

# **Recopilación sobre los efectos del Glifosato en agroecosistemas**

Ms. Sc. Ing. Agr. Gabriela Civeira  
Instituto de Suelos, INTA Castelar  
(Marzo, 2012)

## **TIPOS DE PESTICIDAS**

Los pesticidas se refieren de manera general al tipo de objetivo que controlan (insecticidas, herbicidas, funguicidas, etc). Otra manera de entender sobre los pesticidas es considerando si son químicos o derivados de una misma fuente o método de producción. Otras categorías pueden incluir a los biopesticidas, anti microbianos y dispositivos para controlar la plaga.

### ***Pesticidas químicos***

#### **Organofosforados**

Estos pesticidas afectan al sistema nervioso. La mayoría de los organofosforados son insecticidas. Fueron desarrollados durante el siglo XIX, pero se comenzaron a utilizar a partir del año 1932 cuando se descubrió su efecto sobre los insectos. Algunos son muy venenosos y fueron utilizados durante la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, no son persistentes en el medio ambiente.

#### **Carbamatos**

Estos pesticidas afectan al sistema nervioso afectando enzimas reguladoras. Los efectos sobre la enzima son reversibles. Hay varios subgrupos dentro de los carbamatos.

#### **Organoclorados**

Fueron muy utilizados en el pasado, pero muchos han sido eliminados del mercado debido a sus efectos persistentes en la salud y el medio ambiente (e.g. DDT and chlordane).

#### **Piretroides**

Fueron desarrollados como una versión sintética del pesticida natural piretrin, que se encuentra en la especie *chrysanthemums*. Fueron modificados para incrementar su estabilidad en el ambiente. Algunos piretroides sintéticos son tóxicos para el sistema nervioso.

### ***Biopesticidas***

Algunos tipos derivan de materiales naturales como plantas, animales, bacterias y ciertos minerales. Por ejemplo, el aceite de canola y el polvo de hornear tienen propiedades como pesticidas y son considerados biopesticidas.

*Los biopesticidas entran dentro de tres categorías principales:*

### **Microbianos:**

Consisten en microorganismos como ingrediente activo (bacterias, hongos virus y protozoarios). Los pesticidas microbiológicos pueden controlar varios tipos de plagas, aunque cada ingrediente activo por separado puede ser relativamente específico para su plaga objetivo: Por ejemplo, existen hongos que controlan ciertas malezas y otros hongos que pueden matar insectos.

Los pesticidas microbianos más usados son subspecies de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, o Bt. Cada una de las subspecies produce diferentes mezclas de proteínas y matan específicamente una o pocas especies relacionadas de larvas de insectos. Mientras algunos Bt controlan la mayoría de las larvas que se encuentran en las plantas, otros Bts son específicos para larvas, moscas y mosquitos. La especie objetivo es determinada por la proteína que produce Bt la cual se une a un receptor en la larva y causa su inanición.

### **Protectores incorporados a las plantas (PIPs):**

Son sustancias pesticidas que producen las plantas a las cuales se les incorpora distinto material genético. Por ejemplo, el gen que produce la proteína pesticida en la bacteria Bt es introducido en los propios genes de la planta a la cual se quiere proteger. Luego la planta, en vez de la bacteria Bt, produce la sustancia que destruye la plaga.

### **Bioquímicos:**

Son sustancias naturales que controlan las plagas mediante mecanismos no tóxicos. Los pesticidas convencionales, son por el contrario materiales sintéticos que matan o inactivan directamente a la plaga. Los pesticidas bioquímicos incluyen sustancias como feromonas de insectos, y extractos de plantas que atraen a las plagas a trampas.

### **El glifosato: Su composición química**

El **glifosato** (N-fosfonometilglicina,  $C_3H_8NO_5P$ , CAS 1071-83-6) es un herbicida no selectivo de amplio espectro, desarrollado para eliminación de hierbas y de arbustos, en especial los perennes. Es un herbicida total. Es absorbido por las hojas y no por las raíces. Se puede aplicar a las hojas, inyectarse a troncos y tallos, o asperjarse a tocones como herbicida forestal.

El glifosato es el principio activo del herbicida Roundup (nombre comercial de Monsanto) (su patente expiró en 2000). Monsanto patentó en algunos países el evento "40-3-2" en la soja transgénica, el cual confiere resistencia al glifosato. Aunque existen actualmente muchos otros tipos de cultivo resistentes al glifosato como maíz, algodón, canola, etc.

La aplicación de glifosato elimina las plantas debido a que suprime su capacidad de generar aminoácidos aromáticos. Es el herbicida más usado en EE.UU.<sup>1</sup> usándose, 2.000-4.000 t/año en céspedes, y 40.000-50.000 t/año en su agricultura.<sup>1</sup>

### **Fórmula química**

El glifosato es un aminofosfonato y un análogo del aminoácido natural glicina. El nombre es la contracción de *glicina*, *fosfo-* y *-ato*, partícula que designa a la base conjugada de un ácido. Fue descubierta su actividad herbicida en 1970 por John E. Franz, quien trabajaba en Monsanto. Franz

recibió la National Medal of Technology en 1987, y la Medalla Perkin en Química Aplicada en 1990 por su hallazgo.

## **EFFECTOS DEL USO DE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS (OGM) RESISTENTES A HERBICIDAS DE AMPLIO ESPECTRO.**

### **Agricultura y Medio Ambiente:**

*Los argumentos a favor de su uso demuestran:*

Nuevas herramientas para manejo y control de plagas, malezas y enfermedades, posibilidad de cultivar plantas en ambientes extremos y en suelos pobres, entre otros.

Disminución de la contaminación del suelo, aire y aguas gracias a un menor uso de agroquímicos, reducción de la presión sobre ecosistemas naturales gracias a mejor productividad y producción en condiciones extremas, prácticas de labranza que disminuyen la erosión gracias a cultivos resistentes a herbicidas.

*El uso de OGM genera preocupaciones especialmente en el tema de medio ambiente y salud, por las razones que se indican a continuación:*

### **Flujo de genes a especies relacionadas:**

La hibridación de los cultivos con las malezas cercanas puede permitir que éstas adquieran características no deseables, como la resistencia a los herbicidas. Muchos factores influyen en las posibilidades de que se produzca el flujo de genes de un cultivo a otro. Algunos cultivos son muy propensos a la fecundación cruzada y el polen es transportado a otros campos por el viento y los insectos. Otras especies son autógamas, con escasas probabilidades de transferencia de polen a plantas vecinas. Como consecuencia de las diferencias entre las especies cultivadas, es preciso evaluar en forma individual cada caso para determinar las posibilidades de contribuir al flujo de genes desde los cultivos transgénicos a los tradicionales, a los parientes silvestres o malezas.

### **Desarrollo de superralezas:**

Se cree que la aplicación masiva de un solo herbicida, causada por la siembra de cultivos resistentes a herbicidas, puede ser muy perjudicial para los agroecosistemas. Esto generaría un fenómeno llamado presión selectiva que puede activar el crecimiento desmesurado de malezas resistentes al herbicida. Disminución de la diversidad biológica: La dificultad se enfoca en la posibilidad de un incremento en el nivel promedio de residuos de insecticidas y herbicidas en los cultivos, lo que podría tener un efecto negativo en los insectos beneficiosos y la vida silvestre

### **Menor eficiencia en el control de plagas y enfermedades:**

Es posible que las plantas transgénicas cultivadas en el campo transfieran sus genes de resistencia a los antibióticos a microorganismos del suelo, con lo cual se produciría un aumento general del grado de resistencia a los antibióticos en el medio ambiente. Sin embargo, muchos organismos del

suelo tienen resistencia natural que se produce como defensa contra otros organismos que generan antibióticos y, por lo tanto, no es probable que el aporte ocasional de genes de las plantas transgénicas cause una modificación importante del grado de resistencia a los antibióticos ya existente en el medio ambiente.

## **EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL HERBICIDA GLIFOSATO EN LOS AGROECOSISTEMAS**

En sistemas agrícolas donde el glifosato es regularmente aplicado, la deriva y los residuos que quedan pueden causar daños a las plantas no objetivo. Cantidades significativas de glifosato aplicado a plantas no objetivo llegan al suelo como resultado del contacto directo, del lavado desde las hojas y de la exudación de las raíces de las malezas tratadas (Eker et al, 2006). Alrededor del 10% del glifosato aplicado puede llegar a las plantas no objetivo. La vida media del glifosato en el suelo es muy larga y puede llegar desde semanas a años. La mayoría de los residuos del glifosato (90%) se encuentran en los primeros 15 cm del suelo, y estos residuos representan una amenaza importante para la actividad microbiológica del suelo y la absorción por parte de las raíces de las plantas no objetivo. Recientemente se observó que la deriva de un 12% de las dosis comúnmente aplicadas de glifosato afectaron el crecimiento de los tallos y la actividad de los nódulos (fijación del nitrógeno) en plantas de soja resistentes a glifosato, especialmente durante los estadios de crecimiento vegetativo.

Existe evidencia actual que demuestra que el glifosato compite con los nutrientes por los sitios de intercambio en las partículas de los suelos. Los cationes del suelo son acomplejados con las partículas de glifosato formando complejos insolubles que disminuyen la disponibilidad para las plantas. En consecuencia se han observado disminuciones en los rendimientos de los cultivos en situaciones controladas. Los resultados de estas investigaciones sugieren que los residuos del glifosato o su difusión al medio ambiente puede resultar en severas deficiencias de nutrientes para las plantas no objetivo.

Ha sido demostrado que los fertilizantes que contienen fosfato y el herbicida glifosato compiten por los sitios de adsorción en los suelos. Sin embargo, las consecuencias potenciales de estas interacciones para las plantas como por ejemplo la resolubilización de los residuos fitotóxicos del glifosato en suelos debido a la aplicación de fertilizantes fosforados o debido a mecanismos de movilización de P mediados por las raíces no ha sido investigada en profundidad. Se han realizado experimentos de invernáculo donde se analizó el potencial de removilización del glifosato por el fertilizante fosforado en suelos y su efecto sobre fitotoxicidad de plantas de soja (*Glycine max L.*). Se pudieron observar síntomas visuales de toxicidad por glifosato. Además, se observaron menores volúmenes de biomasa de plantas, menores porcentajes de germinación de semillas, menor acumulación de la enzima indicadora de toxicidad del glifosato (Shikimate) y un bajo estatus nutricional en la planta (foto 1). La ausencia de esta enzima origina toxicidad debido a la mayor acumulación de un metabolito secundario de la degradación del glifosato AMPA (aminomethylphosphonic acid) en los suelos. En suelos tratados con glifosato la aplicación de P indujo daños significativos en las plantas. Sin

embargo, en suelos poco desarrollados el efecto fue contrario, se generó una estimulación del crecimiento de las plantas de soja (hormesis). Los resultados sugieren que la removilización del glifosato puede representar una vía adicional de transferencia del glifosato a especies no objetivo, la cual está fuertemente influenciada por las características de los suelos como el potencial de fijación de fósforo, contenido de hierro disponible para las plantas, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de arena y contenido de materia orgánica (Bott et al, 2011).

Como fue citado anteriormente, el glifosato compite con las partículas de fósforo por los sitios de adsorción por lo tanto al fertilizar el suelo esto podría contribuir a liberar el glifosato adherido a las partículas del suelo e incrementar las probabilidades de que el herbicida llegue a los ecosistemas acuáticos.

Este fenómeno, junto con el reciente aumento de la aplicación de fertilizantes fosforados en Argentina, motivo que se realizaran estudios orientados a comprender los efectos de la aplicación prolongada de glifosato sobre las comunidades de microorganismos acuáticos que habitan las lagunas bonaerenses. Estos estudios revelaron que agregar glifosato a piletas que simulan cuerpos de agua naturales altero la calidad de la luz y aumento la concentración de fósforo.

Existe gran disparidad en la literatura acerca de la capacidad de retención de glifosato por distintos tipos de suelo, lo mismo que sobre las probabilidades de su degradación. Una abundante bibliografía señala que el glifosato posee alta propensión a ser retenido por las partículas del suelo, ya que se carga eléctricamente y se adsorbe con fuerza a la materia orgánica. Con ello abandona el agua y permanece inmóvil o se mueve poco en el suelo. Sin embargo, en suelos muy ricos en materia orgánica, el glifosato puede unirse a compuestos orgánicos solubles en agua y conservar cierta movilidad que lo puede llevar tanto a niveles más profundos del suelo como hacia aguas superficiales. En esas aguas puede intoxicar a organismos que se alimentan por filtración (crustáceos y moluscos) o a otros que ingieren cantidades significativas de suelo durante su alimentación normal, como peces, aves, anfibios y hasta algunos mamíferos.

La adsorción del glifosato, y por lo tanto su movilidad varían con el tipo de suelo. En aquellos ricos en óxidos de hierro, como los de Misiones, es mayor, lo que disminuiría su degradación química o biológica. La presencia de cobre disminuye la absorción, por la formación de compuestos del herbicida con ese metal. En la región Pampeana los suelos tienen características que facilitan la formación de tales compuestos, por lo que se puede esperar que la movilidad del herbicida sea reducida y no se acumule en los cuerpos de agua.

Una vez que el glifosato se aplico sobre el follaje, una parte penetra en los tejidos de la planta pero otro puede ser arrastrada por lluvias que caigan en los días siguientes a la aplicación. Aun si la planta muere como resultado de la aplicación, el glifosato permanece en los tejidos vegetales muertos. Investigaciones realizadas en bosques templados indican que el 50% de los residuos de glifosato en desechos de hojas desaparece luego de ocho a nueve días. También se puede producir destrucción por luz o foto degradación si llega suficiente radiación ultravioleta.

Se dice a menudo que el glifosato se degrada rápidamente en el suelo. Pero estudios realizados en Canadá indican que la vida media del glifosato en el suelo o en el agua, después de una aplicación directa, puede alcanzar los 60

días. Hay estudios de campo que encontraron residuos de glifosato en el suelo y en el agua, de entre 6 al 18% del volumen aplicado luego de un año de aplicación.

Si bien el glifosato no se degrada rápidamente en agua estéril, en presencia de bacterias y hongos se descompone y da lugar a un ácido de baja toxicidad, y probablemente a dióxido de carbono, según la EPA. Se ha documentado la degradación de ese ácido a moléculas de fósforo inorgánico, que no tienen acción herbicida ni efectos tóxicos para organismos acuáticos en las concentraciones que se originarían por el uso del glifosato en la agricultura.

Existe documentación que demuestra que el glifosato puede afectar la absorción de micronutrientes. Los residuos del glifosato o su deriva pueden afectar la absorción de Fe y Mn en las plantas no objetivo, resultando en deficiencias nutricionales en las plantas y en menores posibilidades de crecimiento de la vegetación. Las partículas de glifosato pueden unirse a los metales (Fe y Mn) y formar complejos glifosato-metal poco solubles en los tejidos vegetales y o en la rizósfera de las plantas.

El glifosato retarda la etapa de emergencia de la plántula, deformaciones en las hojas primarias (cotiledones), aumenta la formación de antocianinas en los cotiledones (rasgos de falta de luz), desarrollo desproporcionado de la raíz, senescencia tardía de los cotiledones (retraso en el crecimiento de las plantas) y deformación de las hojas en comparación a las plantas donde no se aplica el glifosato.

De acuerdo con la normativa existente, todo nuevo producto de la biotecnología moderna es sometido a una evaluación de bioseguridad, caso por caso. Para los alimentos se utiliza el concepto de equivalencia sustancial, basado en la comparación de las características de la planta modificada genéticamente con su contraparte convencional, se evalúan los aspectos de toxicidad, patogenicidad y alergenicidad. En el caso de cultivos modificados se evalúa su comportamiento agronómico y su potencial impacto ambiental.

## SITUACIÓN MUNDIAL DE LOS OMG

La adopción de los OMG a nivel mundial crece de manera acelerada desde su comercialización inicial en 1996, el área global de cultivos genéticamente modificados ha aumentado más de cincuenta veces desde esa fecha. La tasa de crecimiento anual ha venido aumentando en cifras de dos dígitos, hecho que refleja la confianza de millones de agricultores, que han adoptado variedades genéticamente modificadas. Los principales países productores son Estados Unidos, Argentina y Brasil.

País	Cultivos GM	Área (Mill. ha)
1 USA	Soya, Maíz,, Algodón, Colza, Calabaza y Papaya	49.8
2 Argentina	Soya, Maíz y Algo dón	17.1
3 Brasil	Soya	9.4
4 Canadá	Colza, Maíz y Soya	5.8
5 China	Algodón	3.3
6 Paraguay	Soya	1.8

7 India	Algodón	1.3
8 Sudáfrica	Maíz, Soya y Algodón	0.5
9 Uruguay	Maíz y Soya	0.3
10 Australia	Algodón	0.3
11 México	Algodón y Soya	0.1
12 Rumania	Soya	0.1
13 Filipinas	Maíz	0.1
14 España	Maíz	0.1
15 Colombia	Algodón	<0.1
16 Irán	Arroz	<0.1
17 Honduras	Maíz	<0.1
18 Portugal	Maíz	<0.1
19 Alemania	Maíz	<0.1
20 Francia	Maíz	<0.1

Fuente: Clive James "Situación global de los cultivos transgénicos/GM comercializados: 2005" ISAAA.

En relación con la controversia internacional sobre transgénicos, el hecho de que la Argentina los haya adoptado dentro de un esquema agroexportador también es relevante, debido a que uno de los ejes de la discusión sobre transgénicos tiene que ver con la denominada seguridad alimentaria es decir, con las medidas para asegurar el acceso a los alimentos. Se trata de un eje particularmente visitado por la industria biotecnológica internacional, que argumenta a favor de los transgénicos por su potencial para aumentar la productividad agrícola. Argumento al que los opositores a los transgénicos responden que no es una mayor productividad lo que se necesita para aliviar el hambre en el mundo sino una mejor distribución, la que depende de otras cuestiones (Nelkin, 2003). Comprender la adopción de transgénicos en la Argentina exige ampliar ese marco e incluir, entre otros, aspectos relacionados con el comercio internacional, y la forma en que éste puede afectar la economía de un país en desarrollo.

Otros autores han señalado con preocupación la posibilidad de que el uso tan extendido del glifosato facilite la emergencia de malezas resistentes (Satorre, 2001; Benbrook, 2001; Benbrook y Baumüller, 2002). Varias comunicaciones de estaciones experimentales del INTA hablan de indicios en este sentido, y una publicación reciente identifica 37 especies de malezas de importancia creciente en cuanto a los fenómenos de tolerancia, además de un cambio general en la población de malezas de pronóstico todavía incierto (Vitta et al., en prensa). Benbrook y Baumüller (2002) también reportan, a partir de comentarios de productores locales, el problema de la compactación de los suelos- debido al abandono del laboreo convencional, la falta de rotación con pasturas como alfalfa y al tipo de suelo de la Pampa húmeda. También señalan, al pasar, la posibilidad de cambios en la microflora del suelo, así como la potencial emergencia de nuevas plagas debido al monocultivo -aunque no lo mencionan, la amenaza de la roya de la soja sería un ejemplo (Bertello, 2003). Tras entrevistar a actores locales, estos autores sostienen que, dados los "dramáticos recortes" realizados al sistema público de investigación agrícola, son pocos en la Argentina los que creen que se esté prestando la debida

atención a estos problemas. Otro problema derivado de la intensificación agrícola que la soja RR hizo posible es la pérdida de fertilidad de los suelos, que el incremento en el uso de fertilizantes no está compensando (Satorre, 2001; Palermo, 2003)

Los efectos de deriva o escurrimiento producidos en la aplicación del herbicida pueden producir efectos totales o selectivos sobre la flora del ambiente involucrado. Si el banco de semillas fuera reducido por el efecto continuo del herbicida, es probable que se conformase una sucesión secundaria, con el avance de nuevas especies y comunidades vegetales. Es decir, una profunda transformación del ecosistema. En términos ambientales, es dable inferir que por las altas concentraciones a los que se expone y expondrá a la vida silvestre habrá efectos directos o indirectos indeseables, que deberán ser reevaluados independiente y adecuadamente. Si muchas plantas silvestres son refugio, alimento o área de reproducción de insectos benéficos, su desaparición afectará sensiblemente los sistemas de control integrado de plagas y enfermedades que, con debilidad aún, sobreviven con una visión más holística para alcanzar un manejo racional de los recursos (Pengue, 2003).

El sistema de manejo de malezas asociadas a la soja RR y a las nuevas variedades genéticamente modificadas (GM) que serán liberadas al mercado con tolerancia a los herbicidas de amplio espectro, podría resultar en una pérdida de la biodiversidad dentro y alrededor de los campos si se produce un aumento en los cultivos RR bajo la práctica de agricultura a gran escala. La ampliación del área de las explotaciones o unidades de cultivo (lotes) podría conducir a la desaparición de los márgenes de los campos y una reducción de la complejidad del paisaje. Los márgenes de los campos y otros elementos del paisaje pueden desempeñar un papel funcional como refugios para la biodiversidad en ambientes rurales. Por otro lado, la agricultura a gran escala fomenta prácticas agrícolas diferenciadas, como la aplicación de herbicidas con aviones, que generan la deriva de grandes cantidades del producto aplicado, alterando la calidad de los márgenes de los campos y de las áreas seminaturales del paisaje agrícola. En otros países de la región existe legislación que obliga a conservar un porcentaje de las tierras sin cultivo para mantener hábitats naturales, lo cual favorece la diversidad biológica pero no puede mitigar los problemas de deriva de los agroquímicos.

El control eficiente de la maleza asociado a los cultivos transgénicos puede reducir la diversidad biológica. Esto es fundamentalmente importante para las especies de maleza que impactan en el funcionamiento del agrosistema. Por ejemplo, las semillas y las flores de malezas son importantes para establecer redes tróficas incluyendo aves, polinizadores, parasitoides entre otros. La población de organismos favorables, por ejemplo, lombrices, escarabajos, comunidades microbianas con rol antagónico para las plagas y enfermedades de los cultivos, puede ser acrecentada o mantenida por la presencia de una amplia y variada comunidad de malezas. Sin embargo, no es posible generalizar cual será el sentido del impacto de la biodiversidad de las comunidades de malezas sobre el funcionamiento de agroecosistemas. En la región, los cultivos RR tienden a tener una menor densidad de maleza y una menor diversidad de especies que los cultivos no transgénicos o convencionales.



## **LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS TRANSGÉNICOS Y LA PÉRDIDA DE ÁREAS NATURALES**

La expansión de la producción de cultivos transgénicos como la soja en Sudamérica ha provocado una reducción en el área destinada a otros cultivos y una intensificación de la agricultura. Además, extendidas zonas de bosques y de pastizales han sido transformadas en áreas de cultivos transgénicos (soja) en la mayoría de los casos. La conversión de tierras en áreas de cultivos anuales ha desplazado la actividad agrícola hacia nuevas áreas, estableciendo sus actividades sobre áreas naturales. La gran expansión de los cultivos RR ha resultado en pérdidas de la diversidad biológica y eventualmente en un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la reducción en el superficie cubierta por bosques, pastizales y áreas naturales. Los cultivos RR a través del uso del glifosato facilita el control de malezas. La presión de las malezas en los campos de cultivo es particularmente alta, por ejemplo, en trópicos húmedos, donde las malezas tienden a crecer más rápido que en los climas templados y completan más de un ciclo por año. Los cultivos RR facilitaron la expansión de la frontera agrícola hacia esas zonas.

La conversión de pastizales a campo de cultivo está limitada por la abundancia de especies que dificultan la siembra y compiten por recursos con las plantas del cultivo. Los cultivos RR facilitan el control de malezas y esto contribuye con la conversión de pastizales en zonas de cultivo. En la Argentina específicamente, el aumento de la producción de soja y otros cultivos RR en la región Pampeana, donde la cosecha de los cultivos ha sido la forma predominante del uso de la tierra por más de 100 años, se produjo a expensas de las pasturas y zonas de cultivos no RR y no de los espacios naturales. En otras partes de la Argentina, el cultivo de soja, directa e indirectamente a contribuido a la pérdida de áreas naturales. Estas áreas son principalmente en el noreste de la Argentina (Regiones de las Yungas, Chaco y Espinal). Esto ha sido relativamente bien documentado para la región del norte del Chaco (Grau y colaboradores, 2005, 2008). También, por ejemplo, el cambio en el uso de la tierra en la triple frontera de la Argentina, Paraguay y Brasil entre 1973 y 2003 muestra claramente que la expansión de la soja se ha llevado a cabo a expensas de áreas naturales. La superficie cubierta por la soja RR desde su introducción ha aumentado más rápidamente en la región extra pampeana que en la región pampeana propiamente. La soja RR, probablemente facilitó la expansión del cultivo en las zonas extrapampeanas debido a la facilidad con que se puede ejecutar el control de malezas en los primeros años desde la conversión de áreas seminaturales en tierras agrícolas y cultivos anuales.

## **ANTECEDENTES SOBRE LA TOXICIDAD AMBIENTAL DEL GLIFOSATO Y DE OTROS AGROQUÍMICOS**

Los estudios que demostraron que el glifosato tiene una baja toxicidad para los peces, las aves, los mamíferos y los invertebrados, así como una baja persistencia en los suelos y en las plantas (Grossbard y Atkinson, 1985; Freedman, 1991; Henry y colaboradores, 1994) en comparación con otros agentes de protección de los cultivos. Sin embargo, existen estudios científicos

que muestran efectos perjudiciales del glifosato sobre la ecología o mamíferos. Por ejemplo, las dosis normales de aplicación de glifosato y sus tensioactivos afectan el crecimiento de las lombrices de tierra. Aplicaciones de la dosis máxima recomendada de los tipos de formulaciones comerciales de glifosato presentes en aguas superficiales pueden reducir la supervivencia de los anfibios (ranas y renacuajos). Al parecer el producto de la degradación del glifosato, el ácido aminometilfosfórico (AMPA) es menos tóxico aun que el glifosato. Por este motivo en los Países Bajos no hay límites para las concentraciones de AMPA en las aguas subterráneas o las aguas superficiales existentes (CTGB, 2009; CONICET, 2009).

Un estudio del impacto del glifosato y otros contaminantes ambientales que se está llevando a cabo en el Laboratorio de enzimología estrés y metabolismo de la Facultad de ciencias exactas y naturales intenta estudiar los mecanismos de acción en cultivos de hepatocitos humanos con el fin de dilucidar el posible efecto sobre la célula hepática humana. Y, por otra parte, estudian su efecto y mecanismo de acción en organismos que ocupan distintos niveles tróficos dentro de un ecosistema acuático (microalgas y bivalvos). Asimismo, estudian sus efectos sobre comunidades de agua dulce asociadas a vegetación y otros sustratos sumergidos. Los especialistas buscan determinar qué efectos se producen sobre las comunidades de ambientes acuáticos, si hay bioacumulación, si se transfiere el compuesto y qué consecuencias podría tener en organismos que no son el blanco contra el cual se espera que actúe. Se está evaluando la posibilidad de conocer si hay bioacumulación de este tipo de compuestos, porque si así fuera debería tenerse en cuenta al momento de legislar sobre su uso. Los resultados de esta investigación están demostrando que este herbicida tiene un efecto adverso tanto sobre las células hepáticas humanas como sobre los distintos organismos estudiados, que produce estrés oxidativo y que altera la fisiología y la integridad de las comunidades acuáticas". El equipo de investigadores también ha iniciado estudios con otros plaguicidas, para conocer su mecanismo de acción, poner a punto las técnicas de determinación de este compuesto y de sus metabolitos y analizar posibles efectos sinérgicos con el glifosato. El aumento del riesgo por acciones conjuntas de varios contaminantes debería ser contemplado en la legislación pertinente.

Quizás una de las miradas más preocupantes sobre los impactos de la adopción de la soja RR es la que puede verse en un artículo de la revista británica *New Scientist*. Firmado por Sue Branford (2004), ya desde su título sugiere una valoración negativa: "Argentina's bitter harvest" ("La amarga cosecha de la Argentina"). La nota menciona el bajo costo del glifosato en el país (y parece insinuar que se debe a una estrategia de Monsanto), así como la estimación de Trigo et al. (2002) sobre las ganancias globales que la soja RR dejó a los productores argentinos. Pero, sobre todo, hace foco en un problema en particular: la "crisis ambiental" causada por el uso intensivo del glifosato y, en general, por el impacto del monocultivo de soja. Por la tolerancia al herbicida y la aparición de plagas, sostiene Branford, el uso de agroquímicos se habría disparado lo que, sumado al mal manejo, estaría causando problemas en poblaciones aledañas a los cultivos de soja RR. El artículo también se refiere a investigadores de la Universidad de Rosario y del INTA en relación con la emergencia de malezas tolerantes, y al aumento exponencial en el consumo de glifosato

Hasta el presente, son pocos los países que optaron por la tecnología OGM: los Estados Unidos y la Argentina tienen, en conjunto, el 84 por ciento de los cultivos GM del mundo. Pero los países que, como el Reino Unido, parecen estar preparándose para autorizar el cultivo comercial de cultivos OGM, harían bien en tomar en cuenta el caso argentino y ver cómo las cosas pueden salir mal. “En este escenario, al cabo de un período de tiempo indeterminado, el stock de recursos naturales sufrirá una degradación irreversible, tanto en cantidad como en calidad, especialmente en los ecosistemas más frágiles, según un informe del INTA del año 2003. Más adelante, el informe ofrece opciones de cambio tecnológico que podrían “incidir eficazmente a favor de alternativas del medio ambiente”, entre ellas la agricultura de precisión, alternativas de producción de maíz de mayor competitividad, paquetes tecnológicos para la producción de carnes y leches complementarios de los planteos agrícolas, y sistemas productivos integrales de agricultura permanente (ibid., p. 5). Tras mencionar –citando a Trigo et al. 2002- que la soja produjo en el período 1996-2001 “beneficios adicionales de más de 5.000 millones de dólares para el país”, y que constituye “la fuente más importante de ingresos fiscales”, el informe es contundente al evaluar los costos de avanzar hacia planteos más sustentables: una rotación con mayor presencia de maíz “implicaría una desmejora en el resultado operativo (margen bruto), valuado a los precios actuales de insumos y productos, y una rotación con ganadería de engorde -que, sostiene, “se aproximaría con una situación compatible con la sustentabilidad de largo plazo”, reduciría el margen bruto.

La preocupación por una producción sustentable (económica, social y ecológicamente) involucra cuestiones apremiantes, como las vinculadas con las variables medioambientales: erosión, pérdida de materia orgánica, balance negativo de nutrientes, desertificación, la reducción de la biodiversidad y también los efectos sociales, tales como el despoblamiento del medio rural por falta de oportunidades de empleo y la sustitución de actividades de mano de obra intensivas por otras extensivas. Por otro lado, en parte debido a condiciones muy favorables de muchos de nuestros productos de exportación, los indicadores de productividad y rentabilidad empresarial son positivos en buena parte del sector. Sin embargo, de no mediar una estrategia concertada, a mediano plazo, esta situación tenderá a deteriorarse, como consecuencia directa del desordenado proceso de agriculturización, acompañado, en muchos casos, de monocultivo (tanto en cultivos agrícolas como forestales), del que estamos siendo testigos.

Existe actualmente una crítica bastante aguda al monocultivo de soja RR en la Argentina, en donde queda en evidencia la complicada confluencia de factores que están en juego. En concordancia con lo señalado por autores ya comentados, el problema de los cultivos RR es consecuencia de una serie de hechos extraordinarios locales -fundamentalmente, el no-monopolio de la tecnología- e internacionales- el aumento de la demanda internacional de soja, que creció primero en Europa y luego en Asia -los cuales contribuyeron a una tasa de adopción extraordinaria. La tecnología OGM, por sí sola, no hubiera alcanzado para dar semejante impulso a la adopción de cultivos RR –como no lo hizo en los Estados Unidos. Para la Argentina, salir del monocultivo de soja RR es costoso porque este monocultivo ofrece alta rentabilidad, es de manejo sencillo, puede aplicarse en tierras previamente no explotadas, y parece accesible incluso a los pequeños productores. A esto se agrega el crecimiento

del arrendamiento de tierras característico de los años '90, impulsado por nuevos agentes, como los pooles de siembra, que van en busca de buenos rendimientos cuando otras inversiones son menos seguras o menos rentables (Barsky y Gelman, 2001).

La adopción del maíz Bt en la Argentina ha sido mucho más lenta que la de la soja RR. Aprobado en 1998, en el año 2000 el maíz Bt apenas cubría el 6% de la superficie destinada a este cultivo; y en 2001, 20% (Trigo et al., 2002). En 2002/2003, se estima que el porcentaje podría ser del 25% (Trigo y Cap, 2003), aunque también hay estimaciones del 40% (La Nación, 2003b). El precio de las semillas de maíz Bt es sustancialmente superior a las semillas convencionales, de manera que los beneficios de adoptar una variedad Bt tienen que ver con la prevención del ataque del gusano barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis*, que puede provocar pérdidas de entre el 10% y el 25%, con "casos extremos" del 50% (Vallote et.al., 2000). Son mucho menos comprensivos los estudios de impacto sobre el maíz Bt en la Argentina que los que hay sobre la soja RR. El primero fue realizado por expertos del INTA Marcos Juárez en el año 2000, comparando dos híbridos similares -el Chaltén convencional y el Chaltén TD, con el gen Bt- en cuatro fechas de siembra. Las fechas de siembra son importantes porque la probabilidad y magnitud del ataque del barrenador del tallo aumenta a medida que se atrasa la fecha de siembra. Los autores concluyen que las ventajas de la variedad Bt se evidencian especialmente en las fechas de siembra más tardías, pero no en la primera y muy poco en la segunda (Vallone et al., 2000). Un segundo trabajo de los mismos autores, realizado después de la devaluación del peso -cuando el costo de las semillas había subido casi un 300%- confirma estas conclusiones. Trigo et al. (2002, p. 118) mencionan un trabajo de AACREA según el cual un ataque del barrenador del tallo debe implicar pérdidas del más del 7,7% para justificar el precio pagado por la semilla Bt.

El algodón Bt -diseñado para resistir el ataque del complejo oruga del capullo (*Helicoverpa gelotopoeon* y *Heliothis virescens*, a la oruga de la hoja del algodónero (*Alabama argillacea*) y a la lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella*), que constituyen plagas importantes en la Argentina (Qaim y Cap 2002)- fue lanzado para uso comercial en el país en el año 1998. La adopción de algodón Bt en la Argentina ha sido particularmente baja. De acuerdo a estimaciones oficiales, en 2001, después de cuatro años de su introducción, el algodón Bt sólo representaba entre el 7% y el 8,5% de la superficie destinada a este cultivo. La clave de esta baja tasa de adopción es el alto precio de la semilla de algodón Bt. Un estudio del INTA Sáenz Peña en la campaña 1999/2000 sobre 64 lotes en campo de productores (32 sitios de variedades transgénicas y sus refugios correspondientes) en diferentes zonas agroecológicas de las provincias de Chaco y Santiago del Estero, mostró que las ventajas económicas del algodón Bt dependen de la zona, pudiendo en algunas disminuir las ganancias en relación con las variedades convencionales.

En resumen, los pocos estudios realizados hasta la fecha explican las razones detrás de la baja tasa de adopción Bt en la Argentina, a pesar de su gran potencial para incrementar los rindes y reducir el uso de pesticidas. Básicamente, esta situación puede atribuirse al monopolio de la tecnología y tiene un importante impacto tanto en la potencial reducción en el uso de pesticidas como en las ganancias de los productores, en particular de los pequeños. Así, se cumple en el algodón Bt en la Argentina dos de las

predicciones de los críticos a las tecnologías OGM acerca de su negativo impacto social: la propiedad monopólica que implica control de precios y que obliga a recomprar las semillas, y el perjuicio para los productores de los países en desarrollo -especialmente para los pequeños productores. Se trata de una situación parecida, aunque no idéntica, a la del maíz Bt: tres diferencias importantes son que en el caso de este cultivo las variedades convencionales también deben recomprarse por tratarse de híbridos- también ofrecen rindes altos, y a que el impacto de las plagas puede controlarse no sólo con el uso de pesticidas sino también con la fecha de siembra. En conjunto, las diferencias con la adopción de la soja RR quedan a la vista.

La biotecnología representa el emergente y la condensación de una serie de transformaciones que se dieron recientemente en la relación ciencia-sociedad (Chaia Séller; 2001), y que no puede ser analizada inocentemente como una mera herramienta científico-tecnológica:

La intensa relación entre la academia y la industria, la posibilidad de patentar organismos vivos y sus partes, el creciente poder de las compañías multinacionales agroquímicas y semilleras son algunas de las nuevas realidades que están detrás de un hecho cierto: que las tecnologías OGM son un producto de la industria privada de la era de la globalización, uno de los aspectos que motivaron la oposición a estas tecnologías (Vara, 2003a). Prácticamente todos los eventos en uso actualmente en el mundo pertenecen a multinacionales; de hecho, la Academia China de Ciencia ha desarrollado la única fuente de resistencia a insectos independiente de los genes Bt patentados por Monsanto -pero en la Argentina, México y Sudáfrica, entre otros países, sólo están disponibles las variedades con el transgen CryI Ac de Monsanto (Raney y Pingali 2004). En el país, además de los eventos aprobados y en uso, más del 80% de los pedidos de permisos a CONABIA para la liberación al ambiente de OGMs corresponden a empresas multinacionales (Trigo et al. 2002, p. 110, sobre datos de CONABIA). Dos números permiten vislumbrar la magnitud de las inversiones que están involucradas en el desarrollo de transgénicos y las diferencias entre los sectores públicos y privado, en particular en relación con los países en desarrollo: solo Monsanto tiene más de dos veces el número de investigadores en biotecnología que toda América latina y el Caribe (Trigo, 2000, p. 88), y el costo de aprobación de un transgénico ha crecido en la actualidad (McElroy, 2003).

Desde un punto de vista técnico, los cultivos transgenicos fueron creados para generalizar el uso de un herbicida de baja toxicidad. La adopción masiva de este paquete tecnológico está promoviendo cambios en la distribución de malezas y la detección de malezas tolerantes, como se comentó (Vitta et al., en prensa), que podrían estar motivando la reincorporación de los herbicidas que vino a sustituir, más pesticidas debido a la debilidad de los monocultivos frente a las plagas (Joensen y Ho, 2003; Bradford, 2004). En relación con esas críticas, por otra parte, es razonable especular que puede ser diferente el impacto de la soja RR en las áreas de menor inequidad socio-económica de la Pampa húmeda, las áreas más fértiles del país, que en las tierras marginales y/o en aquellas tradicionalmente marcadas por la inequidad.

La adopción de la soja transgénica en Argentina presenta procesos de deforestación, desempleo rural e inseguridad alimentaria, “la compleja interacción de factores tecnológicos con procesos sociales, políticos y

regulatorios implica que es difícil evaluar la adopción de estas tecnologías”. Es necesario el relevamiento del estado del conocimiento respecto a la aplicación de agroquímicos y crear normas de protección y prevención de riesgos por agroquímicos, la prohibición del endosulfan y el 2,4 D éster y la definición de presupuestos mínimos para la aplicación de agroquímicos en zonas periurbanas y cursos de agua y aplicación del Principio Precautorio en vistas del cumplimiento del Derecho a la Salud.

La complejidad que presentan los anteriores argumentos conduce a focalizar la atención en las zonas potencialmente expuestas a la aplicación de agroquímicos, promoviendo la elaboración de una normativa y planes de aplicación que resguarden a la población y al ecosistema de posibles efectos adversos. Es precisa la realización de investigaciones interdisciplinarias, que cuenten con la presencia de profesionales de diversas ramas de la ciencia como la agronomía, ecología y climatología entre otros, a fin de determinar con precisión las áreas afectadas por deriva de agroquímicos específicos, la vulnerabilidad y los riesgos en la salud de la población y el ambiente.

## **SERVICIOS ECO SISTÉMICOS BALANCE ENTRE INSUMOS INTERNOS**

La viabilidad de la agricultura se basa en que las decisiones de manejo hagan buen uso de los flujos de energía internos de los ecosistemas. Se llama insumos internos a las respuestas a los requerimientos de los cultivos obtenidas por su armonización en el espacio y en el tiempo con los procesos del ecosistema. Por ejemplo, la decisión de la fecha de siembra de un cultivo determina la cantidad de agua y nutrientes que podrá recibir en función de los ciclos naturales de precipitación y de descomposición de la materia orgánica. El momento de siembra también coloca al cultivo en situación mas o menos favorable para competir con las malezas por los recursos del ambiente. Pero los esfuerzos que se realizan a favor de los cultivos representan costos para el resto del ecosistema en cuanto a la disponibilidad de energía y a la diversidad biológica. Ello, a menudo, afecta negativamente a los *servicios del ecosistema* que serian abundantes en ausencia de estos esfuerzos.

Los servicios de los ecosistemas se definen como los procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales sostienen la vida humana y satisfacen sus necesidades. Los ciclos de materia y energía, la provisión y purificación del agua, la polinización de plantas naturales y cultivadas, la regulación climática y la mitigación de adversidades bióticas son ejemplos de los servicios eco sistémicos. El nombre se aplica tanto a la producción de alimentos, las fibras o las maderas como a los procesos nombrados. Particularmente relevantes para la agricultura son el mantenimiento de la diversidad genética, el ciclo de los nutrientes, el control biológico de plagas y enfermedades, el control de la erosión del suelo, la retención de sedimentos y la regulación del ciclo del agua. Una buena manera de conseguir sistemas agrícolas sustentables es la utilización de los servicios de los ecosistemas no solo para aumentar la productividad sino, también para sustituir importantes insumos externos, como plaguicidas y fertilizantes. Las acciones de los productores agrícolas pueden aumentar o disminuir la provisión de esos servicios; por ello, es importante comprender como toman sus decisiones de producción y llevan a cabo la gestión de la tierra.



## REFERENCIAS

AACREA (2003): Agroalimentos Argentinos, Buenos Aires, Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola. Disponible en: <http://www.aacrea.org.ar>

ABDALLA, A.; BERRY, P.; CONNELL, P.; TRAN, QT; BUETRE, B. (2003): Agricultural Biotechnology: Potential for Use in Developing Countries, Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, Canberra, octubre.

ABLIN, Eduardo R.; PAZ, Santiago (2001): Hacia la trazabilidad en el mercado mundial de soja: una nueva mirada a la ley de la oferta y la demanda, Buenos Aires, Cancillería Argentina, Dirección Nacional de Negociaciones Económicas y Cooperación Internacional, agosto.

ALBORNOZ, Mario; VACAREZZA, Leonardo; POLINO, Carmelo; FAZIO, María Eugenia (2004): Los Argentinos y su Visión de la Ciencia y la Tecnología. Primera Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia, Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, SECYT, Buenos Aires, marzo.

ANDREANI, Pablo (2003): "Nuevo record de producción de soja," La Nación, 15 de marzo, suplemento Campo, p. 4.

BARSKY, O; GELMAN, J (2001): Historia del Agro Argentino. Desde la Conquista hasta Fines del Siglo XIX, Buenos Aires, Grijalbo.

BEGENSIC, Flory (2002a): Hacia un País Sojero, Buenos Aires, Dirección de Agricultura, julio.

BEGENSIC, Flory (2002b): El Quinquenio de la Soja Transgénica, Buenos Aires: Dirección de Agricultura, septiembre.

BENBROOK, Charles M. (2001): Troubled Times Amid Commercial Success for Roundup Ready Soybeans: Glyphosate Efficacy is Slipping and Unstable Transgene Expression Erodes Plant Defenses and Yields. AgBioTech InfoNet Technical Paper Number 4, 3 de mayo.

BERTELLO, Fernando (2004): "Hay más ventas de semillas fiscalizadas", La Nación, 10 de julio, suplemento Economía & Negocios, p. 3.

BRANFORD, Sue (2004): "Argentina's bitter harvest", New Scientist, 17 de abril, pp. 40-43.

BULLOCK, David S.; NITSI, Elisabeth I. (2001): "Roundup ready soybean technology and farm production costs: measuring the incentive to adopt genetically modified seeds," The American Behavioral Scientist, abril; 44,8; ABI/INFORM Global pp. 1283- 1301.

CARMONA, F (2003): "La amenaza de la roya asiática de la soja," La Nación, 21 de junio, suplemento Campo, p. 3.

CIIR (2004): "Environment: CIIR refutes claims that GM crops could reduce world hunger", Catholic Institute for International Relations, 29 de junio. Environmental Protection Agency (EPA). [www.epa.gov](http://www.epa.gov)

COMSTOCK, Gary (2002): "Ethics and genetically modified foods", en Ruse-Castle, pp. 88-107.

ELLSTRAND, Norman C. (2002): "When transgenes wander, should we worry?", en Ruse-Castle, pp. 325-330.

ELENA, M. G. (2001): "Ventajas económicas del algodón transgénico en Argentina,"



EUROPEAN FEDERATION OF BIOTECHNOLOGY (2002): "GM crop market dynamics: the example of soya bean", Briefing paper 12, marzo.

FOLHA ONLINE (2003): "José Alencar assina MP e libera plantação de soja transgênica," Folha Online, Septiembre 25. Disponible en: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u74236.shtml>

GAO (2000): "Report to the Chairman, Subcommittee on Risk Management, Research, and Specialty Crops, Committee on Agriculture, House of Representatives. Biotechnology: Information on Prices of Genetically Modified Seeds in the United States and Argentina", Washington DC, US General Accounting Office, 21 de enero.

HELLER, Chaia (2001): "McDonalds, MTV, and Monsanto: Resisting Biotechnology in the Age of Information Capital," en Brian Tokar (ed.), Redesigning Life? Worldwide Challenge to Genetic Engineering, Londres, Zed Books.

INTA, Estación Experimental Saéñz Peña. Disponible en: <http://saenzpe.inta.gov.ar/Noticias/EcoAlgodBT.htm>

INTA (2003): "El INTA ante la preocupación sobre la sustentabilidad de largo plazo de la producción agropecuaria argentina", 4 de diciembre. Disponible en: <http://www1.inta.gov.ar/ies>

I-CIENCIA (2004): "Soja: informe especial", I-CIENCIA, mayo-junio, pp. 3-19.

JOENSEN, Lilian; HO, Mae-Wan (2003): "Argentina's GM woes", The Institute for Science and Society website. Disponible en: <http://www.i-sis.org.uk>

KALAITZANDONAKES, Nicholas (2003): The Economic and Environmental Impacts of Agbiotech. A Global Perspective, New York, Kluwer Academic Publishers.

KIGUEL, Miguel A. (2004): "El comercio de soja con el gigante asiático", La Nación, 25 de julio, sección Economía, p. 5.

LANACIÓN (2004a): "La Unión Europea autorizó el ingreso de una variedad de maíz transgénico", Economía y Negocios, 20 de mayo, p. 11.

LANACIÓN (2004b): "Salta: la venta de áreas protegidas", editorial, 24 de junio, página 18.

LANACIÓN (2003a): "No habrá aranceles extra para un herbicida," La Nación, 18 de octubre. Disponible en: [http://www.lanacion.com.ar/03/10/18/de\\_5636712.asp](http://www.lanacion.com.ar/03/10/18/de_5636712.asp)

LANACIÓN (2003b): "Prevén un aumento en la demanda de maíz", 8 de noviembre, suplemento Campo, p. 4.

LANSON, D E.; SCHEIN, L y MIGLIORANZA, M. (2009) Aportes para la comprensión de la incidencia de los factores climáticos y tecnológicos sobre la deriva de agroquímicos aplicados a cultivos de soja y sus respectivos efectos sobre la población potencialmente expuesta. En: Dámaso Ponvert-Delisle Batista Compiladora: Julieta Straschnoy. Seminario Internacional "La tecnología satelital de observación de la tierra en la evaluación, monitoreo y manejo de desastres naturales en la agricultura. Retos y perspectivas", 1a ed., Buenos Aires: Ediciones INTA, p. 6979. ISBN 978 987 1623 05 1

LAPAN, H; MOSCHINI, GC (2004): "Innovation and trade with endogenous market failure: the case of genetically modified products", Amer. J. Agr. Econom., agosto: 634-648.

LEDESMA, Manuel Alvarado (2003): "Proteccionismo: ricos versus pobres?," La Nación, 4 de octubre, suplemento Campo, p. 4.

LEHMAN, Volker; PENGUE, Walter A. (2000): "Herbicide tolerant soybean: Just another step in a technology treadmill?", *Biotechnology and Development Monitor* N°43, pp. 11-14.

LONGONI, Matías (2003): "Pelea por los transgénicos," *Clarín*, 14 de mayo, p. 30.

MAGNUS, David; CAPLAN, Arthur (2002): "Food for thought," en *Ruse-Castle*, pp. 80-87.

MASSARANI, Luisa (2003a): "Brazil faces dilemma of 'illegal' GM soy", *SciDev.Net*. Disponible en: <http://www.scidev.net>.

MASSARANI, Luisa (2003b): "Brazil to allow sale of illegally grown GM food," *SciDev.Net*. <http://www.scidev.net>

PENGUE, Walter. (2003). Glifosato: Dominación y Guerra. En *Biodiversidad* Nro. 37

SMITH, Tony (2004b): "Argentine soy exports are up, but Monsanto is not amused", *The New York Times*, 21 de junio, W1.

SMITH, Tony (2003a): "Farm exports boom in Argentina," *The New York Times*, 26 de marzo, W1 y W7.

SMITH, Tony (2003b): "Farmers help deliver modified crops to Brazil," *The New York Times*, 14 de octubre.

SOLBRIG, Otto; PAARLBERG, Robert; y DI CASTRI, Francesco (2001): *Globalization and the Rural Environment*, Cambridge, Harvard University David Rockefeller Center for Latin American Studies.

STRATEGY UNIT (2003): *Developing country background working paper: Potential UK impact on developing countries*, Strategy Unit - The Costs and Benefits of Genetically Modified (GM) Crops.

TEUBAL, Miguel (2003): "Soja transgénica y crisis del modelo agroalimentario argentino", *Revista Realidad Económica* N° 196, 16 de mayo al 30 de junio. Disponible en: <http://www.iade.org.ar>

THE ECONOMIST(2003): "An amber light for agri-business; GM crops in Brazil," *The Economist*, 4 de octubre, vol. 369, Iss. 8344, p. 54.

TRIGO, Eduardo J. (2000): "The situation of agriculture biotechnology capacities and exploitation in Latin America and the Caribbean", en *Qaim et al.*, pp. 73-90.

TRIGO, Eduardo; CAP, Eugenio J. (2003): "The impact of introduction of transgenic crops in Argentinean agriculture", *AgBioForum*, 6(3) pp. 87-94.

VALLONE, P; GALARZA, C; GUDELJ, V; NIERI, G; MASIERO, B; PERETTI, M (2002): "Maíz: actualización 2002. Información para extensión no 73, INTA EEA Marcos Juárez, julio.

VALLONE, P; GALARZA, C; GUDELJ, V; NIERI, G; MASIERO, B; PERETTI, M (2000): "Primera evaluación técnico económica de los maíces transgénicos," INTA EEA Marcos Juárez.

VARA, Ana María (2003a): "Argentina, GM nation. Chances and choices in uncertain times", 5 de diciembre, Manuscript.

VARA, Ana María (2003b): "Transgénicos: elementos para entender una polémica". Revista Química Viva. Año 2, N° 3, diciembre de 2003. Disponible en: <http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/qviva/qviva23.html>

VARISE, Franco (2004): "Se podrá sembrar maíz transgénico RR", La Nación, 14 de julio, suplemento Economía & Negocios, p. 3. : "Subiría el arancel de un herbicida importado," La Nación, 8 de octubre. Disponible en: [http://www.lanacion.com.ar/03/10/08/de\\_533878.asp](http://www.lanacion.com.ar/03/10/08/de_533878.asp)

VITTA, J.I.; TUESCA, D; PURICELLI, E. (en prensa): "Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed communities richness in Argentina", *A g r i c u l t u r a l Ecosystems & Environment*.

WHITE, D. "Biotecnología agrícola: Actitud del sector argentino", *R e v i s t a Agromercado*. Citado en Penna y Lema, pp. 206-207.

WROCLAVSKY, Damián (2002): "GMOs help Argentina fight subsidies", Reuters, 11 de diciembre. Disponible en: <http://www.checkbiotech.org>

WYNNE, Brian (2001): "Creating public alienation: expert cultures of risks and ethics on GMOs", *Science as Culture*, Volume 10, Number 4, pp. 445-481.

Bott, Sebastian & Tsehay Tesfamariam & Angelika Kania & Birceyudum Eman & Nergiz Aslan & Volker Römheld & Günter Neumann. 2011. Phytotoxicity of glyphosate soil residues remobilised by phosphate fertilization. *Plant Soil* (2011) 342:249–263.

SELIM EKER,† LEVENT OZTURK,‡ ATILLA YAZICI,‡ BULENT ERENOGLU,† VOLKER ROMHELD,§ AND ISMAIL CAKMAK. 2006. Foliar-Applied Glyphosate Substantially Reduced Uptake and Transport of Iron and Manganese in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Plants. *J. Agric. Food Chem*54, 1001910025