobre esos fragmentos adicionales y afirmó que “ninguno de los dos segmentos de ADN eran funcionales” y, que por tanto, no suponían peligro alguno.

Estos informes de Monsanto también incluían la caracterización molecular supuestamente detallada tanto de la secuencia genética insertada como del ADN adyacente a dicha secuencia, la llamada región flanqueante. Sin embargo, en 2001, una investigación publicada por un equipo de científicos independientes sobre la región flanqueante⁴ demostró que existen numerosos errores incluso en esa caracterización detallada facilitada por Monsanto³ en 2000.

La investigación científica⁴ demostraba que la soja RR no sólo contiene dos fragmentos adicionales no intencionados, sino que además existe un segmento de ADN no identificado adyacente a la secuencia primaria insertada. Los autores sostenían que ese ADN podía provenir de la reorganización del ADN de la propia planta (por la delección del ADN de la planta que se produce al

integrar el inserto) o de una fuente desconocida. Monsanto facilitó más información en 2002⁵ indicando que parte de ese fragmento de ADN es ADN de la soja pero reordenado. Una parte importante, el 20%, sigue todavía sin ser identificada.

Además, al contrario de lo que Monsanto afirmaba en su informe de 2000³, uno de los fragmentos adicionales de ADN de la soja RR y algunas de las secuencias de ADN reordenadas de la planta son funcionales. La multinacional admite ahora^{6 7} que ese ADN se transcribe a ARN, un paso intermedio hacia la producción de una proteína. El hecho de que ese ADN se transcriba introduce la posibilidad de que se estén produciendo en la soja proteínas inesperadas, no testadas y nuevas.

El ADN “reordenado o no identificado” también podría desencadenar cambios no intencionados e inesperados en la química proteica de la planta. Por ejemplo, si el ADN no identificado es ADN reordenado o se ha originado como resultado de una delección de un segmento largo de ADN puede haber interrumpido parte de una secuencia que codifique una o más proteínas de la planta. Esto hace que la planta pueda dejar de producir la proteína o proteínas afectadas o pueda generarlas de forma alterada. Cualquier cambio en la producción de proteínas de la planta inducido por el ADN no identificado puede ser significativo, pero no observable a corto plazo. Es posible que los cambios se hagan evidentes sólo después de varias generaciones o en condiciones de estrés ambiental para la planta.

Por ejemplo, el ADN “reordenado o no identificado” podría inhibir la producción o propiciar la modificación de una proteína de la planta que se produzca sólo como respuesta a condiciones de estrés ambiental, como calor o sequía, para

hacer frente a ese estrés. En ese caso, ese efecto se manifestaría sólo en esas condiciones ambientales de estrés. De hecho, se ha comprobado que el calor agrieta el tallo de la soja modificada genéticamente, posiblemente debido al aumento del contenido en lignina, aunque se desconoce la causa exacta ⁸.

La caracterización de una secuencia insertada es una tarea relativamente sencilla y se basa en métodos conocidos desde hace años. Cuando, en 1994, Monsanto presentó su notificación para obtener la aprobación de la UE a su primera cosecha de soja MG ni siquiera facilitó de manera correcta la información más básica sobre dicho cultivo.

Para poder efectuar una evaluación de riesgos es de vital importancia tener la información correcta y precisa. Sin embargo, ni se conocen ni se han testado los efectos de la transcripción de los dos fragmentos adicionales y del ADN reordenado o no identificado. La primera evaluación de riesgos de la soja MG no tuvo en cuenta ni los fragmentos de gen adicionales, ni la presencia y función potencial del ADN reordenado o no identificado recién descubierto. Por tanto, la evaluación de riesgos que se llevó a cabo de 1994 a 1996 no puede considerarse una evaluación de seguridad válida para la soja MG que se está cultivando y comercializando en la actualidad. Existen importantes preguntas, hasta ahora sin respuesta, sobre qué contiene exactamente la soja RR MG de Monsanto y sobre qué más nos queda por descubrir.

✘ “Errores” en sus expectativas

¿Por qué no se cumplen las promesas de Monsanto?

Monsanto afirmaba que el rendimiento de la soja RR sería superior al de la soja convencional. Sin embargo, el rendimiento de las cosechas desde 1997, justo después de que se empezara a sembrar la soja RR para su comercialización, ha generado inquietud. En 1998 varias universidades estadounidenses realizaron ensayos con la soja RR y detectaron una caída del 4 % en su rendimiento ⁹. Los análisis científicos publicados en 2001 demostraron claramente que el rendimiento de soja RR es menor que el de la soja tradicional ¹⁰ y que este fenómeno no se debe a la aplicación de glifosato a esta soja ¹¹. Esos estudios demostraron que “un 5% de la disminución del

rendimiento estaba relacionado con el gen o con su proceso de inserción y otro 5% con el diferencial genético de la variedad”. Los científicos concluían que “la caída del rendimiento parece estar asociada al gen Roundup Ready o a su proceso de incorporación más que al glifosato en sí” ¹⁰.

Estudios realizados a lo largo de varios años demuestran de manera concluyente que el rendimiento de la soja RR MG es menor que el de su equivalente no MG. Por tanto, las afirmaciones de Monsanto respecto al aumento del rendimiento de las cosechas no son ciertas.

✘ “Errores” al evaluar el impacto ambiental

El herbicida Roundup y el medio ambiente

El Roundup es tóxico para casi todas las plantas. El mero hecho de que el glifosato sea un herbicida de amplio espectro implica que destruye innecesariamente a muchas especies de plantas inocuas. Esto puede provocar una disminución de la diversidad de la vegetación silvestre y perjudicar así a los insectos, las aves y los mamíferos que dependen de esas plantas. Por ejemplo, la rápida y extendida adopción de soja y maíz MG con tolerancia a los herbicidas ha provocado un grave descenso en la población de algondocillos, un tipo de vegetación adventicia común en algunas zonas de EEUU. Este fenómeno, a su vez, hace disminuir el número de mariposas monarca, dado que el algondocillo es la única fuente de alimento de las orugas de mariposa ¹². Por tanto, el uso extendido de este herbicida de amplio espectro en las cosechas comerciales de cultivos RR MG puede tener consecuencias negativas para las especies arvenses y para la biodiversidad.

Están surgiendo nuevos problemas con el glifosato. La revista *New Scientist* publicaba el pasado agosto que el empleo de glifosato durante un año favorece la proliferación del hongo fusarium en el trigo cultivado el año siguiente ¹³. El fusarium produce toxinas perjudiciales para la salud humana y de los animales. En junio de 2003, el gobierno danés impuso restricciones al uso del glifosato tras detectar que se había filtrado de los campos a las aguas subterráneas ¹⁴. En los cultivos RR MG se aplica más glifosato que en los convencionales. Por tanto, aumenta la cantidad de maleza resistente, lo que ha provocado que los agricultores tengan que recurrir, cada vez más, a otros herbicidas ¹⁵.

De ahí que el uso extendido de glifosato pueda tener efectos adversos para la biodiversidad.

El glifosato es tóxico para bacterias beneficiosas

La aplicación de glifosato (Roundup) a la soja RR puede inhibir el crecimiento de la raíz de la planta y la fijación del nitrógeno, especialmente en condiciones de déficit de agua ¹⁶. La soja tiene una importante relación simbiótica con una bacteria, el *Bradyrhizobium japonicum*, que fija el nitrógeno atmosférico en los nódulos de la raíz de la soja, de forma que la planta pueda absorber este nutriente esencial. La planta de soja RR contiene una secuencia genética insertada que produce una enzima que la hace resistente al glifosato. Sin embargo, las bacterias fijadoras del nitrógeno no contienen la secuencia genética insertada y sí son sensibles al glifosato. Este herbicida no se degrada fácilmente en la soja y

se concentra en “depósitos metabólicos” como las raíces jóvenes, los nódulos en desarrollo y los nódulos maduros. Por eso el glifosato, dificulta esa relación simbiótica y retrasa la fijación del nitrógeno. Existen diferencias en cuanto a la sensibilidad al glifosato entre las variedades de soja RR. Se ha detectado que a los 40 días de haber brotado las plantas han experimentado descensos de biomasa de entre el 0 y el 30% dependiendo de si las variedades son más tolerantes o más sensibles ¹⁶. El concepto de la tolerancia de la soja MG a los herbicidas es erróneo porque ignora las complejas interacciones planta-microbio que se producen en los suelos.



La contaminación genética nos amenaza

La soja puede cruzarse con otros miembros del género *Glycine*, que se encuentran en Australasia y Japón. Se sabe que la soja cultivada se hibrida de forma natural con *G. max. subespecie max*, un tipo de maleza común en Japón¹⁷. China es el centro de origen y diversidad de la soja, con más de 6.000 variedades de soja silvestre, cerca de un 90% del total mundial. El cultivo de la soja MG en lugares donde se encuentran especies silvestres emparentadas implica importantes riesgos. El peligro existe incluso si la soja MG no se cultiva de forma intencionada, ya que las plantas de soja RR podrían crecer a partir de las semillas de soja RR liberadas de forma no intencionada o accidental al medio ambiente. El derrame de habas de soja es inevitable durante las tareas de transporte y manejo, incluso cuando sólo se importan para consumo alimenticio. Como comentaba un ecólogo: "Dado que las semillas de los cultivos recorren cientos de kilómetros entre el vendedor, el agricultor y la fábrica de procesamiento es inevitable que se produzcan derrames en el transporte, y este hecho es más preocupante que la dispersión del polen"¹⁸.

Se acaba de demostrar que el maíz MG ha contaminado las variedades tradicionales de maíz mexicanas¹⁹. México es el centro de diversidad de este cultivo y, en 1998, este país impuso una moratoria al cultivo de maíz MG. Una de las fuentes de contaminación es el maíz importado de EE.UU. Aproximadamente el 25% de ese maíz importado es maíz MG y Estados Unidos se niega a separar el maíz MG del convencional. La ausencia de normas para el etiquetado favorece

la mezcla y el uso para cultivo del maíz MG importado. Por tanto, la importación de soja MG a uno de sus centros de origen y/o diversidad*, como China, plantea el riesgo de contaminar genéticamente la valiosa diversidad de este cultivo.

A los científicos les preocupa la posibilidad de que la transferencia genética de los cultivos transgénicos a sus parientes silvestres conduzca a la extinción de especies raras. Esta extinción puede producirse de dos maneras: a través de los procesos conocidos como *swamping demográfico* (saturación demográfica) o por "asimilación genética". En el proceso de "saturación" disminuye la población de plantas silvestres porque los híbridos cultivados/silvestres tienen menos capacidad para reproducirse y por tanto pueden provocar que se pierdan pequeñas poblaciones y especies raras. El segundo proceso se conoce como "asimilación genética" y se produce cuando los genes de las plantas cultivadas sustituyen a los de las especies silvestres mediante una constante hibridación²⁰.

Investigaciones recientes han puesto de manifiesto que los genes de los cultivos transgénicos pueden dominar muy deprisa a los genes de las plantas silvestres con los que están emparentados²¹. En definitiva, la combinación de los fenómenos de "saturación" y "asimilación genética" puede conducir a lo que los biólogos evolutivos han denominado *migrational meltdown* (merma migratoria)²⁰.

* Los centros de diversidad son aquellos lugares en los cuales la relación entre las especies de cultivo y las especies silvestres de las que proceden es aún evidente.

✘ “Errores” al evaluar la seguridad alimentaria

¿La evaluación de riesgos de Monsanto es fiable?

La evaluación de Monsanto sobre la “seguridad” de su soja manipulada genéticamente se basa en el principio de “equivalencia sustancial”²². La aplicación de este principio al proceso normativo ha sido objeto de controversia desde su introducción²³. Un estudio exhaustivo de la Royal Society of Canada²⁴ ha puesto en entredicho este concepto. El informe canadiense sostiene que detrás del actual uso regulador de la equivalencia sustancial hay una interpretación basada en un “umbral de decisión”. Esa interpretación da por sentado que no se producen más cambios en la planta que los que son directamente atribuibles al gen insertado: el alimento puede considerarse equivalente a su pariente “natural” tras una serie de análisis químicos rutinarios, que sólo estudian los elementos constitutivos principales y aquellos que son considerados potencialmente tóxicos, por ejemplo, la solanina en las variedades de patata. Esto se opone al “estándar de seguridad” (recomendado por la Royal Society of Canada) que exigiría un análisis científico riguroso para evaluar (y posiblemente atribuir) todos y cada uno de los efectos creados por la ingeniería genética.

La mayor parte de los datos recogidos en las pruebas de campo que Monsanto presentaba en su solicitud para colocar en el mercado sus productos en virtud de la directiva de la UE 90/220/CEE son observaciones visuales de los agricultores, que sólo pueden detectar aquellos

efectos no deseados verdaderamente visibles. No se analizaron parámetros fisiológicos ni bioquímicos (por ejemplo la absorción de nitrógeno o el ritmo de la fotosíntesis). Tampoco se evaluaron los efectos de la modificación genética en toda la planta, ni el correcto funcionamiento genético de ésta. Está claro que los posibles riesgos NO han sido suficientemente estudiados o evaluados.

Ni la solicitud de comercialización original ni la evaluación de seguridad alimentaria presenta datos con los que se puedan detectar cambios en la química de las proteínas que no se manifiesten o se hagan patentes de inmediato, por muy significativos que fueran. Esos estudios sólo advertían de las principales diferencias entre la soja modificada y la no modificada en términos de comportamiento agronómico y análisis nutricional.

Por ejemplo, desde que se realizó la evaluación de seguridad alimentaria se han encontrado diferencias en los niveles de fitoestrógenos entre la soja MG y la no MG²⁵ que no se documentaron en la evaluación de seguridad alimentaria inicial. Se cree que esos fitoestrógenos tienen relevancia clínica. Existe un creciente interés por la soja y un consumo cada vez mayor de extracto de soja y de productos alimenticios a base de esta planta para incrementar la ingesta de fitoestrógenos en la dieta²². Se desconoce si la soja MG presenta otros riesgos.

GREENPEACE



✦ Conclusiones

Existen importantes preguntas, hasta ahora sin respuesta, sobre qué contiene exactamente la soja RR MG de Monsanto y sobre todo lo que nos queda por descubrir.

- La evaluación de riesgos que se llevó a cabo de 1994 a 1996 no puede considerarse una evaluación de seguridad válida para la soja MG que se está cultivando y comercializando en la actualidad.
- Se ha demostrado que el rendimiento de soja RR MG es menor que el de la soja no MG con la que está emparentada. Por tanto, la afirmación de Monsanto de que su soja aumenta el rendimiento de las cosechas es falsa.
- Lo más probable es que el uso extendido de glifosato pueda tener efectos adversos para la biodiversidad.
- La importación de soja MG a uno de sus lugares de origen y/o diversidad plantea el riesgo de contaminar genéticamente la valiosa diversidad de este cultivo.
- El concepto de tolerancia de la soja MG a los herbicidas es erróneo, pues ignora las complejas interacciones planta-microbio que se producen en los suelos.
- La soja RR de Monsanto debería retirarse del mercado, porque existen serias dudas sobre si representa o no un riesgo para el medio ambiente.
- Los organismos MG se producen mediante una tecnología imprecisa y lo más probable es que puedan producir efectos inesperados e impredecibles. Por eso son intrínsecamente peligrosos para el medio ambiente.
- Una vez liberados, los organismos MG no pueden retirarse porque son organismos biológicos capaces de autorreplicarse. Por tanto, no se deberían liberar de forma intencionada organismos MG al medio ambiente.

✦ Referencias

- 1 Decisión de la Comisión, de 3 de abril de 1996, relativa a la comercialización de semillas de soja (*Glycine max* L.) modificada genéticamente con una mayor resistencia al herbicida glifosato, de conformidad con la Directiva 90/220/CEE del Consejo.
- 2 Según la base de datos de la OCDE, en 1994 en EEUU se autorizó por primera vez la siembra y el uso de la soja RR. También se ha aprobado su cultivo y uso en Canadá, Argentina y México, y su uso, pero no para su cultivo, en la UE, Japón y Suiza. Esta lista puede estar incompleta.
- 3 Dossier de Monsanto con el análisis molecular de la soja RR: http://archive.food.gov.uk/pdf_files/acnfp/summary.pdf http://archive.food.gov.uk/pdf_files/acnfp/dossier.pdf. Disponible en: <http://www.foodstandards.gov.uk/science/ouradvisors/novelfood/assess/assess-uk/60500/>
- 4 Windels, P., Taverniers, I. Depicker, A. Van Bockstaele, E. & De Loose, M. (2001) Characterisation of the Roundup Ready soybean insert. *European Food Research Technology*, 213:107-112.
- 5 Monsanto (2002a) DNA Sequences Flanking the 3' End of the Functional Insert of Roundup Ready Soybean Event 40-3-2 and Transcript Analysis of the Sequence Flanking the 3' End of the Functional Insert in Roundup Ready Soybean Event 40-3-2. Disponible en: <http://www.food.gov.uk/multimedia/webpage/72699>.
- 6 Monsanto (2002b) Transcript Analysis of the Sequence Flanking the 3' End of the Functional Insert in Roundup Ready Soybean Event 40-3-2. Disponible en: <http://www.food.gov.uk/multimedia/webpage/72699>.
- 7 Monsanto (2002c) Additional characterisation and safety assessment of the DNA sequence flanking the 3' end of the functional insert of Roundup Ready Soybean evento 40-3-2. <http://www.foodstandards.gov.uk/multimedia/pdfs/RRSsafetysummary.pdf>
- 8 Coghlan, A. (1999) Splitting headache. Monsanto's modified soya beans are cracking up in the heat. *New Scientist*, 20 Nov. 1999, pág. 25.
- 9 Benbrook, C. (2001) Troubled times amid commercial success for Roundup Ready soybeans. <http://www.biotech-info.net/troubledtimes.html> and Oplinger, E.S., Martinka, M.J. Schmitz, K.A. (1999) Performance of transgenic soybeans – northern US. <http://www.biotech-info.net/herbicide-tolerance.html#soy>
- 10 Elmore, R.W., Roeth, F.W., Nelson, L.A., Shapiro, C.A., Klein, R.N., Knezevic, S.Z. & Martin A. (2001) Glyphosate-resistant soybean cultivar yields compared with sister lines. *Agronomy Journal*, 93: 408-412.
- 11 Elmore, R.W., Roeth, F.W., Klein, R.N., Knezevic, S.Z., Martin, A., Nelson, L.A. & Shapiro, C.A. (2001) Glyphosate-resistant soybean cultivar response to glyphosate. *Agronomy Journal*, 93: 404-407.
- 12 B. Hartzler (1999) Monarch butterflies and herbicide resistant crops. Iowa State University, www.weeds.iastate.edu/weednews/monarchs.htm y "Monarch butterflies may be threatened in their North American range," *Environmental Review* 6(4):1-9, Abril de 1999 y "Monarchs and Their Roots" *Science*, 283: 171.
- 13 Coghlan, A. (2003) Weedkiller may encourage blight. *New Scientist*, 16 de agosto de 2003, pág. 6.
- 14 www.pesticidvarsling.dk, www.geus.dk, http://www.mim.dk/nyheder/presse/Dep/040603_glyphosat.htm
- 15 Greenpeace (2004) More and more "superweeds" with genetically-engineered crops. Greenpeace Briefing Paper. www.greenpeace.org.
- 16 King, C.A, Purcell, L.C, & Vories, E.D, (2001) Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to foliar glyphosate applications. *Agronomy Journal*, 93:179-186.
- 17 Nakayama, Y. & Yamaguchi, H (2002) Natural hybridization in wild soybean (*Glycine max* ssp. soja) by pollen flow from cultivated soybean (*Glycine max* ssp. max) in a designed population. *Weed Biology and Management*, 2: 25-30.
- 18 Crawley, M, (1996) The day of the triffids. *New Scientist*, 6 de julio, 40-41.
- 19 Quist, D. and Chapela, I.H. (2001) Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414: 541-543
- 20 Ronce, O. and Kirkpatrick, M. 2001. When sources become sinks: Migrational meltdown in heterogeneous habitats. *Evolution* 55: 1520-1531.
- 21 Haygood, R., A.R. Ives, and D.A. Andow. 2003. Consequences of recurrent gene flow from crops to wild relatives. *Procedimiento de la Royal Society of London B, Biological Sciences*, 270: 1879 – 1886.
- 22 ver Application to the UK Advisory Committee on Novel Foods and Processes for Review of the Safety of Glyphosate Tolerant Soybeans del Agricultural Group of Monsanto Company, 27 de julio de 1994.
- 23 Millstone, E., Brunner, E. & Mayer, S. (1999) Beyond "substantial equivalence". *Nature*, 401, 525-526.
- 24 Royal Society of Canada. Elements of Precaution: Recommendations for the Regulation of Food Biotechnology in Canada (2001).
- 25 Lappé, M.A., Bailey, E.B., Childress, C.C. & Setchell, K.D.R. (1998/1999), Alterations in Clinically Important Phytoestrogens in Genetically Modified, Herbicide-Tolerant Soybeans, *Journal of Medicinal Food*, 1:241-245.