

JAIME COSTA

Director Técnico de Monsanto España, S.A.

RESULTADOS EN EL CAMPO CON VARIEDADES GENÉTICAMENTE MEJORADAS



RESULTADOS EN EL CAMPO CON VARIEDADES GENÉTICAMENTE MEJORADAS

Jaime Costa Vilamajó

Dr. Ingeniero Agrónomo
División Agricultura de Monsanto España, S.A.

INTRODUCCIÓN

MONSANTO es un grupo con sede en St. Louis, Missouri (EEUU), fundado en 1901 y con unos 30.000 empleados que trabajan en más de 100 países. El volumen de ventas fue de unos 1,2 billones de pts. en 1998 y el 12,5% de esta cifra de ventas fue invertida en I+D, porcentaje tres veces superior a la cifra media de beneficios durante los últimos cinco años. En sus orígenes y durante la mayor parte de su historia, Monsanto concentró sus actividades en el sector de productos químicos, pero desde 1980 ha realizado importantes inversiones en Biotecnología, con hitos importantes como una de las primeras plantas genéticamente modificadas en 1983, ensayos de campo con variedades genéticamente mejoradas desde 1987, y comercialización de diversas modificaciones desde 1995.

DESARROLLO DE ACUERDO CON LA LEGISLACIÓN

La aplicación de la Biotecnología a la mejora genética de cultivos ha interesado por ofrecer alternativas más eficientes y sostenibles a la producción de alimentos y fibras. Esta aplicación es básicamente un perfeccionamiento de las técnicas convencionales de mejora de variedades, si bien permite la introducción de genes y características procedentes de otros organismos. Aplicando el principio de precaución, se han publicado diversas disposiciones aplicables a esta tecnología, que resumimos como:

Directiva 90/220 sobre liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente. Establece un procedimiento de aprobación armonizado para toda la UE.

Ley 15/1994 (BOE 4/6/94) por la que se establece en España el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, y régimen sancionador.

Real Decreto 951/1997 (BOE 24/6/97) para el desarrollo de la Ley 15/1994. Desarrolla la Ley anterior, detallando información requerida, procedimientos y competencias de las CCAA para la autorización y supervisión de ensayos.

Reglamento CE n° 258/97 (DOCE del 14/2/97) sobre nuevos alimentos y nuevos ingredientes alimentarios.

Reglamento CE n° 1139/98 sobre etiquetado de maíz y soja genéticamente modificados. Establece la necesidad de incluir la etiqueta “contiene — genéticamente modificado” si se detecta ADN o proteína, pero quedan por definir los métodos y umbrales de detección.

Orden de 23 de marzo de 1998 del MAPA (BOE del 26/3/98) por la que se modifica el Reglamento General del Registro de Variedades Comerciales. Establece la obligatoriedad de permisos OGM para inclusión en ensayos y de planes de seguimiento después de la autorización de variedades transgénicas.

Además, para la comercialización de un herbicida a emplear sobre las nuevas variedades genéticamente tolerantes, es precisa su autorización por la Subdirección General de Medios de Producción Agrícolas (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación), después de considerar los estudios sobre:

- Presentación y clasificación de una formulación conocida, aceptable y estable.
- Aplicación compatible con los límites máximos de residuos autorizados a nivel de la U.E. (por cada cultivo, presentación de 8 datos de residuos en la zona sur de la U.E.).
- Clasificación ecotoxicológica de la formulación.
- Clasificación sobre seguridad para los aplicadores.
- Seguridad para el cultivo a dosis doble de las solicitadas.
- Demostración de que las dosis solicitadas son las mínimas necesarias.
- Tramitación de acuerdo con el procedimiento establecido, en el que los datos aportados son evaluados por grupos de expertos.

5 AÑOS DE RESULTADOS IMPECABLES

Mientras en la Unión Europea la autorización de las nuevas variedades ha progresado muy lentamente, en EEUU, Argentina, Canadá y algunos otros se han aprobado unas 40 modificaciones genéticas diferentes, presentadas a los agricultores en más de 1.200 variedades genéticamente mejoradas (obtenidas por cruzamientos convencionales con las variedades más interesantes).

Desde 1995, las nuevas variedades de patatas, soja, maíz, colza y algodón han sido introducidas en los países mencionados con un ritmo estimado que demuestra su enorme interés para los agricultores:

<i>Año</i>	<i>Est. sup. sembrada</i>
1995	150.000 ha.
1996	2.000.000 ha.
1997	12.000.000 ha.
1998	30.000.000 ha.
1999	40.000.000 ha.

Los interesados en tener más detalles sobre las variedades con genes mejoradas por Monsanto pueden solicitarnos un ejemplar gratuito de la publicación *Añadiendo valor globalmente* o consultar en Internet las páginas <http://www.monsanto.com> y <http://www.monsanto.es>

Merece la pena destacar que en estas extensas superficies –como también durante más de 25.000 ensayos de campo realizados desde 1986– el historial de las nuevas variedades respecto a su seguridad para personas y medio ambiente ha sido, sencillamente, impecable.

MANEJO DE VARIEDADES PROTEGIDAS CONTRA INSECTOS

Las variedades protegidas genéticamente contra insectos –mediante expresión de la proteína insecticida de *Bacillus thuringiensis* (Bt)– defienden la planta contra los ataques de las plagas desde el momento de su nascencia. Al llevar incorporada la protección en la propia planta, defienden al cultivo de las plagas antes de que estas hagan daño y sin dañar las especies de artrópodos auxiliares, por lo que estas técnicas se han considerado recomendables para la producción integrada. No obstante, la protección constante también significa una constante presión de selección que puede conducir a la aparición de insectos resistentes.

Este problema no es nuevo, pues lo han sufrido muchas veces los agricultores con los insecticidas convencionales. Lo que es realmente nuevo es la preocupación de la industria para buscar soluciones a estos problemas antes de que se presenten. El consenso actual sobre las mejores medidas para retrasar en lo posible la aparición de insectos resistentes al Bt pasa por los siguientes puntos:

- alta expresión de la proteína para el control de individuos heterocigóticos respecto al gen de resistencia
- desarrollo de otros genes para protección frente a insectos con modo de acción alternativo
- seguimiento de medidas culturales y otras recomendadas por la lucha integrada como la destrucción de la parte aérea verde al final del ciclo, con el fin de interrumpir la presión de selección cuando no sea necesaria
- mantenimiento de pequeñas zonas refugio sin tratar o refugios mayores tratados convencionalmente, para mantener una reserva de individuos sensibles con los que los resistentes homocigóticos tendrán que cruzarse

- seguimiento de la presión de ataque y tratamiento con un producto complementario respetuoso con la fauna auxiliar cuando sea necesario.

Entre estas normas, las dos primeras son responsabilidad de la empresa que ha desarrollado la protección, pero las tres siguientes son responsabilidad del agricultor, cuando no una exigencia durante la autorización condicional de las nuevas variedades. Por ello, los agricultores deberán estar informados de las normas de manejo del cultivo más recomendables –incluidos los tratamientos de emergencia caso de sospecharse la aparición de resistencias, y la proporción y distribución de los refugios. En algún caso, como el del algodón protegido contra insectos, conviene conocer que la cantidad de proteína insecticida es relativamente baja en el polen de las flores, por lo que la presencia de larvas de orugas en esa fase no es necesariamente una indicación de resistencia, aunque sea recomendable un tratamiento complementario con un insecticida eficaz y respetuoso con la fauna auxiliar.

MANEJO DE VARIEDADES RESISTENTES A HERBICIDAS

La biotecnología ofrece la posibilidad de insertar genes que degraden el herbicida que queremos aplicar o bien –como ocurre con las variedades Roundup Ready*– que producen proteínas funcionalmente similares a la inmovilizada por el herbicida, pero no bloqueadas por el mismo. El primer cultivo autorizado en la Unión Europea fue un tabaco resistente al bromoxinil, pero la utilización más amplia corresponde a la soja resistente al glifosato. En este caso el gen añadido que confiere resistencia al herbicida –sin necesidad de genes marcadores– procede de una bacteria *Agrobacterium* natural del suelo.

Desarrollo de variedades Roundup Ready* con un gen para protección frente a un herbicida

- shikimato → EPSPS → aminoácidos esenciales → →
EPSPS

- La enzima EPSPS es una proteína, que se descompone en el estómago con una vida media de unos 15 segundos, presente en pequeñísimas cantidades y cuya seguridad ha sido demostrada y publicada.



En principio, la modificación genética para resistencia a un herbicida no tiene por qué cambiar la sensibilidad del cultivo a otros herbicidas, y así ha ocurrido hasta la fecha. Por tanto, las precauciones a tomar por los agricultores –voluntarias o impuestas por la legislación– irán destinadas a:

- evitar o retrasar la transmisión del gen de resistencia a plantas sexualmente compatibles que puedan existir en la zona. Éste podría ser el caso de la remolacha resistente a herbicidas de amplio espectro, donde habría que extremar las precauciones para evitar la subida de las variedades cultivadas, y/o completando el control de las plantas espontáneas de acelguilla (*Beta marítima* o *macrocarpa*) que puedan existir en las inmediaciones del ensayo.
- controlar las germinaciones posteriores de las semillas caídas, bien con herbicidas con modo de acción alternativo, o con labores mecánicas superficiales.

Una ventaja importante de este tipo de variedades es que ofrece mayor flexibilidad en cuanto a los momentos de aplicación, por lo que deben esperarse unas aplicaciones más cuidadosas con el medio y con los cultivos vecinos no resistentes. Afortunadamente se dispone ya de una amplia gama de boquillas antideriva que junto con una baja presión ayudarán a evitar este posible problema. Mención aparte merece la mayor facilidad para adoptar la siembra directa y una óptima conservación del suelo con estas variedades.

RESULTADOS Y BENEFICIOS PARA TODOS

Como las primeras variedades mejoradas gracias a la Biotecnología han ofrecido mayor resistencia contra plagas o frente a herbicidas, es frecuente oír que su comercialización solo ha beneficiado a las empresas productoras y a los agricultores, sin caer en la cuenta de que la tecnología ha contribuido a que el gasto en alimentación esté por debajo del 20% de la renta media actual de los españoles.

Incluso si solo consideráramos los beneficios económicos de las nuevas variedades, la situación muy competitiva de la cadena alimentaria hará que sean compartidos tarde o temprano con la industria y los consumidores. Así ha ocurrido durante los últimos 15 años, en los que el precio por kg de maíz que percibían los agricultores ha pasado de 7 minutos a 3 minutos de un trabajador con el salario mínimo.

En primer lugar, si las variedades genéticamente protegidas contra insectos requieren menores aplicaciones de insecticidas, podemos hablar de que el medio ambiente y los consumidores también deben salir beneficiados. La reducción en la aplicación de insecticidas gracias a la Biotecnología –y los recursos no renovables asociados con su fabricación, transporte y empleo– han sido dramáticos en cultivos como el algodón, donde sólo en EEUU se ha evitado la aplicación de 4 millones de litros de insecticida desde 1996 a 1999.

En España se han ensayado variedades Bollgard* protegidas contra orugas durante 1996, 1997 y 1998, con excelentes resultados. Baste decir que en 1998, las variedades genéticamente protegidas evitaron la aplicación de 4,6 tratamientos insecticidas que emplearon 15,8 litros por hectárea (Novillo y otros, 1999). Las poblaciones de las 5 especies de artrópodos auxiliares fueron generalmente superiores a las observadas en las variedades con insecticidas, y la producción de fibra fue un 12% superior a los programas convencionales actuales.



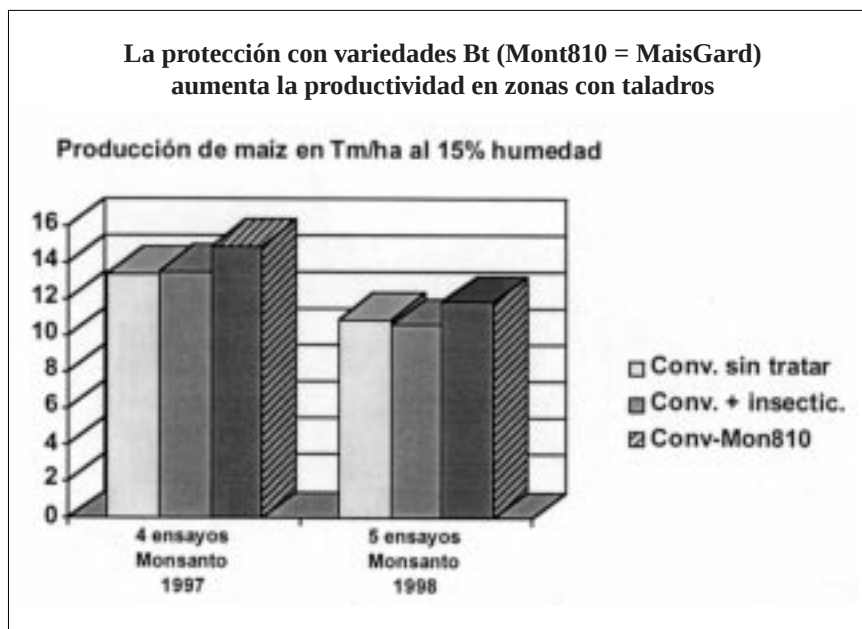
En el caso de las variedades resistentes a herbicidas –diferentes a los aplicados convencionalmente de forma preventiva– las encuestas del USDA (Departamento de Agricultura de los EEUU) han encontrado en 1998 una disminución global del 9% tan solo en la soja cultivada en EEUU.

Estos datos han sido confirmados por la encuestas del USDA publicadas recientemente, en las que se informa de un crecimiento global del uso de glifosato inferior al aumento del empleo de las variedades Roundup Ready y de una disminución casi generalizada de los herbicidas alternativos, por lo que tan solo en 1998 se observa una disminución global del empleo de herbicidas inferior en un 8% a los niveles observados en 1997.

Además de esta disminución, en 1998 se encontró una mayor facilidad para adoptar sistemas de siembra directa (agricultura de conservación), adoptadas en un 46% por los agricultores que sembraban las nuevas variedades, frente al 33% de los que usaban las viejas variedades. Esta mayor proporción –que estimamos en 1 millón de hectáreas en 1998– puede haber contribuido a un ahorro de combustible de 27 millones de litros de gasóleo, y a una inmovilización adicional de CO₂ al dejar sobre el suelo los rastrojos del cultivo anterior.

RESULTADOS EN ESPAÑA CON MAÍZ PROTEGIDO CONTRA TALADROS

Ensayos realizados en las condiciones españolas han confirmado la utilidad del maíz MaisGard*(Mon810) genéticamente protegido contra taladros, pues ofrece protección contra orugas de *Ostrinia nubilalis* y *Sesamia nonagrioides*. En zonas con estas plagas, la protección continuada ofrecida por la expresión de la proteína insecticida en todas las partes de la planta permite aumentar la producción en más de un 10%, con menor grado de contaminación por micotoxinas.

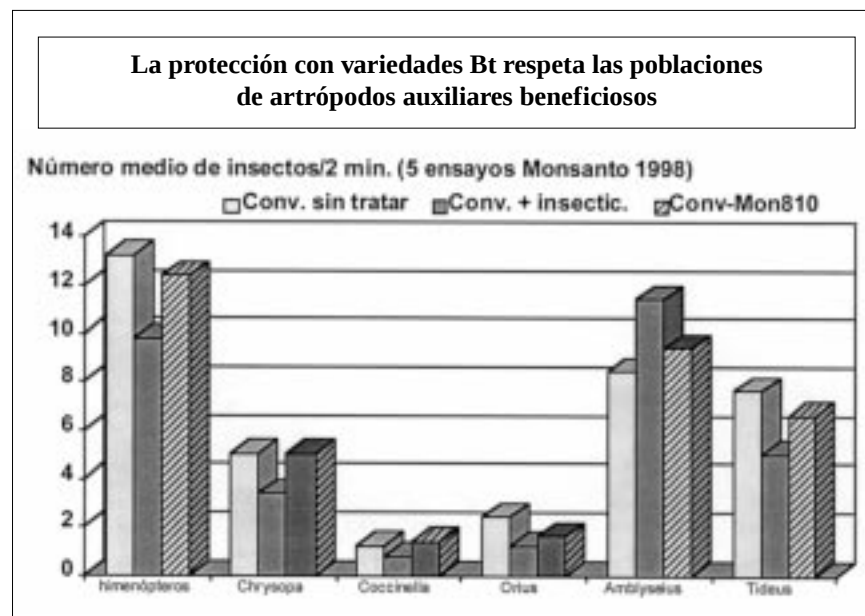


Esta modificación genética ha sido autorizada por la Unión Europea para su importación y cultivo en 1998, aunque hasta la fecha no hay en España ninguna variedad autorizada para su comercialización.

Al hablar de maíz protegido contra taladros, hay que hacer referencia a la publicación en la revista *Nature* de una carta alertando de que el polen de maíz

con expresión de la proteína Bt podía matar el 44% de las orugas de la mariposa “monarca” cuando las hojas de la planta que comen estaban recubiertas de polen. Esta noticia hizo correr mucha tinta en los medios, pero los datos de campo son mucho más tranquilizadores. Teniendo en cuenta que solo una pequeña proporción de la planta que alimenta a dichas orugas está presente en campos de maíz, que el polen de este cultivo queda prácticamente limitado al campo y uno o dos metros a su alrededor, y que cuando se produce la emisión de polen las mariposas monarca ya han desarrollado una o dos generaciones, ni en Estados Unidos ni en la Unión Europea se ha cambiado la valoración de las variedades Bt de maíz.

En el caso de España no existe la planta de la que se alimenta la “monarca”, pero al igual que en el caso de algodón (Novillo y otros, 1999), se ha estudiado el efecto contra artrópodos no objetivo, con los resultados favorables indicados en la siguiente figura.

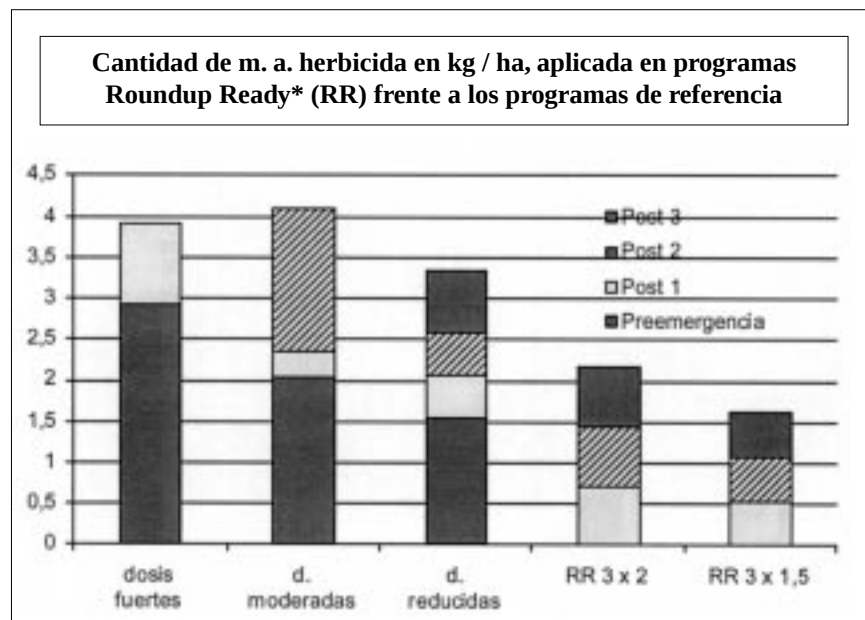


El respeto a las especies no objetivo es un beneficio fundamental para los programas de lucha integrada contra plagas, recomendados como buena práctica agrícola.

RESULTADOS EN ESPAÑA CON REMOLACHA

La remolacha es uno de los cultivos que más se pueden beneficiar de la modificación genética para resistencia a herbicidas, pues al ser un cultivo muy similar a las principales malas hierbas, son necesarios programas complicados de control con mezclas de productos aplicados en condiciones muy precisas.

En los ensayos realizados en España desde 1995, hemos comprobado que con variedades Roundup Ready* el control de malas hierbas es mucho más sencillo para el agricultor, permite una agricultura con mayor conservación del suelo y reducción de las emisiones de CO₂, y reduciendo a la mitad la cantidad de herbicida aplicado. El herbicida que estamos desarrollando ha sido clasificado como herbicida de baja peligrosidad tanto para personas, como para fauna terrestre, como para fauna acuícola. Su seguridad para las aguas subterráneas es bien reconocida y en variedades convencionales ya se usa actualmente en decenas de millones de hectáreas aplicándolo antes de sembrar el cultivo.



La flexibilidad en el momento de la aplicación, además de ofrecer un beneficio al agricultor, permite la aplicación a dosis menores o con aplicación tardía si queremos primar la conservación de biodiversidad frente a la producción de azúcar por hectárea cultivada. Una vez más, la técnica no es necesariamente buena ni mala, sino que nos ofrece nuevas alternativas para conseguir una producción agrícola más eficiente y sostenible.

TECNOLOGÍA TAMBIÉN PARA PAÍSES EN DESARROLLO

Al estar la mejora incorporada en la semilla, el valor de la misma es independiente del tamaño de la finca, pues evita fuertes inversiones de maquinaria. En este sentido, el mayor número de usuarios del algodón genéticamente protegido contra insectos –unos 500.000– ocurrió en la República Popular China durante 1998 y 1999.

Monsanto ha donado tecnología para la protección frente a virus de patatas y boniatos en México y Kenia respectivamente, y ha ofrecido variedades de colza con alto contenido en beta caroteno, para ayudar a resolver los graves problemas de deficiencia en vitamina A en países en vías de desarrollo.

LA TECNOLOGÍA FORMARÁ PARTE DE LAS SOLUCIONES PARA EL SIGLO XXI

En los albores del siglo XXI, es frecuente oír llamadas de preocupación respecto a la disponibilidad de alimentos o críticas al impacto de la agricultura sobre el medio ambiente. La aplicación juiciosa de la Biotecnología a la mejora de las variedades cultivadas nos ofrece enormes posibilidades para ayudar a resolver estos problemas y de forma perfectamente compatible con otros modelos de agricultura.

Como decía recientemente D. Federico Mayor Zaragoza, Director General de la Unesco (*El País*, 23 de junio de 1999), “...la afirmación de que la biotecnología es la clave para una mayor producción alimentaria ha sido contrarrestada por afirmaciones de que, por el contrario, la democracia es la que aumenta la producción y distribución de alimentos. Pero necesitamos ambas; ésta debe ser, a buen seguro, la base de la necesaria alianza entre la ciencia y la sociedad”.

REFERENCIAS

- BURKS, A.W. y R.L. FUCHS, 1995. Assessment of the endogenous allergens in glyphosate-tolerant and commercial soybean varieties. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 96: 1008-1010.
- DUKE, S.O. (editor), 1996. *Herbicide-resistant crops. Agricultural, Environmental, Economic, Regulatory, and Technical Aspects.* Lewis Publishers, New York, 420 p.
- HAMMOND, B.G. y otros 7 autores, 1996. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *Journal of Nutrition*, 126: 717-727.
- HARRISON, L.A. y otros 11 autores, 1996. The expressed protein in glyphosate-tolerant soybean, 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase from *Agrobacterium* sp. strain CP4, is rapidly digested in vitro and is not toxic to acutely gavaged mice. *Journal of Nutrition*, 126: 728-740.
- METCALFE, D.D. y otros 5 autores, 1996. Assessment of the allergenic potential of foods derived from genetically engineered crop plants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36 (S):S165-S186.
- NOVILLO, C., J. SOTO y J. COSTA, 1999. Resultados en España con variedades de algodón, protegidas genéticamente contra las orugas de las cápsulas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 25: 383-393.

- PADGETTE, S.R. y otros 13 autores, 1995. Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Science*, 35: 1451-1461.
- PADGETTE, S.R. y otros 6 autores, 1996. The composition of glyphosate-tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *Journal of Nutrition*, 126: 702-716.
- PADGETTE, S.R. y otros 7 autores, 1996. New weed control opportunities: Development of soybeans with a RoundupReady gene. En *Herbicide Resistant Crops. Agricultural, Environment, Economic, Regulatory, and Technical Aspects*, ed. por S.O. Duke, págs. 53-84. CRC Lewis Publishers, New York.
- SWCS, 1995. Farming for a better environment. A white paper. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa. 67 p.
- TABERNER, A., 1998. Guía para el manejo de la resistencia a herbicidas. CPRH, Servei de Protecció dels Vegetals, 12 p.

* Bollgard, Roundup, Roundup Ready y MaisGard son marcas registradas de Monsanto.

