



Chile **Bi** 

www.chilebio.cl

MITOS Y REALIDADES DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA





La Asociación Gremial ChileBIO CropLife, ChileBIO, agrupa a las compañías desarrolladoras de biotecnología agrícola las cuales se dedican al desarrollo, producción y comercialización de productos innovadores para la agricultura basados en la mejora genética de semillas.

El objetivo de ChileBIO es informar, educar y divulgar sobre temas de biotecnología agrícola, difundiendo información respaldada por fuentes fidedignas o sustentada en estudios científicos que pueden ser consultados en cualquier momento.

ChileBIO promueve el desarrollo de una agricultura sustentable, las buenas prácticas agrícolas, la protección de la salud de los consumidores, la preservación del medio ambiente, el respeto a la propiedad intelectual, y el establecimiento de normas con criterio científico para la regulación de la biotecnología agrícola.

www.chilebio.cl
contacto@chilebio.cl

Teléfono: (56-2) 235 4001
Antonio Bellet 77, Of . 607 Providencia, Santiago, Chile.

Índice

ÍNDICE	2	
RESUMEN EJECUTIVO	4	
PRÓLOGO	6	
MITOS Y REALIDADES DE LA BIOTECNOLOGÍA AGRÍCOLA		
ASPECTOS GENERALES		
MITO 1:	La biotecnología, la ingeniería genética y los organismos transgénicos son algo nuevo que no es parte de nuestra vida cotidiana.	8
MITO 2:	La biotecnología agrícola es diferente a los sistemas tradicionales de mejoramiento genético vegetal para desarrollar alimentos.	12
ASPECTOS DE INOCUIDAD ALIMENTARIA Y SALUD		
MITO 3:	Los alimentos derivados de cultivos transgénicos no son inocuos y no se encuentran debidamente estudiados.	16
MITO 4:	Los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados producen alergias.	20
MITO 5:	Existen pruebas científicas en contra de los cultivos transgénicos y los alimentos derivados de éstos.	24
MITO 6:	El glifosato, principal herbicida utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, es severamente tóxico para humanos.	30
ASPECTOS AMBIENTALES		
MITO 7:	Los cultivos transgénicos aumentan la resistencia a los antibióticos.	34
MITO 8:	Los cultivos transgénicos no aportan ventajas medioambientales.	36
MITO 9:	Los cultivos transgénicos amenazan la biodiversidad.	38
MITO 10:	El glifosato utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas es la causa de la generación de malezas tolerantes a glifosato	42
ASPECTOS ECONÓMICOS		
MITO 11:	La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no representan un beneficio económico para los agricultores que los utilizan.	44
MITO 12:	Los agricultores se harán dependientes de las empresas biotecnológicas productoras de semillas.	48
MITO 13:	Los agricultores están en desventaja ya que no pueden guardar y almacenar semillas genéticamente modificadas.	50
MITO 14:	Los agricultores son demandados frecuentemente por las compañías semilleras.	52
MITO 15:	Los cultivos transgénicos amenazan a los agricultores "orgánicos" e impiden la coexistencia de los sistemas productivos.	54
MITO 16:	La agricultura "orgánica" ofrece un mejor futuro que la biotecnología agrícola.	56
MITO 17:	La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no son importantes para el desarrollo de la agricultura nacional.	62

Resumen Ejecutivo

Desde la época de los primeros agricultores, hace unos 10.000 años aproximadamente, el hombre ha intentado constantemente mejorar las características de las plantas desarrollando nuevas variedades vegetales con el propósito de obtener mayor productividad, mejor adaptación, mayor calidad, mayor resistencia a plagas, insectos y estrés ambientales, y en las últimas décadas adaptándose a los gustos que demandan los consumidores y realizando prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente.

En un comienzo, el mejoramiento de plantas se inició con la domesticación de plantas “salvajes” y actualmente, el mejoramiento de plantas utiliza técnicas desde la simple selección hasta complejos métodos moleculares para integrar caracteres deseables en variedades existentes.

De un modo general, el mejoramiento vegetal puede ser considerado como promotor de cambios genéticos, y de esta manera, toda variedad vegetal que se utiliza en la agricultura es el resultado de modificaciones genéticas realizadas por medio de los métodos de mejoramiento vegetal tradicionales: cruzamientos dirigidos, uso de mutagénesis, entre otras. Por su parte, la biotecnología y la ingeniería genética han permitido contar con nuevas herramientas que hacen más eficientes las técnicas de mejoramiento vegetal y así permiten incorporar nuevas características en los vegetales con el fin de mejorarlos genéticamente y así obtener beneficios (ej.: resistir a insectos, tolerar ciertos herbicidas, tolerar condiciones de sequía, producir más proteínas o vitaminas, mejorar la calidad nutricional de los productos agrícolas, etc.). Entre estas herramientas están: i) intragenia, uso del material genético del mismo individuo (ej. silenciamiento o “apagado” de genes); ii) cisgenia, transferencia de genes desde un organismo hacia otro de la misma especie (ej. entre variedades de un tipo de cultivo); iii) transgenia, transferencia de genes desde un organismo hacia otro de otra especie (ej. desde bacterias a plantas).

A diferencia de los métodos tradicionales de mejoramiento vegetal, como cruzamientos dirigidos y uso de mutagénesis, la ingeniería genética permite efectuar modificaciones genéticas específicas y a su vez saber exactamente qué cambio ocurrió en el material genético del vegetal. En contraposición, mediante el mejoramiento genético tradicional ocurren variados y numerosos cambios genéticos (intercambio de miles de genes de forma simultánea, desaparición de funciones, aparición de nuevas funciones, cambios en la regulación, etc.), lo cual imposibilita saber qué modificaciones genéticas ocurrieron en el organismo.

Los cultivos transgénicos con fines comerciales se iniciaron hace más de 15 años y son los cultivos obtenidos por ingeniería genética que más se han expandido en la agricultura global, alcanzando el 10% de la superficie mundial de suelos cultivables. En la actualidad 29 países han adoptado el uso de estos cultivos a una velocidad que excede cualquier otro avance en la historia de la agricultura. En la mayor parte de los países del planeta se consumen sus alimentos derivados sin necesidad de ninguna regulación de por medio, sin embargo en 59 países se consumen sus alimentos derivados de forma regulada por las autoridades respectivas.

Actualmente existen muchos mitos sobre los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados, principalmente debido al desconocimiento de la ciudadanía sobre estos temas de aplicación científica difícil de entender, al temor natural a las nuevas tecnologías y a la gran cantidad de información errada que se difunde como correcta, sobre todo en internet. Nunca antes se había estudiado tanto una innovación dentro de la agricultura como se ha hecho con la biotecnología agrícola y la ingeniería genética, las cuales han resultado exitosas como herramientas agrícolas, y poseen potencial suficiente para destacarse aún más en los próximos años.

Probablemente la mayor discusión en torno a los cultivos transgénicos y a los alimentos derivados de éstos es sobre su inocuidad para la salud de las personas y sus efectos en el ambiente. Al respecto es importante mencionar los siguientes hechos:

1. La biotecnología agrícola y la ingeniería genética corresponden a una herramienta adicional de mejoramiento genético vegetal con que cuenta la agricultura, sólo que más efectiva, rápida y precisa que las técnicas tradicionales como los cruces y la mutagénesis. Independiente de la técnica utilizada para el mejoramiento genético vegetal de algún cultivo (cruzamientos dirigidos, mutagénesis, ingeniería genética), su aplicación siempre produce una modificación genética.
2. Tras 15 años de producción masiva a nivel global, no existe ningún caso ni evidencia científica que demuestre efectos adversos de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados disponibles en el mercado. Sin embargo, la inocuidad alimentaria debe ser, y es, evaluada caso a caso.
3. Los alimentos derivados de los cultivos transgénicos son los alimentos más estudiados en la historia de la humanidad y son sometidos a rigurosos análisis y extensos estudios que determinan su seguridad, los cuales son la base para permitir su comercialización.
4. La mayor parte de lo que se consume no es el producto cosechado en sí, más bien sus subproductos (azúcar, aceites de canola y soya, lecitina de soya, jarabe de maíz, etc.), los cuales no contienen genes. Es decir, no existen diferencias entre un subproducto proveniente de un cultivo transgénico y aquellos derivados de cultivos no transgénicos.
5. Los cultivos transgénicos no son más invasores, ni persistentes, ni tienen una mayor capacidad de convertirse en malezas que sus equivalentes convencionales.

6. Los cultivos transgénicos tienen la misma posibilidad que las variedades de cultivos tradicionales de transferir genes a especies emparentadas (transferencia horizontal de genes).

7. Los efectos secundarios que se han descubierto hasta la fecha a nivel de laboratorio, con evaluaciones sobre exageradas o que no ocurren en la naturaleza, no han revelado ninguna situación inesperada a nivel de ecosistema y por ende no tienen significancia biológica.

8. Los cultivos transgénicos han contribuido positivamente a transformar la agricultura en una actividad más sustentable y respetuosa con el medio ambiente. Entre los progresos confirmados hasta la fecha se incluye una notable reducción del uso de plaguicidas, el ahorro de combustibles fósiles, el descenso de las emisiones de CO₂ (reduciendo o eliminando el uso del arado), y la conservación del suelo y de la humedad, optimizando las prácticas agrícolas.

9. En contraste a la agricultura convencional (tradicional), la biotecnología agrícola genera beneficios para la biodiversidad. Los cultivos transgénicos son más sustentables que sus pares convencionales debido a su mayor productividad, aumentando la producción sin aumentar las superficies de cultivo, y menor impacto ambiental al reducir las necesidades de agroquímicos.

En las siguientes páginas se presentan los principales mitos vinculados con la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos. Para cada uno de estos se presenta información detallada, actualizada y de base científica, que permite aclarar cada uno de los temas que se presentan.

Prólogo

El desarrollo y utilización de los cultivos transgénicos y los alimentos derivados de éstos generan preocupación en la ciudadanía, principalmente por el grado de desconocimiento de las personas sobre la materia y por la información errónea que algunos grupos de interés transmiten. En general, la ciudadanía no tiene acceso y desconoce los documentos técnicos y científicos que avalan el uso y la inocuidad de los cultivos transgénicos. Lamentablemente, no se ha informado de forma masiva y adecuada sobre las declaraciones de la mayor parte de las academias científicas del mundo, las orientaciones de organismos internacionales como la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), y la Organización Mundial de la Salud (OMS), y sobre las posiciones oficiales de las agencias regulatorias alrededor del mundo, las cuales junto a lo antes mencionado se manifiestan en general a favor de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados. Este desconocimiento ha provocado que naturalmente muchas personas desconfíen del tema, y que otros se envuelvan en sus creencias, rechazando la evidencia técnica y científica contundente a favor de la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos.

Al día de hoy, no existe evidencia científica que indique que los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados, actualmente en el mercado, no sean inocuos para la salud humana, animal y ambiental. A pesar de lo anterior, se difunden publicaciones sobre productos transgénicos que producirían alergias, aunque nunca se aclara que los productos analizados eran productos que estaban en su fase de experimentación y que nunca estuvieron disponibles comercialmente, haciendo creer que todos los productos generarían algún problema. Del mismo modo, existen estudios que reportan daños a insectos, aunque tampoco se indica que las situaciones evaluadas no existen en la naturaleza. Por ejemplo, está el ya famoso caso de la mariposa monarca, donde en forma experimental se observó que sus larvas morían al

alimentarse con el polen de una variedad de maíz transgénico, sin embargo se evita mencionar que en la naturaleza las larvas de la mariposa monarca no están en contacto y no se alimentan de polen de maíz. Como tercer ejemplo de intentos por desacreditar a los cultivos transgénicos, existen publicaciones indicando daños a órganos en animales, aunque éstas han sido refutadas y desestimadas por academias científicas de todo el mundo por malos diseños experimentales, mal uso de la estadística e interpretación errada de los resultados. Nunca ninguna publicación científica en contra de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados ha podido ser reproducida por otros científicos, y ni siquiera por los mismos autores originales, mediante los procedimientos aceptados por la comunidad científica y los principios establecidos en el método científico.

En este contexto, otra batalla que se pretende presentar es la de los alimentos derivados de cultivos transgénicos versus la elite de los orgánicos, un debate basado sobre palabras y metáforas más que en la propia ciencia. Todo alimento que consumimos, cada grano de arroz, cada espiga de trigo, cada repollo, cada zanahoria, lechuga, etc., ha sido modificado en el tiempo por el hombre. Por ejemplo, en la antigüedad no habían pomelos, ni maíces, y las especies cultivadas como las conocemos en la actualidad han sido desarrolladas en los últimos 10.000 años gracias a las distintas técnicas de mejoramiento vegetal, donde algunos productos vegetales funcionaron o fueron útiles y otros no, deshaciéndonos de los que no funcionaron. La totalidad de los productos vegetales disponibles en un supermercado basan su producción en variedades mejoradas. Ahora podemos mejorar vegetales de forma más precisa gracias a la biotecnología agrícola y las técnicas de ingeniería genética.

Los argumentos en contra de los cultivos transgénicos son recurrentes, muchos agroquímicos, no queremos campos enormes del mismo cultivo, queremos productos naturales, no queremos compañías que se

adueñen de las semillas. Todo esto, a pesar de no tener sentido ni sustento, no se basa en ciencia ni en datos reales para decir si los cultivos transgénicos son beneficiosos para los agricultores y si son inocuos o no para la salud de las personas, animales y el medio ambiente. La mayor parte de los científicos y de las academias científicas del mundo han hecho su trabajo y además se han manifestado a favor de los cultivos transgénicos, evaluando siempre caso a caso cada nuevo producto desarrollado y así determinando las medidas necesarias para manejar y minimizar los riesgos asociados, los cuales son los mismos que presentan los cultivos tradicionales.

Chile cuenta con ventajas indiscutibles para la producción agrícola: condiciones climáticas estables y diversas, aislamiento geográfico, buen nivel tecnológico disponible, profesionalismo del sector, estabilidad política y legal del país, adecuado funcionamiento y credibilidad a nivel internacional de las agencias estatales (Servicio Agrícola y Ganadero [SAG], Aduanas) y una apropiada infraestructura para exportación. En este contexto, dotar en Chile de una legislación acorde, que regule y permita el uso y la comercialización de cultivos transgénicos representa una herramienta muy potente para otorgarle al sector agrícola mayores y mejores opciones productivas para consolidar nuestro desarrollo como potencia alimentaria.

Según el tipo de cultivo y de la modificación genética aplicada, la utilización de esta tecnología otorgaría oportunidades para nuestros agricultores (mayores rendimientos y menores costos de producción; competitividad), beneficios para el medio ambiente (menor uso de agroquímicos en relación con la agricultura convencional para producir una misma cantidad de producto; menor emisión de gases de efecto invernadero al haber una menor necesidad de arado), beneficios para los consumidores (menores costos, calidad nutricional del producto final, aseguramiento de la inocuidad, etc.), e incentivaría la innovación y desarrollo para necesidades reales de nuestra agricultura.

En síntesis, se requiere una legislación moderna que permita que nuestros agricultores puedan optar por utilizar esta tecnología y así poner a Chile en un contexto mundial donde los cultivos transgénicos crecen anualmente a una tasa del 10% alcanzando el 2010 las 148 millones de hectáreas alrededor del mundo y una superficie acumulada de más de 1.000 millones de hectáreas entre los años 1996-2010.

El objetivo de este trabajo es presentar información objetiva que ayude a aclarar las inquietudes y dudas que se han generado en torno a la biotecnología agrícola y en particular en torno a los cultivos transgénicos, debido principalmente a las preocupaciones que siempre ha generado el desarrollo de una nueva tecnología. Este trabajo cubre aspectos de seguridad para la salud de las personas, de seguridad ambiental, y a su vez aspectos económicos relacionados a la biotecnología agrícola, y esperamos contribuir a que la ciudadanía en general elabore sus propios juicios sobre información respaldada por fuentes fidedignas y sustentada en estudios científicos.

**El Directorio
ChileBIO
Diciembre 2011**

Mito 1

La **biotecnología**, la **ingeniería genética** y los **organismos transgénicos** son algo nuevo que no es parte de nuestra vida cotidiana.

Realidad

Los organismos transgénicos han sido utilizados ampliamente y desde hace varios años en sectores como la medicina, la industria de los alimentos, el rubro textil, la elaboración de billetes y la producción de detergentes, y nunca se ha dudado de su inocuidad y de sus beneficios.



La biotecnología corresponde al empleo de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre. Así, la biotecnología tiene una larga historia, que se remonta a la fabricación del vino, el pan, la cerveza, el queso y el yogurt entre numerosos otros ejemplos. El descubrimiento que el jugo de uva fermentado se convierte en vino, que la leche puede convertirse en queso o yogurt, o que se puede hacer cerveza fermentando soluciones de malta y lúpulo fue el comienzo de la biotecnología, hace miles de años.

La biotecnología moderna, en cambio, surge en la década de los '70 y se basa en el uso de la ingeniería genética para modificar y transferir genes de forma precisa de un organismo a otro para mejorar sus características y aplicaciones.

En la actualidad, en el área médica se utilizan una serie de proteínas provenientes de organismos transgénicos (técnicamente llamadas proteínas recombinantes) para el tratamiento de distintas enfermedades (ver recuadro). Por ejemplo, la diabetes es tratada con insulina humana producida en bacterias (es decir insulina obtenida a partir de bacterias transgénicas) permitiendo tratar esta enfermedad a bajo costo.

Existe una diversidad de proteínas recombinantes que se emplean como fármacos para el tratamiento de diversas patologías en seres humanos. También pueden producirse antígenos y anticuerpos como proteínas recombinantes, que se emplean en sistemas de diagnóstico de diversas enfermedades en Chile y el mundo.

ASPECTOS GENERALES

PROTEÍNAS OBTENIDAS A PARTIR DE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS UTILIZADAS EN LA MEDICINA

Producto	Sistema de Producción	Enfermedad
Factores de coagulación		
Factor VIII	Células de mamífero	Hemofilia A
Factor IX	Células de mamífero	Hemofilia B
Factor VIIa	Células de mamífero	Ciertas formas de hemofilia
Anticoagulantes		
Activador del plasminógeno tisular	Células de mamífero	Infarto de miocardio
Activador del plasminógeno tisular	Bacterias	Infarto de miocardio
Hirudina	Levaduras	Trombocitopenia y prevención de trombosis
Hormonas		
Insulina	Levaduras / Bacterias	Diabetes mellitus
Hormona de crecimiento	Bacterias	Deficiencia de la hormona en niños, acromegalia, síndrome de Turner
Folículo - estimulante	Células de mamífero	Infertilidad, anovulación y superovulación
Paratiroidea	Bacterias	Osteoporosis
Gonadotrofina coriónica	Células de mamífero	Reproducción asistida
Tirotrofina	Células de mamífero	Detección / tratamiento de cáncer de tiroides
Luteinizante	Células de mamífero	Ciertas formas de infertilidad
Calcitonina	Bacterias	Enfermedad de Paget
Glucagon	Levaduras	Hipoglucemia
Factores hematopoyéticos		
Eritropoyetina (EPO)	Células de mamífero	Anemia
Factor estimulante de colonias de granulocitos / macrófagos (GM - CSF)	Bacterias	Natropenia, trasplante autólogo de médula
Interferón e interleuquinas		
Interferón alfa (IFN alfa)	Bacterias	Hepatitis B y C, distintos tipos de cáncer
Interferón beta (IFN beta)	Células de mamífero	Esclerosis múltiple
Interferón gamma (IFN gamma 1b)	Bacterias	Enfermedad granulomatosa crónica
Interleuquina 2 (IL-2)	Bacterias	Cáncer de riñón
Vacunas		
Anti-hepatitis B	Levaduras	Inmunización contra la hepatitis B
Anti-hepatitis A	Levaduras	Inmunización contra la hepatitis A
Anti-enfermedad de Lyme	Bacterias	Inmunización contra la endermedad de Lyme
Anticuerpos monoclonales recombinantes		
Anti-IgE (recombinante)	Células de mamífero	Asma
Anti-TNF (recombinante)	Células de mamífero	Artritis reumatoidea
Anti-IL2	Células de mamífero	Prevención rechazo agudo trasplante de riñón
Otros productos recombinantes		
Proteína morfogénica del hueso-2	Células de mamífero	Fractura de tibia
Galactosidasa	Células de mamífero	Enfermedad de Fabry
Jaronidasa	Células de mamífero	Mucopolisacaridosis
Proteína C	Células de mamífero	Sepsis severa
Beta-glucocerebroidasa	Bacterias	Enfermedad de Gaucher
DNAsa	Células de mamífero	Fibrosis quística



Mito 1: La biotecnología, la ingeniería genética y los organismos transgénicos son algo nuevo que no es parte de nuestra vida cotidiana.

ALGUNAS ENZIMAS RECOMBINANTES (TRANSGÉNICAS) DESTINADAS A LA INDUSTRIA ALIMENTICIA

Producto	Sistema de Producción	Función o uso
Quimosina	Hongos	Coagular la leche en la producción de quesos
α -amilasa	Bacterias	Licuar el almidón y convertirlo en dextrina en la producción de jarabes. En la industria cervecera, favorece la retención de la humedad del producto y baja el contenido calórico del producto.
Pectinasas	Hongos	Clarificar jugos concentrados al degradar las pectinas provenientes de restos de semillas.
Glucosa oxidasa y catalasa	Hongos	Eliminar azúcares de huevos y evitar que aparezcan olores anormales durante la deshidratación de los mismos. Además se utilizan como pretratamiento para la pasteurización de huevos
Lipasas	Hongos	Fabricación de concentrados de aceites de pescado
Glucosa isomerasa	Hongos	Permite obtener, a partir de glucosa, jarabes ricos en fructosa, con mayor poder endulzante.
β -glucanasa	Levaduras	En la industria cervecera facilita la filtración del producto

Por otro lado, algunas enzimas y aditivos utilizados en el procesamiento de los alimentos se obtienen desde hace años mediante técnicas de ADN recombinante, es decir se obtienen a partir de organismos transgénicos (ver recuadro).

Por su parte, la modificación genética en la fabricación del vino se ha aplicado a las levaduras viníferas. Existen algunas levaduras transgénicas que permiten la producción de ácido láctico para mejorar problemas de baja acidez. Otro ejemplo son las levaduras transgénicas que llevan a cabo la fermentación maloláctica (conversión del ácido málico en ácido láctico), la cual produce una disminución de la acidez y una mayor estabilidad microbiológica del vino. También existen levaduras transgénicas capaces de incrementar los aromas varietales por medio de la liberación de terpenos.

En otro ámbito de aplicación, mientras que otras monedas usan distintas composiciones, los billetes de euro están elaborados exclusivamente de algodón, materia que el Banco Central Europeo (BCE) importa principalmente de Estados Unidos, país donde sobre el

90% de los cultivos de algodón son transgénicos y donde no se separa el producto convencional del genéticamente modificado. La Unión Europea exige que los alimentos que proceden de organismos transgénicos estén etiquetados, sin embargo el algodón transgénico (empleado sobre todo como fibra) no precisa ningún etiquetado como tampoco lo precisan los billetes de euro. Sin ir más lejos, en Chile los antiguos billetes de mil, dos mil, cinco mil, diez mil y veinte mil pesos y los nuevos billetes de diez mil y veinte mil pesos son elaborados en base a fibra de algodón (Banco Central de Chile 2011), y más del 64% del algodón mundial es transgénico (James 2010).



En relación a los detergentes, hoy podemos lavar nuestra ropa en agua fría gracias a los organismos transgénicos. En la industria de los detergentes y jabones para la ropa se utilizan enzimas provenientes de diferentes microorganismos extremófilos (que viven en ambientes extremos, como las bajas temperaturas de la Antártida) como biocatalizadores que quitan las manchas a bajas temperaturas. En principio, los propios organismos extremófilos eran la fuente de donde se extraían las enzimas, sin embargo luego se clonaron los genes relacionados a dichas enzimas y actualmente se las produce a escala industrial en bacterias que sobre-producen la enzima de interés en biorreactores.

Del mismo modo, la ingeniería genética es hoy una de las herramientas fundamentales para el mejoramiento de los cultivos vegetales. En este contexto, se estima que los cultivos transgénicos autorizados y los alimentos e ingredientes derivados de éstos, luego de 15 años de consumo a nivel global, se encuentran en más del 60% de los alimentos elaborados disponibles en los supermercados (Greenpeace 2010). Para el 2010 se estimó que el 81% de la producción mundial de soja fue de naturaleza transgénica, como a su vez el 29% del maíz, el 23 % de la canola y el 64% del algodón (James 2010).

Referencias:

ArgenBIO 2010. "Programa Educativo Por Qué Biotecnología" <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/>

Banco Central de Chile 2011. <http://www.bcentral.cl>

GreenPeace 2010. Guía Roja y Verde de Alimentos Transgénicos. 5ta edición. www.greenpeace.org

James C. 2010. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2010. ISAAA Resumen Ejecutivo n°42. <http://www.isaaa.org/>

Mito 2

La **biotecnología agrícola** es diferente a los sistemas tradicionales de mejoramiento genético vegetal para desarrollar alimentos.

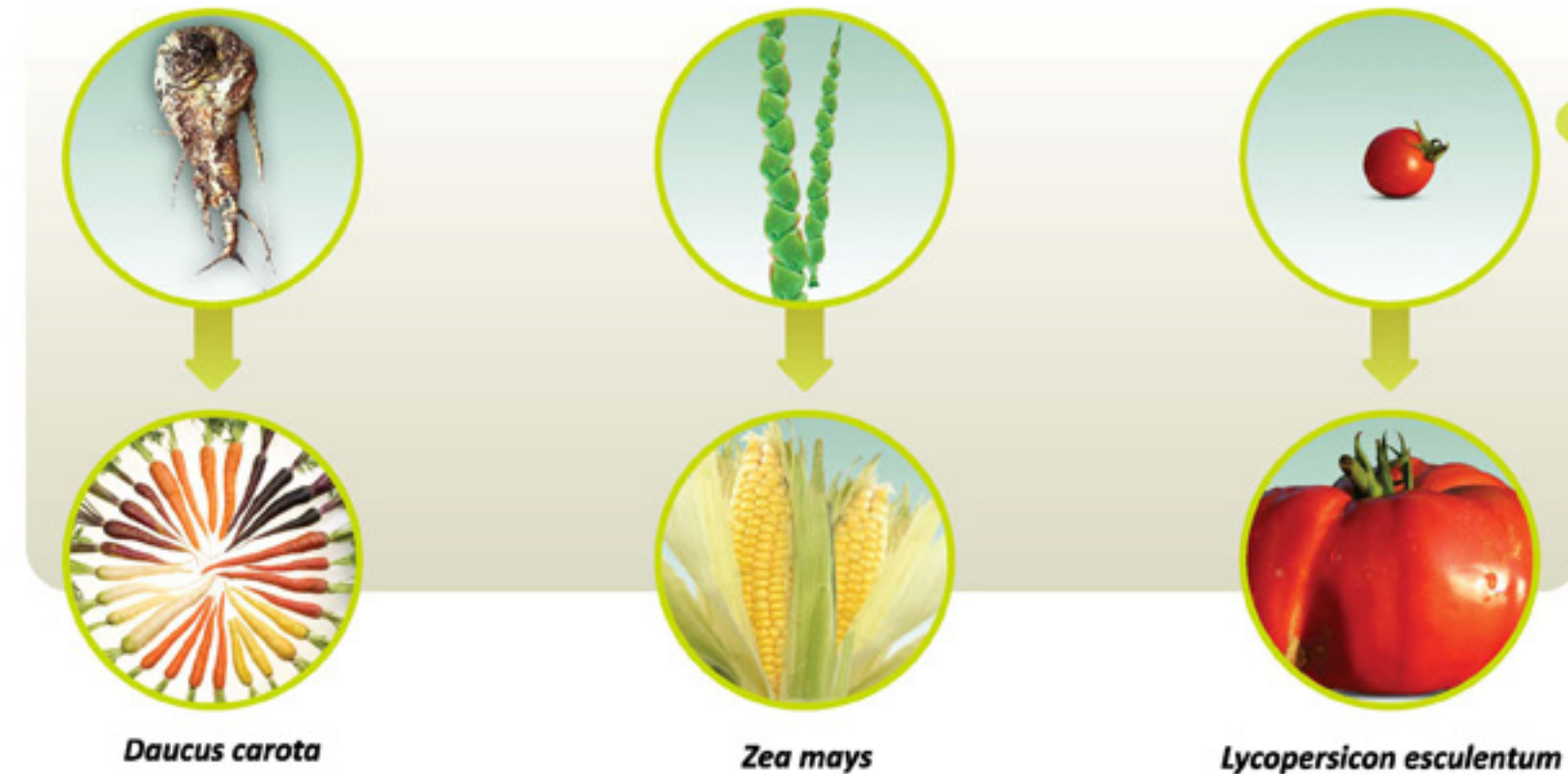
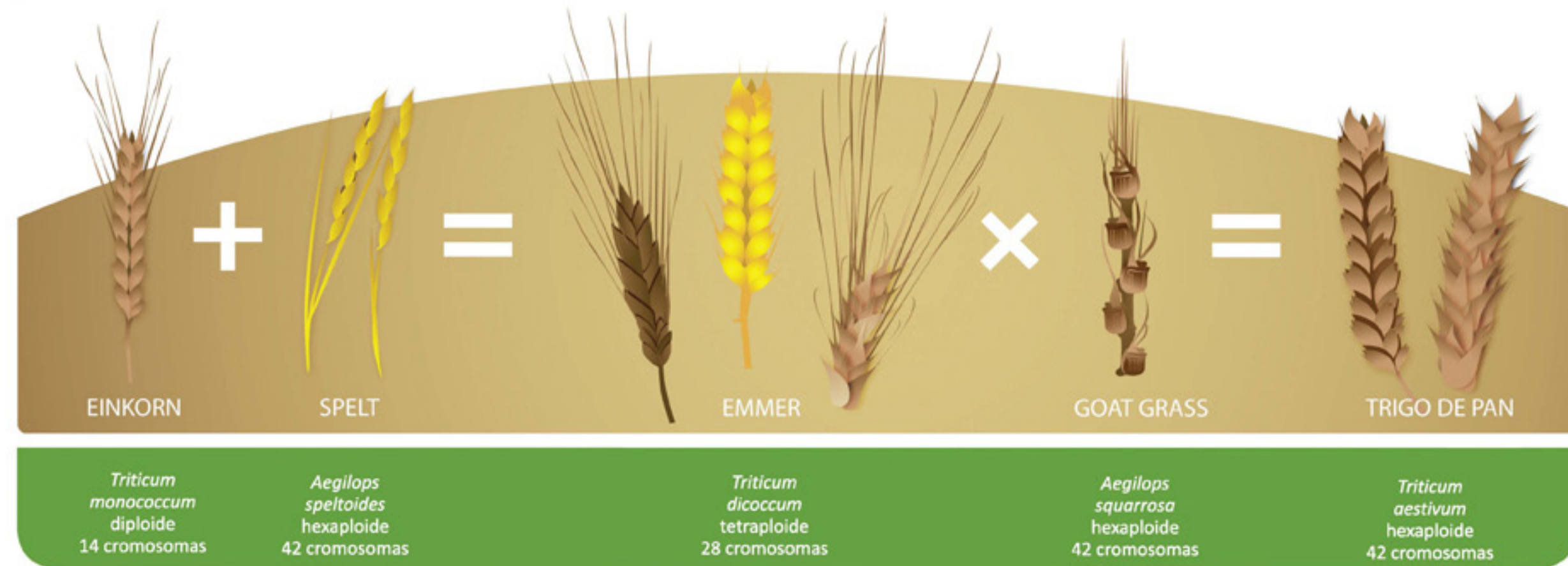
Realidad

Las técnicas tradicionales de mejoramiento vegetal combinaron durante varios años miles y miles de genes y muchas generaciones de plantas con el fin de obtener una característica deseada. La biotecnología acelera este proceso permitiendo a los científicos tomar solamente los genes deseados de una planta, logrando de ese modo los resultados buscados solamente en una generación.



En términos generales, existen tres tipos de mejoramiento vegetal: i) el mejoramiento que se realiza mediante cruzamientos dirigidos intra e inter específicos y es el que el ser humano ha utilizado desde la antigüedad para modificar los distintos productos de la naturaleza; ii) el mejoramiento que se efectúa por mutación inducida y selección, y; iii) el mejoramiento mediante la biotecnología moderna, que pretende mejorar la calidad de una planta o alimento a través de la manipulación directa de los genes. El resultado final, sea por mecanismos “tradicionales” (cruces, mutagénesis) o por biotecnología, es una variedad mejorada en base a modificaciones genéticas.

Un buen ejemplo de mejoramiento genético vegetal mediado por cruzamiento y selección es el caso del trigo que consumimos en la actualidad. Las variantes originales Einkorn (14 cromosomas) y Spelt (42 cromosomas), muy antiguas, se cruzaron para obtener la variedad Emmer (28 cromosomas), de grano más grande pero muy susceptible al ambiente, por lo que se cruzó a su vez con el Goat Grass (42 cromosomas), mucho más resistente al ambiente, con lo que se obtuvo el trigo con que hoy se fabrica el pan (42 cromosomas). En este caso no se le adicionó uno o unos pocos genes al genoma del trigo, más bien se triplicó la cantidad de cromosomas, incorporando a su vez variadas nuevas funciones, generando nuevas interacciones entre las “nuevas” funciones metabólicas incorporadas y las ya existentes. Para esta innovación no se desarrolló ningún tipo de estudio o análisis de inocuidad como el que incorpora la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos en la actualidad.



Ancestros originales de zanahorias, maíces y tomates.

Otros ejemplos como la zanahoria, el repollo, el maíz y la lechuga, entre muchos otros, dan cuenta de vegetales que ha desarrollado el hombre a través de la manipulación genética mediante cruces para llegar a las formas que conocemos actualmente. En el pasado, a diferencia de lo que hoy ocurre, los agricultores eran completamente ajenos a lo que es la variabilidad génica o lo que supone una mutación. Sin embargo, seleccionaban mutantes mediante el filtro selectivo de alguna característica deseada (tamaño, color, sabor, etc.) (Parrott 2010).

Mito 2: La biotecnología agrícola es diferente a los sistemas tradicionales de mejoramiento vegetal para desarrollar alimentos.



Como segunda técnica de mejoramiento genético, se conoce el mejoramiento por mutagénesis donde a través de agentes mutagénicos (radiación UV, sustancias químicas, etc.) se inducen mutaciones genéticas al azar, lo que genera una serie de productos de entre los cuales se selecciona a aquellos que poseen características convenientes para el ser humano. Hoy existen más de 3.000 nuevas variedades vegetales producidas mediante mutagénesis considerando especies como el trigo, cebada, avena, arroz, soja, poroto verde, papas, cebollas, cerezas, pomelos, manzanas, vides, etc. (FAO/IAEA Programme, 2011)

Las variaciones genéticas y el número de éstas que ocurrieron dentro de esos organismos son desconocidas, pudiendo haberse creado nuevas funciones, eliminarse otras, crear inestabilidad genética, modificación de vías metabólicas, etc., y tampoco son sometidas a ningún tipo de estudios o análisis de inocuidad como los

exigidos a la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos.

El mejoramiento mediante biotecnología es otra más de las técnicas de mejoramiento genético, sin embargo es mucho más precisa, dirigida y analizada que las otras técnicas. Su gran aporte es que al utilizar técnicas de ADN recombinante para identificar, cortar y unir segmentos de ADN se logran resultados más rápidos, mejores y seguros que utilizando las demás técnicas. Esto es posible gracias a la universalidad del código genético, concepto que describe al hecho de que todas las especies tienen un genoma formado por los mismos componentes. Todos los sistemas biológicos u organismos de la Tierra utilizan el mismo "sistema operativo" para almacenar, transferir, utilizar y copiar información genética: el ADN contiene los genes o "programas", que a través de un "mensaje" contenido en el ARN origina una proteína que permite expresar una función, como el aroma, el sabor o la característica nutricional que se desea aprovechar.



Referencias:

FAO/IAEA Programme 2011. Nuclear Techniques in Food and Agriculture.

<http://mvgs.iaea.org/>

Parrott W. 2010. Wayne Parrott Lab. GMO Resources.

<http://mulch.cropsoil.uga.edu/~parrottlab/>

Mito 3

Los alimentos derivados de cultivos transgénicos no son inocuos y no se encuentran debidamente estudiados.

Realidad

Los alimentos derivados de los cultivos transgénicos son los alimentos más estudiados en la historia de la humanidad y son sometidos a rigurosos análisis y estudios que determinan científicamente su inocuidad y que son la base para permitir su comercialización.



La biotecnología agrícola es mucho más segura y controlada que los otros métodos de mejoramiento vegetal como son los cruces o la mutagénesis, y contribuye a mejorar la seguridad alimentaria. Las preocupaciones por la seguridad se basan fundamentalmente en la creencia que los métodos biotecnológicos de introducción de genes a las plantas pueden en cierto grado presentar más riesgos que los "métodos tradicionales de mejoramiento vegetal".

Todo cultivo transgénico y los alimentos derivados de éstos deben pasar, antes de ser liberados para cultivo, consumo y comercialización, por una serie de rigurosos análisis y estudios de laboratorio y de campo que avalen la seguridad para el medio ambiente, la salud humana y animal.

Los alimentos derivados de cultivos transgénicos se han consumido a nivel mundial durante los últimos 15 años, sin existir ningún registro de algún impacto negativo para el medio ambiente, la salud humana y la animal. No existe evidencia científica avalada por los requerimientos de calidad y rigurosidad aceptados por la comunidad científica internacional que indique que los alimentos producidos a partir de cultivos transgénicos sean menos seguros que los tradicionales (ver recuadro con listado de declaraciones científicas oficiales).

Esta situación contrasta con lo que sucede con los alimentos derivados de vegetales obtenidos por "métodos tradicionales de mejoramiento vegetal", incluidos los producidos por cruces y los producidos por mutagénesis (radiación UV o agentes químicos), los cuales no necesitan someterse a pruebas de inocuidad, a pesar de la gran cantidad de cambios genéticos que provocan estas técnicas y a pesar que la magnitud de los cambios genéticos producidos son desconocidos. Hay que recordar que la mayor parte de alimentos de origen vegetal que consumimos en la actualidad han sido creados por el hombre por alguna de estas dos técnicas.

Existen varios ejemplos de alimentos obtenidos por "métodos tradicionales de mejoramiento vegetal"

que resultaron ser dañinos para la salud pero que no fueron evaluados antes de salir al mercado. Entre otros, está la toxicidad comprobada de la papa lenape, la cual presentaba elevados niveles de glicoalcaloides (producen irritación del tracto gastrointestinal, úlceras y hemorragias; pueden afectar al sistema nervioso central; dosis muy elevadas podrían llegar incluso a producir la muerte por parálisis respiratoria (Friedman 2006)) y fue obtenida por cruce con una variedad de los Andes peruanos (Beier 1990). Esta papa fue retirada del mercado por el USDA (Zitnak y Johnston, 1970), no obstante fue utilizada para desarrollar otras 13 variedades de papas. A fines de los años 80, una variedad de apio resistente a insectos causó serios problemas dermatológicos a los agricultores debido a su concentración de 6.200 ppb de psoralenos (agentes cancerígenos) en comparación con las 800 ppb que contiene un apio "normal" (Ames 1990).

Por su parte, algunos alimentos contienen compuestos tóxicos que se sabe producen consecuencias adversas para la salud en el largo plazo. La solanina que contiene el tomate y la papa es conocida por causar alteraciones gastrointestinales (diarrea, vómito, dolor abdominal) y neurológicas (alucinaciones, dolor de cabeza, etc.). Además se le responsabiliza como causante de espina bífida, malformación producida por el cierre incompleto de la columna vertebral durante su desarrollo en el vientre materno. La arveja Vetch, una legumbre común conocida por su dureza, contiene altas dosis de neurotoxinas. La fitohemaglutinina que se encuentra en los porotos pallar es tóxica. Las semillas del durazno son extremadamente ricas en glucósidos cianogénicos, los cuales se pueden transformar por hidrólisis en cianuro, un potente veneno para el hombre (Hoover et al. 2000). En general, una gran cantidad de alimentos se han relacionado a alergias alimentarias producidas de forma "natural" en algunos individuos. Se pueden mencionar la leche, frutilla, plátano, huevo, tomate, frutos secos, soja, legumbres, maní, pescado, mariscos, trigo/harina (no confundir con celiacía), especias, maíz, frutas cítricas, kiwi, durazno, nuez, manzana, chocolate, frutos secos, entre otros.

En este contexto, el año 2011 ocurrió el lamentable fallecimiento de 50 personas y la infección de más 4.321 ciudadanos de 16 países (principalmente en países de la Unión Europea), 852 de ellos en estado grave, como consecuencia de un patógeno bacteriano asociado a ciertos vegetales (no transgénicos por cierto) de consumo humano (Robert Koch-Institute, 2011). Esto nos demuestra que todos los productos alimenticios se encuentran asociados a algún tipo de riesgo, y no por esto no se producen esos alimentos, más bien se mitiga o se maneja el riesgo.

Ninguno de estos alimentos fue objeto de pruebas obligatorias antes de que fueran introducidos en la cadena alimenticia, ni tampoco ahora son objeto de ninguna regulación. Si hoy se exigieran para los cultivos tradicionales los actuales estándares reguladores impuestos sobre los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados, la mayoría de ellos no cumpliría con sus requerimientos.

Al contrario, los sistemas de evaluación de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados han permitido identificar posibles riesgos de algunos productos en etapa de desarrollo y estos nunca salieron al mercado. Como ejemplo, está la soja transgénica con un gen proveniente de la nuez de Pará para mejorar el contenido nutricional, la cual resultó en la generación de alergias al igual que la nuez. Al parecer, el gen escogido para mejorar la calidad nutricional era uno de los genes que desencadenan reacciones alérgicas al consumir la nuez (Nordlee et al., 1996). Este episodio representa un buen ejemplo del rigor científico con que se utiliza la biotecnología para desarrollar nuevas variedades.

En la actualidad, existen cientos de publicaciones científicas (revisadas por expertos) que documentan la seguridad e inocuidad de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados, las que se han convertido en la base y en la evidencia para que distintas academias científicas y agencias regulatorias a nivel mundial hayan emitido declaraciones oficiales confirmando la inocuidad de los cultivos transgénicos actualmente comercializados, reconociendo sus beneficios para la agricultura, el medio ambiente y los consumidores, y aclarando que los riesgos de los cultivos transgénicos son los mismos que los de los cultivos convencionales (ver recuadro).



DECLARACIONES CIENTÍFICAS QUE RECONOCEN LOS BENEFICIOS DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS PARA LA AGRICULTURA, EL MEDIO AMBIENTE Y LOS CONSUMIDORES, CONFIRMANDO SU SEGURIDAD DESDE UN PUNTO DE VISTA TÉCNICO

Academia científica o agencia regulatoria	Año	URL
1. DECLARACIÓN FIRMADA POR 25 PREMIOS NOBEL Y MÁS DE 3.450 CIENTÍFICOS A NIVEL MUNDIAL	2011	http://www.agbioworld.org/declaration/index.html
2. ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS AGRONÓMICAS	2011	http://www.academiaagronomica.cl/academia1.pdf
3. ACADEMIA CHILENA DE CIENCIAS	2001	declaración disponible en www.chilebio.cl
4. Biochemical Society UK	2011	http://www.biochemistry.org/linkclick.aspx?fileticket=qf3zm6mdtmw%3d&tabid=491
5. Academy of Science of South Africa	2010	http://www.assaf.org.za/2010/08/gm-crops-can-help-to-alleviate-african-food-shortage-says-new-academy-of-science-of-south-africa-report/
6. Comisión Europea	2010	http://ec.europa.eu/research/biosociety/pdf/a_decade_of_eu-funded_gmo_research.pdf
7. National Academy of Sciences USA	2010	http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12804
8. Royal Society of London (UK)	2009	http://royalsociety.org/reapingthebenefits/
9. Biology Centre of the Academy of Sciences of the Czech Republic	2009	http://www.bc.cas.cz/doc/mobitag/white-book-on-gmo.pdf
10. DECLARACIÓN CONJUNTA 3 ACADEMIAS DE CIENCIAS DE ALEMANIA: German Academy of Sciences Leopoldina (National Academy of Sciences), German Academy of Science and Engineering (ACATECH), Berlin-Brandenburg Academy of Sciences and Humanities	2009	http://www.leopoldina.org/fileadmin/user_upload/leopoldina_downloads/green_genetic_engineering.pdf
11. Pontificia Academia de Ciencias del Vaticano	2009	http://www.sciencedirect.com/science/issue/43660-2010-999729994-2699796
12. American Society for Cell Biology	2008	http://www.ascb.org/index.php?option=com_content&view=article&id=315&Itemid=31
13. Australian Academy of Science	2007	http://www.science.org.au/policy/gene-tech.html
14. American Dietetic Association	2006	http://www.eatright.org/about/content.aspx?id=8359
15. American Society of Plant Biologists	2006	http://www.eatright.org/about/content.aspx?id=8359
16. UNIÓN DE ACADEMIAS ALEMANAS DE CIENCIAS Y HUMANIDADES (8 ACADEMIAS)	2006	http://www.akademienunion.de/_files/memorandum_gentechnik/memorandum_green_biotechnology.pdf
17. Organización Mundial de la Salud (OMS)	2005	http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf
18. International Union of Food Science and Technology (IUFOST)	2005	http://www.worldfoodscience.org/pdf/iufbiotechnologyfood.pdf

Mito 3: Los alimentos derivados de cultivos transgénicos no son inocuos y no se encuentran debidamente estudiados.

Academia científica o agencia regulatoria	Año	URL
19. Food Standards Australia New Zealand (FSANZ)	2005	http://www.foodstandards.gov.au/_srcfiles/gm%20foods_text_pp_final.pdf
20. DECLARACIÓN CONJUNTA 14 ACADEMIAS CIENTÍFICAS DE ITALIA	2004	http://www.siga.unina.it/circolari/consensus_ita.pdf
21. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	2005	http://www.fao.org/docrep/006/y5160e/y5160e00.htm
22. Institute of Medicine and National Research Council of the National Academies USA	2004	http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309092094
23. International Council for Science (ICSU) (117 academias y 30 uniones científicas)	2003	http://www.sciencedirect.com/science/issue/6079-2003-999859994-438446
24. Academia Nacional de Ciencias de Italia y Academia de Lincei	2003	http://www.accademiai.it/documenti_pdf/le%20bioteconologie.pdf
25. Society of Toxicology	2002	http://www.toxicology.org/ai/gm/gm_food.asp
26. Academia Francesa de Ciencias	2002	http://www.academie-sciences.fr/activite/rapport/rst13.htm
27. Academia Francesa de Medicina	2002	http://www.academie-medecine.fr/upload/anciens/avis_69_fichier_lie.rtf
28. Royal Society of London	2002	http://royalsociety.org/genetically-modified-plants-for-food-use-and-human-health—an-update/
29. Organización Mundial de la Salud (OMS)	2002	http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/en/20questions_es.pdf
30. Pontificia Academia de Ciencias del Vaticano	2001	http://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdsci/en/documents/sof%2099(5of5).pdf
31. Genetics Society of America	2001	http://www.genetics-gsa.org/pages/pp_benefits.shtml
32. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)	2000	http://www.oecd.org/document/35/0,3343,en_2649_34537_1885_411_1_1_1_1,00.html
33. American Phytopathological Society	2000	http://www.apsnet.org/members/outreach/ppb/positionstatements/pages/biotechnology.aspx
34. Crop Science Society of America	2001	https://www.crops.org/files/science-policy/cssa-biotech-perspective.pdf
35. Federation of Animal Scientific Societies (representing the American Dairy Science Association, the American Society of Animal Science, and the Poultry Science Association)	2001	http://www.fass.org/geneticcrops.pdf
36. International Society of African Scientists	2001	http://www.aspb.org/publicaffairs/agricultural/africanbiotech.cfm
37. Comisión Europea	2001	http://ec.europa.eu/research/quality-of-life/gmo/
38. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)	2000	http://www.fao.org/biotech/fao-statement-on-biotechnology/en/
39. American Medical Association	2000	http://www.ama-assn.org/ama/pub/article/2036-4030.html
40. American Society for Microbiology	2000	http://www.asm.org/index.php/policy/july-17-2000-genetically-modified-organisms.html?title=july+17%2c+2000+-+genetically+modified+organisms
41. DECLARACIÓN CONJUNTA 7 ACADEMIAS DE CIENCIAS: Brazilian Academy of Sciences, Chinese Academy of Sciences, Indian National Science Academy, Mexican Academy of Sciences, Royal Society of London, Third World Academy of Sciences, U.S. National Academy of Sciences.	2000	http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=ni000227
42. American Council on Science and Health	2000	http://www.acsh.org/doclib/20040401_biotechnology2000.pdf
43. Society for In Vitro Biology	2000	http://www.sivb.org/publicpolicy_cropengineering.asp

Organismos como la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido estrictos procedimientos para determinar la seguridad de los productos biotecnológicos, los cuales son tenidos en cuenta por los diferentes sistemas regulatorios alrededor del mundo. Asimismo, diversas organizaciones internacionales de renombre apoyan la biotecnología y los productos derivados de esta técnica.

Durante años de investigación se han reconocido los enormes beneficios que la biotecnología ofrece sin que se haya identificado ningún riesgo adicional. El consenso científico señala que los riesgos de los productos alimenticios derivados de cultivos GM son fundamentalmente los mismos que los de los convencionales, e incluso menores, existiendo un amplio acuerdo entre los científicos sobre la seguridad de los cultivos GM y sus alimentos derivados. Más de 3.450 renombrados científicos a nivel mundial, incluyendo 25 premios Nobel, han firmado una declaración en apoyo a la Biotecnología Agrícola y cultivos GM (AgBioWorld) indicando su seguridad para humanos, animales y el medio ambiente.

Referencias:

AgBioWorld 2011. Supporting Biotechnology in Agriculture. <http://www.agbioworld.org/declaration/index.html>

Ames BN, Profet M, Gold LS. 1990. Nature's chemicals and synthetic chemicals: comparative toxicology. *Proc Natl Acad Sci USA* 87:7782-7786.

Beier RC. 1990. Natural pesticides and bioactive components in foods. *Rev of Environ Contam and Toxicol* 113:47-137.

Friedman M. 2006. Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *J Agric Food Chem*. 54(23):8655-81.

Hoover D, Chassy B, Hall RL, Klee HJ, Luchansky JB, Miller HI, Munro I, Weiss R, Hefle SL, Qualset CO. 2000. Human Food Safety Evaluation of rDNA Biotechnology-Derived Foods. *Food Technol*. 54(9):53-61.

Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. 1996. Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. *N Engl J Med* 334:688-692.

Robert Koch-Institute, 2011. EHEC/HUS O104:H4 – The outbreak is considered to be over (Press Release). http://www.rki.de/clin_160/nr_217400/EN/Home/PM_EHEC.html

Zitnak A, Johnston G. 1970. Glycoalkaloid content of 85141-6 potatoes. *American Potato J* 47, 256-260.

Mito 4

Los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados producen alergias.

Realidad

No existe ninguna prueba formalmente comprobada que los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados, aprobados por las autoridades pertinentes y disponibles comercialmente, produzcan alergias.



La preocupación por la alergenidad potencial de los alimentos derivados de cultivos transgénicos se originó por una publicación científica que mostró que una soja transgénica con un gen proveniente de la nuez de Pará, para mejorar el contenido nutricional, resultó en la generación de alergias al igual como lo producía la nuez de la cual se tomó el gen. Al parecer, el gen escogido para mejorar la calidad nutricional era uno de los genes que desencadenan reacciones alérgicas al consumir la nuez (Nordlee et al., 1996). Mucha gente piensa que este producto causó alergias en la población, sin embargo la realidad es que esta soja transgénica con la modificación específica para mejorar su contenido nutricional nunca fue comercializada y ni siquiera se presentó una solicitud para lograr algún tipo de aprobación regulatoria. Esta soja transgénica era un producto en etapa de investigación y desarrollo.

Las inquietudes por la alergenidad potencial de los alimentos derivados de cultivos transgénicos se vio exacerbada por el incidente sucedido en EE.UU. con el maíz StarLink resistente a insectos (Smith 2007). A pesar que este maíz fue aprobado para consumo animal, en septiembre de 2000 se confirmó que estaba presente en alimentos para humanos. Después de haber leído informes en la prensa, 44 personas se quejaron que habían sufrido reacciones alérgicas al comer tacos fritos que contenían pequeñas cantidades de Starlink. Sin embargo las pruebas realizadas sobre 17 de ellos (los únicos que aceptaron someterse a pruebas) por el Centro Estatal para el Control de Enfermedades de EE.UU. (CDC) no lograron encontrar anticuerpos que demostraran una respuesta alérgica al Starlink (CDC, 2001).

En relación al algodón transgénico, un documento preliminar generado por un grupo anti-transgénico en India, el cual incluyó entrevistas a 23 personas, señalaba que el algodón Bt (resistente a insectos) provocaba alergias en agricultores de varios pueblos de India. Se indicó que agricultores de seis pueblos que trabajaban con el algodón



Bt presentaban reacciones en la piel, ojos y tracto respiratorio superior. Además se señaló que algunos trabajadores requirieron hospitalización, que los empleados de una fábrica desmotadora de algodón debieron tomar antihistamínicos a diario, y que un médico trató a unos 250 agricultores del algodón (Smith 2007). Ningún estudio publicado ha documentado que esas historias sean realmente verdad e incluso la organización no gubernamental que divulga la información, lo hace con cierta cautela. El sentido común nos dice que si más de la mitad del algodón mundial es algodón transgénico (64%) y con millones de personas manipulándolo a diario, cualquier efecto adverso ya habría sido manifestado. Además, las proteínas Bt tienen una historia de más de 50 años de uso seguro como plaguicidas. Preparaciones de proteína Bt, conteniendo esporas y bacterias enteras, se han utilizado en grandes cantidades durante la historia de la agricultura, siendo incluso utilizada por los agricultores orgánicos, donde muy rara vez ha generado alguna reacción adversa en algún agricultor (Seigel, 2001; Betz et al., 2000; Whalon & Wingerd 2003).

Otro caso es aquel en que un grupo anti-transgénico noruego aseguró que la inhalación de polen de maíz Bt puede provocar enfermedades en los seres humanos. Específicamente, dijo que en Filipinas en el año 2003, cuando el polen del maíz Bt se dispersaba por el aire, aproximadamente 100 personas que vivían al lado de un campo de maíz Bt, sufrieron irritaciones en la piel, problemas respiratorios, malestares intestinales, y otros síntomas. Además, indicaron que los análisis de sangre de 39 personas mostraron anticuerpos contra la proteína Bt, y que los síntomas reaparecieron en el 2004 en al menos otros cuatro pueblos que sembraron la misma variedad de maíz (Smith 2007).

El grupo anti-transgénico noruego nunca presentó datos que apoyaran estas afirmaciones y nunca se generó una publicación científica de esto. Además, siempre fueron rechazadas las peticiones de otros

científicos que han solicitado los datos para analizarlos (AgBioWorld, 2004). Los grupos anti-transgénicos han optado por repetir estas afirmaciones, sin embargo, nunca han mencionado que médicos y reguladores del gobierno filipino investigaron cuidadosamente el tema y concluyeron que el maíz Bt no tenía nada que ver con esos supuestos efectos adversos a la salud de las personas. Los investigadores indicaron que el polen del maíz Bt no genera problemas médicos, además de decir que la cantidad infinitesimal de proteína Bt que posee el polen es muy improbable que genere algún problema. Además, naturalmente existen personas alérgicas al polen de maíz, independientemente de la naturaleza transgénica o no transgénica de éste (Academics Review 2011).

La soja transgénica tolerante a herbicidas también ha generado muchos mitos en su contra. Los grupos anti-transgénicos insisten en afirmar que las alergias a la soja se dispararon en el Reino Unido poco después de introducirse esta soja en el mercado. Se dice que en un solo año (1996) las alergias a la soja pasaron de un 10% a un 15% de la población muestreada, haciendo notar que la soja transgénica comenzó a ser importada un poco antes de 1996. Además, indican que los tests de anticuerpos verificaron que algunos individuos reaccionaron de forma diferente a variedades de soja transgénica y no transgénica (Smith 2007).

Estos estudios aparecieron en el sitio web de los Laboratorios York, y no han sido publicados en revistas científicas peer reviewed (cuyos artículos son revisados por expertos científicos de forma previa a su publicación). El principal problema con la afirmación de que la soja transgénica provocó un aumento de las alergias de la soja, es que los ensayos reportados en el estudio citado no midieron ni evaluaron alergias. Los Laboratorios York reportaron que los anticuerpos contra las proteínas de soja se midieron en el 10% de 4.500 personas en 1996 y ese número creció a 15% después de seis meses. Sin embargo, se midieron ciertos anticuerpos pero no se



midieron el tipo de anticuerpos que está específicamente asociado con la alergia a la soja.

La alergia a la soja en el Reino Unido afecta a menos del 1% de la población. Uno podría esperar que las reacciones alérgicas a la soja aumentaran como resultado de la creciente demanda y consumo de esta debido a sus efectos beneficiosos para la salud, y a la demanda de dietas ricas en proteínas de origen vegetal en general. Cerca del 0,1-0,2% de las personas sufren alergia a la soja, pero este número podría aumentar con el aumento del consumo de proteínas derivadas de la soja. Es importante señalar que este aumento esperado de las alergias se debe a la alergenidad inherente de las proteínas de la soja y no porque es transgénica. Finalmente, los ensayos se realizaron antes que la soja transgénica representase el 5% de la oferta de soja en el Reino Unido, por lo que lo más probable es que los anticuerpos medidos se produjeron antes de que la soja transgénica estuviese disponible (Academics Review 2011).



Referencias:

Academics Review. 2011. Testing popular claims against peer-reviewed science.

<http://academicsreview.org/reviewed-content/genetic-roulette/>

AgBioWorld. 2004. Supporting Biotechnology in Agriculture. <http://www.agbioworld.org/biotech-info/pr/traavik.html>

Betz FS, Hammond BG, Fuchs RL. 2000. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. *Regul Toxicol Pharmacol.* 32(2):156-177.

Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. 1996. Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. *N Engl J Med* 334:688-692.

Siegel JP. 2001. The Mammalian Safety of *Bacillus thuringiensis*-based Insecticides. *J Invert Pathol.* 77(1):13-21.

Smith J. 2007. Genetic Roulette. The Documented Health Risks of Genetically Engineered Foods. Chelsea Green, Yes! Books, EE.UU.

U.S. Government's Centers for Disease Control (CDC). 2001. Investigation of human health effects associated with potential exposure to GM corn. <http://www.cdc.gov/nceh/ehhe/Cry9cReport/default.htm>

Whalon ME, Wingerd BA. 2003. Bt: Mode of action and use. *Arch Insect Biochem Physiol.* 54(4):200-211.

Mito 5

Existen pruebas científicas en contra de los cultivos transgénicos y los alimentos derivados de éstos.

Realidad

Las principales academias científicas y agencias regulatorias de todo el mundo han confirmado que las observaciones científicas en contra de los cultivos transgénicos y sus alimentos derivados carecen de sustento técnico y/o no tienen significancia biológica.



Las evidencias científicas son observaciones repetidas y confirmadas de forma independiente una y otra vez. A la fecha, no existe evidencia científica que los cultivos transgénicos impacten o afecten la salud humana, animal o la biodiversidad. Además, todas las observaciones científicas en contra de los cultivos transgénicos o de sus alimentos derivados han sido aclaradas y desacreditadas por la comunidad científica mundial debido a aspectos como diseños experimentales inadecuados, falta de rigurosidad científica y extrapolación de conclusiones sin sustento.

A continuación, se presentan cinco casos en los cuales se ejemplifica esta situación:

■ **El caso de los estudios de Arpad Pusztai:** El Doctor Arpad Pusztai, del Rower Research Institute en Aberdeen (Escocia), publicó un estudio que indicaba que después de alimentar seis ratas durante un período de 10 días con papas transgénicas (crudas o cocidas), algunas mostraban diferencias en el tamaño de varios órganos. Las papas transgénicas utilizadas en el estudio, las cuales estaban en etapa de investigación y desarrollo y no estaban disponibles comercialmente, contenían el gen de la lectina GNA, una glicoproteína tóxica para algunos insectos, y cuyo gen procedía la planta *Galanthus nivalis* (Ewen & Pusztai, 1999).

Posterior a la publicación de estos resultados, los experimentos del Doctor Pusztai fueron revisados por seis expertos designados por la Royal Society (Academia de Ciencias de Gran Bretaña fundada en 1660 que goza de amplio prestigio internacional como referente en la comunidad científica), y en forma independiente han sido revisados por científicos de seguridad alimentaria de agencias reguladoras en todo el mundo (Royal Society 1999; Kuiper 1999; Fedoroff 2004). Estos expertos han concluido que el trabajo publicado presentaba problemas relacionados con el diseño, ejecución y análisis experimental y que era imposible bajo tales circunstancias generar las conclusiones que sugería el estudio.

Tanto los humanos como las ratas no consumen papas crudas debido a que los organismos no las pueden digerir por el alto contenido de almidón y los alcaloides presentes son tóxicos. Además, las ratas evitan comer papas, aunque sean cocidas. En los experimentos de Pusztai las ratas presentaron malnutrición debido a la dieta a la que fueron expuestas, y es conocido que la malnutrición provoca fluctuaciones impredecibles en el tamaño de los órganos internos. Además, no se realizaron los experimentos controles adecuados con ratas alimentadas de manera saludable con otro tipo de alimento, distinto de la papa, lo que llevó a comparar ratas malnutridas contra ratas malnutridas y se trató de decidir qué grupo estaba peor. La Royal Society no encontró evidencia convincente de los efectos adversos de las papas transgénicas y concluyó que los resultados no justificaban llegar a conclusiones generales con relación a si los alimentos derivados de cultivos transgénicos eran peligrosos para los humanos o no. Hasta el día de hoy no han aparecido publicaciones científicas repitiendo estos experimentos con un mayor número de animales y con los controles correctos.

■ **El caso de los estudios de Gilles-Erik Séralini:** En 2007, un equipo científico liderado por el Dr. Gilles-Erik Séralini (Séralini et al., 2007) afirmó haber encontrado evidencias de toxicidad hepatorenal en ratas a través de un re-análisis estadístico de los datos generados previamente por otros autores que no encontraron efectos de toxicidad del maíz transgénico resistente a insectos MON863 con métodos estadísticos estándar (Hammond et al., 2006).

Los científicos expertos que han revisado la publicación del 2007 no han respaldado las conclusiones del equipo de Séralini debido al mal uso de la estadística, mal interpretación de los resultados y la cuestionable calidad y rigurosidad científica, concluyendo que ninguna de las diferencias producidas por su re-análisis estadístico tiene significancia biológica, y que la evidencia científica

indica que el maíz evaluado es inocuo y seguro (AFSSA 2007; BfR 2007; Doull et al. 2007; EFSA 2007; FSANZ 2007; HBC 2009).

El equipo de Séralini ignoró las opiniones de los científicos expertos y nuevamente utilizaron los mismos métodos no convencionales e inapropiados para re-analizar estadísticamente los estudios toxicológicos realizados previamente por otros autores, con los maíces transgénicos MON863, MON810 y NK603 (de Vendômois et al., 2009). Esto a pesar de los más de 10 años de cultivo y consumo seguro de los maíces transgénicos comerciales a los que se les han exigido rigurosas evaluaciones de seguridad, y que distintas agencias reguladoras de distintas partes del mundo, han concluido que son seguros.

Séralini interpreta inadecuadamente fluctuaciones estadísticas como evidencia de riesgo para la salud, sin embargo, las fluctuaciones estadísticas son comunes en cualquier estudio de gran tamaño. Por su parte, la significancia estadística reportada por Séralini sobre los parámetros clínicos es diferente entre los estudios, lo que sugiere que éstos son más probablemente debidos a la variación al azar que debido a efectos de significancia biológica.

■ **El caso de los estudios de Manuela Malatesta:** Los grupos anti-transgénicos indican que algunos estudios muestran que al alimentar ratones con soja transgénica tolerante al herbicida glifosato, éstos presentan alteraciones a nivel hepático, pancreático y testicular, lo que indicaría algún efecto tóxico de la dieta. Específicamente, estos grupos dicen que la forma de los núcleos y nucléolos de las células hepáticas se vuelve irregular, aumentando el número de poros nucleares, lo que sugeriría según ellos un metabolismo más alto y patrones alterados de la expresión génica. Esto se revertiría al remover la soja transgénica de la dieta (Malatesta et al. 2008). A nivel pancreático, se sostiene que los ratones alimentados con soja transgénica produjeron menor cantidad de enzimas digestivas, afectando la digestión y asimilación de los alimentos.

Se dice incluso que la alfa-amilasa, una importante enzima digestiva, disminuyó en un 77% (Malatesta et al. 2002). A nivel testicular, se dijo que tanto la estructura como los patrones de expresión génica habían cambiado significativamente, desconociéndose la causa pero ligándose a alguna toxina presente en la dieta. Con esto se especuló sobre los efectos en la fertilidad y en la salud de la progenie (Vecchio et al. 2004).

El problema de este caso es que los estudios mencionados contradicen a un gran número de literatura científica que no encontró ningún problema al realizar experimentos con animales alimentados con soja transgénica tolerante al herbicida glifosato. La pregunta es, ¿en qué estudios debemos creer? Aparentemente la respuesta a esta pregunta es bastante fácil. Los autores de las publicaciones en contra de la soja transgénica no proporcionan suficiente detalle como para que cualquier



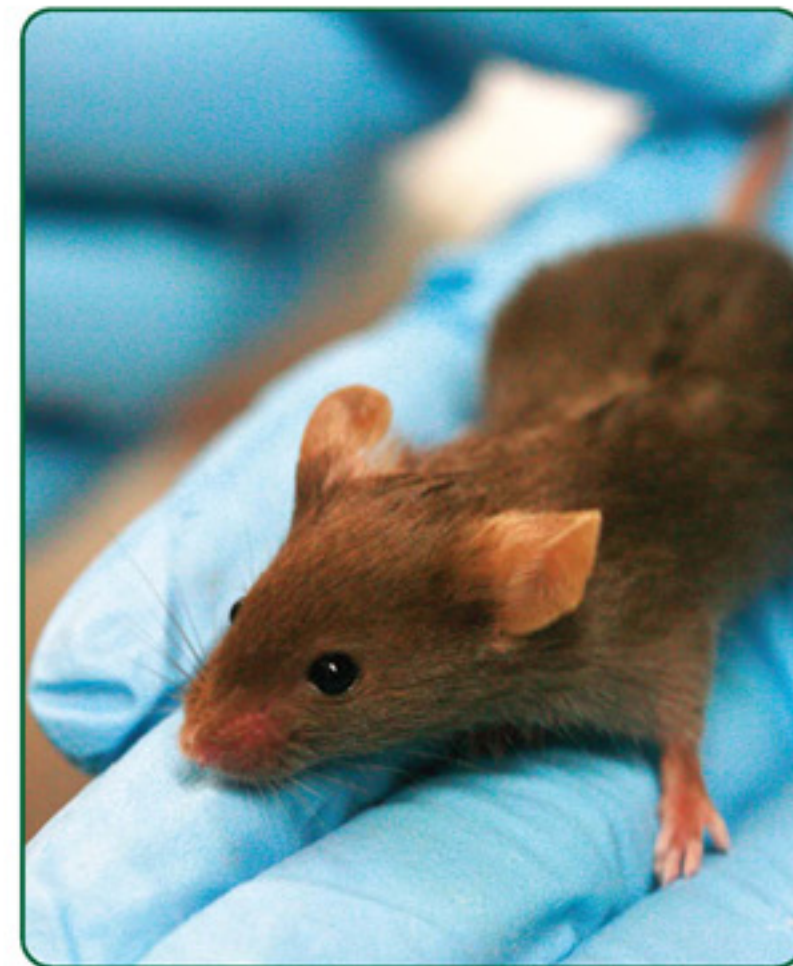
científico pudiese ser capaz de repetir sus estudios. Por ejemplo, no se midió la cantidad de alimento consumido por cada grupo de animales y tampoco se midió el contenido de isoflavonas de soja de la dieta, lo que realmente podría influir en ciertos niveles de enzimas y cambios celulares (Brown & Setchell 2001; Thigpen et al. 2004). Además, los estudios que cuestionan la soja transgénica no utilizaron distintas cantidades de soja con el fin de buscar respuestas dependientes de la dosis. Por su parte, no se utilizaron suficientes muestras, y las muestras no fueron lo suficientemente diferentes como para que los cambios tuviesen una real significancia biológica. Una vez más, los grupos anti-transgénicos deliberadamente omiten información y ni siquiera comentan la extensa literatura científica que contradice estos estudios.

■ **El caso de los estudios de Irina Ermakova:** En enero del 2006 el diario británico The Independent informó



sobre un estudio dirigido por la Dra. Irina Ermakova, investigadora del Instituto de Neurofisiología de la Academia de Ciencias de Rusia, el cual indicaba que más de la mitad de las crías de ratas de laboratorio cuyas madres fueron alimentadas con soja transgénica durante la gestación murieron en las tres primeras semanas de vida. Esto, según el informe, resultó ser seis veces más alto que otras ratas que recibieron alimentación normal. Además, las ratas que quedaban vivas presentaban problemas de crecimiento (Smith 2007).

El experimento consistió en agregar soja transgénica tolerante a herbicidas en la alimentación de un grupo de ratas hembras, dos semanas antes, durante la gestación y durante la lactancia. Otro grupo de ratas recibió soja no transgénica y un tercer grupo no recibió soja durante el mismo periodo. Según los resultados de Ermakova, el 36% de las crías del grupo alimentado con



soja sufrían de peso severamente inferior a lo normal, comparado con el 6% en los otros grupos, y a su vez eran más agresivas. Pero lo más alarmante fue que el 56% de las crías del grupo alimentado con soja transgénica murieron en las primeras tres semanas, comparadas con el 9% de las crías del grupo alimentado con soja normal, y con el 6,8% en el que no recibió soja.

Las afirmaciones de la Dra. Ermakova y de los grupos anti-transgénicos desafían la lógica, la credibilidad, y a la media docena de otros estudios controlados cuidadosamente en que no se producen tales resultados. Es un desafío a la lógica que la soja que se utiliza en todo el mundo para alimentación animal (81% de la producción mundial de soja es soja transgénica) podría producir resultados como los observados por Ermakova, sin que nadie haya notado ni reportado el problema. La composición y la fuente de la soja utilizada no son claras,



no se midió el consumo de soja de los animales, y la mantención de los animales no fue la adecuada, lo cual refleja una calidad científica insuficiente. Este trabajo nunca ha sido publicado en revista científica alguna, lo que sí ha ocurrido con los estudios que lo contradicen (Marshall 2007; Brake & Evanson 2004; Zhu et al. 2004; Cromwell et al. 2002; Teshima et al. 2000; Hammond et al. 1996).

■ **El caso de la detección de proteínas Bt en la sangre de mujeres:** Una publicación reciente (Aris & Leblanc 2011) afirma que detectaron la proteína Cry1Ab, la cual otorga resistencia a ciertos insectos (coleópteros) en los cultivos transgénicos que la contienen, en el 93% de las mujeres embarazadas y en el 69% de las mujeres no embarazadas que fueron evaluadas, y creen que esto está relacionado con el consumo de alimentos derivados de cultivos transgénicos. Como señalan los autores, esta sería la primera publicación que muestra la absorción y la detección positiva en sangre de humanos de la proteína Cry1Ab.

En mamíferos, la proteína Cry1Ab se degrada en el estómago. Si algún fragmento de la proteína Cry1Ab pasara hacia el flujo sanguíneo, su presencia sería en niveles considerablemente más bajos que los niveles reportados por el test utilizado en el estudio. El test utilizado, comercializado por Agdia, fue desarrollado para la detección en plantas de la proteína Cry1Ab y el fabricante indica un límite de detección de 0,25 ng/ml en extractos de hoja de maíz. Este test, ha permitido detectar proteína Cry1Ab en sangre de vacuno sólo hasta valores de 1 ng/ml (Paul et al. 2008), mientras que Aris y Leblanc afirman haber detectado concentraciones promedio más bajo que el límite de detección (0,19 ng/ml en la sangre de mujeres embarazadas; 0,13 ng/ml en la sangre de mujeres no embarazadas; 0,04ng/ml en el cordón umbilical de fetos).

Por otro lado, los autores no proporcionan ninguna evidencia de que los alimentos derivados de cultivos transgénicos hayan sido la fuente de la proteína. No se indica nada sobre la dieta de las personas que participaron

en el estudio, por lo que la afirmación de que la detección de Cry1Ab está vinculada a ingerir alimentos transgénicos es, en el mejor de los casos, especulativa. Varias formulaciones de insecticidas (ej. Dipel, Delfin, Xentari) contienen una mezcla de proteínas cristalizadas (incluyendo Cry1Ab) y esporas bacterianas que producen la proteína, las cuales se aplican en todo el mundo desde hace décadas en cultivos como el brócoli, coliflor, apio, melón, papas, espinacas, tomates, pepinos, nabos, uvas, kiwi, cítricos, paltas. Además, la agricultura orgánica tiene aprobado el uso de la proteína Cry1Ab en aerosoles, o también la aplicación directa de la bacteria que la produce, en cultivos de frutas y verduras, por lo que el origen de la proteína Cry1Ab podría ser también los productos orgánicos.



Ha habido algunos grupos y algunos medios de prensa que han indicado que esto es la prueba de que los alimentos derivados de cultivos GM no son seguros para el consumo humano. Sin embargo, hay que recalcar que el estudio de Aris y LeBlanc no encontró ningún problema de salud o de seguridad relacionados con el consumo de estos alimentos. La proteína Cry1Ab ha sido sometida a rigurosas evaluaciones de seguridad, y estas pruebas no han demostrado ni tampoco sugieren algún riesgo de toxicidad para los seres humanos (Okunuki et al. 2002; Nakajima et al. 2007; Xu et al. 2009; Guimaraes et al. 2010; Adel-Patient et al. 2011; Randhawa et al. 2011). Todas las mujeres (o fetos) que participaron en el estudio eran sanos y no presentaron efectos adversos o inesperados a la salud.



Referencias:

Adel-Patient K, Guimaraes VD, Paris A, Drumare MF, Ah-Leung S, Lamourette P, Nevers MC, Canlet C, Molina J, Bernard H, Créminon C, Wal JM. 2011. Immunological and metabolomic impacts of administration of Cry1Ab protein and MON 810 maize in mouse. *PLoS One*. 6(1):e16346.

AFFSA (L'Agence française de sécurité sanitaire des aliments). 2007. de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif à la récente étude publiée sur le maïs génétiquement modifié MON 863. *Dossier No.* 2007-SA-0109. <http://www.afssa.fr/Documents/BIOT2007sa0109.pdf>

Brake DG, Evenson DP. 2004. A generational study of glyphosate-tolerant soybeans on mouse fetal, postnatal, pubertal and adult testicular development. *Food Chem Toxicol*. 42(1): 29-36.

Brown NM, Setchell KD. 2001. Animal models impacted by phytoestrogens in commercial chow: implications for pathways influenced by hormones. *Lab Invest*. 81(5):735-747.

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) [Federal Institute for Risk Assessment]. 2007. 90-Tage-Studie an Ratten mit MON 863-Mais: Keine Hinweise auf gesundheitliches = [Risk of 90-Day Study on rats with MON 863 Maize: No Indication of a Health Risk]. Berlin. http://www.BfR.bund.de/cm/208/90_tage_studie_an_ratten_mit_mon863_mais.pdf

Cromwell GL, Lindemann MD, Randolph JH, Parker GR, Coffey RD, Laurent KM, Armstrong CL, Mikel WB, Stanisiewski EP, Hartnell GF. 2002. Soybean meal from Roundup Ready or conventional soybeans in diets for growing-finishing swine. *J Anim Sci*. 80(3):708-715.

De Vendômois JS, Roullier F, Cellier D, Séralini GE. 2009. A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health. *Int J Biol Sci*. 5(7):706-726.

European Food Safety Authority (EFSA). 2007. Statement of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on the analysis

Mito 5: Existen pruebas científicas en contra de los cultivos transgénicos y los alimentos derivados de éstos.

of data from a 90-day rat feeding study with MON 863 maize. http://www.efsa.europa.eu/cs/BlobServer/Statement/GMO_statement_MON863.pdf?ssbinary=true

Ewen SW, Pusztal A. 1999. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* 354(9187):1353-4.

Fedoroff NV, Brown NM. 2004. Mendel in the Kitchen: A Scientist's View of Genetically Modified Foods. Chapter 9. (NAS Joseph Henry Press: Washington, DC). <http://www.nap.edu/catalog/11000.html>

Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). 2007. Review of the report by Séralini et al., (2007): "New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity". <http://www.foodstandards.gov.au/scienceandeducation/publications/>

French High Council of Biotechnologies (HCB). 2009. Opinion relating to the deposition of 15 December 2009 by the Member of Parliament, François Grosdidier, as to the conclusions of the study entitled "A comparison of the effects of three GM corn varieties on mammalian health". <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/acnfp9612a2>

Guimaraes V, Drumare MF, Lereclus D, Gohar M, Lamourette P, Nevers MC, Vaisanen-Tunkelrott ML, Bernard H, Guillon B, Créminon C, Wal JM, Adel-Patient K. 2010. In vitro digestion of Cry1Ab proteins and analysis of the impact on their immunoreactivity. *J Agric Food Chem*. 58(5):3222-31.

Hammond BG, Vicini JL, Hartnell GF, Naylor MW, Knight CD, Robinson EH, Fuchs RL, Padgett SR. 1996. The feeding value of soybeans fed to rats, chickens, catfish and dairy cattle is not altered by genetic incorporation of glyphosate tolerance. *J Nutr*. 126(3):717-27.

Hammond B, Lemen J, Dudek R, Ward D, Jiang C, Nemeth M, Burns J. 2006. Results of a 90-day safety assurance study with rats fed grain from corn rootworm-protected corn. *Food Chem Toxicol*. 44(2):147-60.

Kulper HA, Noteborn HPJM, Peijnenburg ACM. 1999. Adequacy of methods for testing the safety of genetically modified foods. *Lancet* 354:1315-1316.

Malatesta M, Caporaloni C, Rossi L, Battistelli S, Rocchi MB, Tonucci F, Gazzanelli G. 2002. Ultrastructural analysis of pancreatic acinar cells from mice fed on genetically modified soybean. *J Anat*. 201(5):409-15.

Malatesta M, Boraldi F, Annovi G, Baldelli B, Battistelli S, Biggiogera M, Quaglino D. 2008. A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochem Cell Biol*. 130(5):967-77.

Marshall A. 2007. GM soybeans and health safety – a controversy reexamined. *Nat Biotechnol*. 25(9):981-987.

Nakajima O, Teshima R, Takagi K, Okunuki H, Sawada J. 2007. ELISA method for monitoring human serum IgE specific for Cry1Ab introduced into genetically modified corn. *Regul Toxicol Pharmacol*. 47(1):90-5.

Okunuki H, Teshima R, Shigeta T, Sakushima J, Akiyama H, Goda Y, Toyoda M, Sawada J. 2002. Increased digestibility of two products in genetically modified food (CP4-EPSPS and Cry1Ab) after preheating. *Shokuhin Eiseigaku Zasshi*. 43(2):68-73.

Randhawa GJ, Singh M, Grover M. 2011. Bioinformatic analysis for allergenicity assessment of *Bacillus thuringiensis* Cry proteins expressed in insect-resistant food crops. *Food Chem Toxicol*. 49(2):356-62.

Royal Society UK. 1999. Review of data on possible toxicity of GM potatoes. <http://royalsociety.org/Review-of-data-on-possible-toxicity-of-GM-potatoes/>

Séralini GE, Cellier D, de Vendomois JS. 2007. New analysis of a rat feeding study with a genetically modified maize reveals signs of hepatorenal toxicity. *Arch Environ Contam Toxicol*. 52(4):596-602.

Smith J. 2007. Genetic Roulette. The Documented Health Risks of

Genetically Engineered Foods. Chelsea Green, Yes! Books, EE.UU.

Teshima R, Akiyama H, Okunuki H, Sakushima JI, Goda Y, Onodera H, Sawada JI, Toyoda M. 2000. Effect of GM and non-GM soybeans on the immune system of BN rats and B10A mice. *J Food Hyg Soc Japan*. 41(3):188-193.

Thigpen JE, Setchell KD, Saunders HE, Haseman JK, Grant MG, Forsythe DB. 2004. Selecting the Appropriate Rodent Diet for Endocrine Disruptor Research and Testing Studies. *ILAR J*. 45(4):401-416.

Vecchio L, Cisterna B, Malatesta M, Martin TE, Biggiogera M. 2004. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *Eur J Histochem*. 48(4):448-54.

Xu W, Cao S, He X, Luo Y, Guo X, Yuan Y, Huang K. 2009. Safety assessment of Cry1Ab/Ac fusion protein. *Food Chem Toxicol*. 47(7):1459-65.

Zhu Y, Li D, Wang F, Yin J, Jin H. 2004. Nutritional assessment and fate of DNA of soybean meal from Roundup Ready or conventional soybeans using rats. *Arch Anim Nutr*. 58(4):295-310.

Mito 6

El glifosato, principal herbicida utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, es severamente tóxico para humanos.

Realidad

Los herbicidas utilizados en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, como el glifosato, son más amigables con el medio ambiente y menos tóxicos que los herbicidas utilizados en la agricultura tradicional.

Los herbicidas son productos químicos de naturaleza y toxicidad diversas. De acuerdo a esto, cada uno tiene sus propias especificaciones, recomendaciones de uso y precauciones, de acuerdo a su naturaleza. Bajo toda circunstancia, todo herbicida debe ser manipulado bajo buenas prácticas agrícolas, las cuales aseguran un uso seguro tanto para las personas, animales y el medioambiente. En este contexto, los herbicidas a base de glifosato, se encuentran entre los que presentan un perfil toxicológico más aceptable respecto de sus efectos sobre la salud y el ambiente.

El glifosato es un principio activo herbicida no selectivo que se usa para controlar las malezas que compiten o pueden llegar a competir con los cultivos por recursos como la luz, el agua y los nutrientes. El glifosato presenta un alto nivel de eficiencia cuando se lo compara con otros herbicidas, considerando el control total que puede ofrecer contra un amplio espectro de malezas.

El glifosato actúa inhibiendo específicamente la enzima 5-enolpiruvilsikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS), clave en las rutas metabólicas que llevan a la producción de aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tirosina y triptófano) en el metabolismo de las plantas. Los animales y los humanos no poseen esta vía metabólica, y es por esta razón que se explica la baja toxicidad del glifosato en animales.

En su uso normal, y siguiendo las recomendaciones de uso, el glifosato está clasificado en la Categoría de Menor Riesgo Toxicológico (Clase IV o Clase U), es decir, productos que normalmente no ofrecen peligro, según el criterio adoptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la FAO (OMS/FAO 2004).

Distintas formulaciones de glifosato se han utilizado comercialmente en agricultura en los últimos 36 años en todo el mundo (los cultivos transgénicos existen comercialmente hace 15 años), lo cual permite confirmar el historial de seguridad de este herbicida, ratificado por su aprobación en EEUU (EPA 2008) y la favorable evaluación

de riesgos realizada por la Comisión Europea para la Unión Europea (Comisión Europea 2002), donde no pueden donde no pueden autorizarse sustancias activas de productos fitosanitarios a menos que se haya probado científicamente antes que no producen efectos perjudiciales en los consumidores, los agricultores ni terceros, y que no provocan efectos inaceptables en el medio ambiente. En la actualidad, las formulaciones de glifosato se comercializan en más de 140 países del mundo.

Uno de los motivos de la gran aceptación que tiene el glifosato como herbicida es su baja toxicidad comparada con otros agroquímicos. Incluso, el glifosato y sus formulaciones como el Roundup son menos tóxicos que la aspirina o la cafeína al evaluar la dosis letal para el 50% de la población en experimentos con ratas (la dosis letal 50% (DL50) es el indicador de toxicidad aguda internacionalmente reconocido para cualquier producto). Mientras mayor la DL50, menor la toxicidad aguda de un compuesto determinado. Al comparar datos experimentales, la toxicidad aguda oral del glifosato (Roundup) es de 5.000 mg/kg de peso corporal, la de la aspirina es de 200 mg/kg y la de la cafeína 192 mg/kg (ver figura). Interpolando, para una persona de 70 Kg, 14 gramos de cafeína o de aspirina provocarían su muerte, mientras que haría falta 25 veces más (350 gramos) de glifosato (Roundup) para conseguir el mismo efecto.

Las autoridades regulatorias alrededor del mundo así como expertos independientes concuerdan en que el glifosato posee baja toxicidad aguda, no es genotóxico (no provoca daños ni cambios en el material genético), no es cancerígeno, no es teratogénico (no afecta el normal desarrollo embrionario; no provoca malformaciones), no es neurotóxico (no afecta el sistema nervioso), no tiene efectos sobre la reproducción, incluso a altas dosis. Esto se basa en cientos de estudios en modelos animales aceptados, con metodologías validadas y bajo buenas prácticas de laboratorio. Además, lo mismo se ha concluido para el AMPA (ácido aminoetilfosfónico), principal metabolito producido en la degradación natural del glifosato; para el surfactante POEA (polioxietilamina) utilizado en algunas formulaciones





comerciales (para mejorar la solubilidad y la penetración del glifosato en las plantas); y para formulaciones comerciales como el Roundup (OMS 1994; U.S. EPA, 1993; Comisión Europea 2002; Williams et al. 2000; OMS/FAO, 2004). Otros investigadores han reportado que no hay evidencia que relacione al glifosato como el agente causal de alguna enfermedad (Mink et al. 2011).

CANTIDAD DE HERBICIDAS, SEGÚN SU TOXICIDAD, UTILIZADOS EN ARGENTINA PARA PRODUCCIÓN DE SOJA TRANSGÉNICA Y CONVENCIONAL (Elaborado a partir de Trigo & Cap 2006).

	Soja Convencional	Soja Tolerante a Glifosato	Porcentaje de cambio
Herbicida total utilizado (l/ha)	2,68	5,57	+107,8
Herbicidas de toxicidad clase II (l/ha)	0,42	0,07	-83,3
Herbicidas de toxicidad clase III (l/ha)	0,68	0,00	-100,0
Herbicidas de toxicidad clase IV (l/ha)	1,58	5,50	+248,1



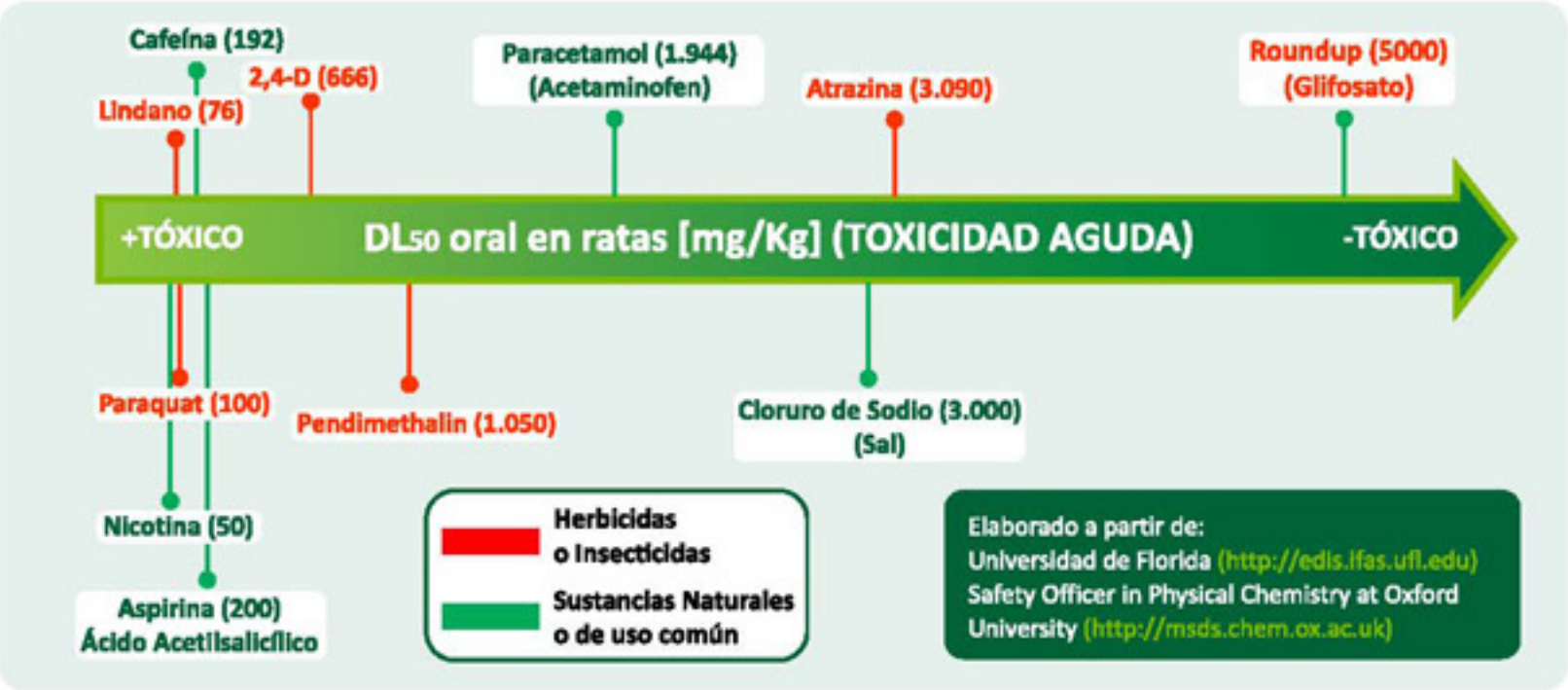
Por su parte, el glifosato y la formulación comercial Roundup no son dañinos para los microorganismos del suelo (Ratcliff et al. 2006), ni tampoco para insectos, mamíferos, aves o peces (Giesy et al. 2000). El glifosato es retenido y se degrada naturalmente en el suelo después de su aplicación, sin contaminar las napas subterráneas (EPA 1993).

Un punto destacable, es que el uso de un herbicida más amigable con el medio ambiente como el glifosato (herbicida de toxicidad clase IV) en los cultivos transgénicos ha permitido reducir una cantidad considerable de herbicidas más tóxicos utilizados en la agricultura (herbicidas de toxicidad clase II y III). Como ejemplo de esta situación está lo ocurrido en Argentina donde producto del uso de la soja transgénica resistente a glifosato se ha reducido significativamente el uso de sustancias muy tóxicas y ha hecho de esta actividad una actividad más sustentable (Trigo & Cap 2006) (ver recuadro).

Sin embargo, algunos grupos insisten en que el glifosato es extremadamente tóxico. Por ejemplo, un estudio publicado por un grupo argentino liderado por el Dr. Andrés Carrasco indica que el glifosato inhibe el desarrollo fetal en embriones de ranas y pollos y que por eso hay que prohibirlo (Paganelli et al. 2010). Hay que tener en cuenta que los resultados informados en este trabajo fueron generados bajo condiciones experimentales que están muy alejadas de la realidad; en ambientes naturales, la vía de exposición para anfibios es el agua y para los pájaros, es a través de la alimentación, no mediante inyección directa a los embriones, que es como lo hicieron. Para mencionar un caso similar, otros investigadores ensayaron de la misma manera los efectos de toxicidad de la cafeína, y también observaron malformaciones en embriones de pollo (Kobayashi et al. 1995). Claramente el diseño experimental no es el más adecuado.



Mito 6: El glifosato, principal herbicida utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, es severamente tóxico para humanos.



En general, todas las publicaciones que intentan sugerir efectos adversos del glifosato sobre animales o humanos han sido desestimadas por distintas agencias regulatorias y científicos, por utilizar sistemas experimentales in vitro no validados, e inapropiados, que han generado resultados irrelevantes para la evaluación de riesgos sobre la salud humana (Williams et al. 2000; Comisión Europea 2002; AFSSA 2009; APV-MA 2010; Health Canada 2009; EPA 2009; Saltniras et al. 2011; Mulet 2011).

Referencias:

AFSSA. 2009. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif au glyphosate et aux préparations phytopharmaceutiques à base de cette substance active, Afssa-saisine no 2008-SA-0034-Glyphosate. le 26 mars 2009. <http://www.afssa.fr/Documents/DIVE2008sa0034.pdf>

Australian Pesticides and Veterinary Medicine Authority. 2010. Glyphosate is being reviewed in the United States and Canada. Is it still safe to use? 31 Aug. 2010. http://www.apvma.gov.au/news_media/community/201013_glyphosate_au.php

Health Canada. 2009. Information note: request for a special review of glyphosate herbicides containing polyethoxylated tallowamine. http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/pdf/pubs/pest/_fact-fiche/glyphosate-Herbicides-glyphosate-eng.pdf

US EPA 2009. Public comments regarding the Health Effects Division's (HED's) human health assessment scoping document in support of registration review of 3-Jun-2009. HED's response to public comments. EPA-HQ-OPP-2009-0361-0041. <http://www.regulations.gov/search/Regs/home.html#dock&Detail?R=EPA-HQ-OPP-2009-0361>

Comisión Europea. 2002. Review report for the active substance glyphosate. Directive 6511/VI/99, Jan 21. http://ec.europa.eu/food/plant/protection/evaluation/exist-active/list1_glyphosate_en.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). 2008. Federal Register: Rules and Regulations. 73(2331):73586-92.

Giesy JP, Dobson S, Solomon KR. 2000. Ecotoxicological Risk Assessment for Roundup Herbicide. *Rev Environ Contam Toxicol*. 167:35-120.

Kobayashi T, Nishida A, Kurokawa A, Ariyuki F. 1995. Cardiovascular Malformations Induced by Caffeine and Phenobarbital in Chick Embryos. *AATX* 3(1):17-27.

Mink PJ, Mandel JS, Lundin JI, Scurman BK. 2011. Epidemiologic studies of glyphosate and non-cancer health outcomes: A review. *Regul Toxicol Pharmacol*. 61(2):172-84.

Mulet JM. 2011. Letter to the editor regarding the article by Paganelli et al. *Chem Res Toxicol*. 24(5):609.

Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, López SL, Carrasco AE. 2010. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chem Res Toxicol*. 23(10):1586-1595.

Saltniras D, Bus JS, Spanogle T, Hauswirth J, Tobia A, Hill S. 2011. Letter to the editor regarding the article by Paganelli et al. *Chem Res Toxicol*. 24(5):607-8.

Organización Mundial de la Salud (OMS)/Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2004. Pesticides residues in food. Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues (JMPR). Rome, Italy, 20-29 September 2004. http://www.fao.org/ag/agp/agpp/Pesticid/JMPR/DOWNLOAD/2004_rep/report2004jmpr.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1994. Environmental Health Criteria 159: Glyphosate. Geneva, Switzerland. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc159.htm>

US EPA. 1993. ReRegistration Decision Fact Sheet for Glyphosate (EPA-738-F-93-011). <http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/0178fact.pdf>

Ratcliff AW, Busse MD, Shestak CJ. 2006. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils. *Appl Soil Ecol*. 34(2-3):114-124.

Williams GM, Kroes R, Munro IC. 2000. Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans. *Regul Toxicol Pharmacol*. 31(2):117-165.

Mito 7

Los cultivos transgénicos aumentan la resistencia a los antibióticos.

Realidad

Las investigaciones sobre la posibilidad del desarrollo de bacterias resistentes a antibióticos en el hombre a partir de genes que confieren resistencia a antibióticos, utilizados con el fin de confirmar que una modificación genética fue exitosa, han demostrado la imposibilidad práctica de un intercambio tal.



En la producción de algunas plantas transgénicas se han utilizado genes que confieren resistencia a antibióticos (como la kanamicina) para seleccionar las células vegetales y las plantas que han incorporado la modificación genética de forma exitosa. El posible uso de estas plantas resistentes a antibióticos en la alimentación ha planteado dudas sobre si el gen de resistencia puede ser transferido a las poblaciones de bacterias que conviven con los seres humanos en el sistema digestivo. Sin embargo, la probabilidad de que esto ocurra es infinitamente pequeña debido a que es necesario que tengan lugar en el estómago e intestino una serie de sucesos altamente improbables, como por ejemplo, que el gen de resistencia no se degrade junto con el resto de genes presentes en la comida consumida, y que se incorpore en una bacteria donde éste funcione correctamente (Royal Society 2008). El grupo de trabajo de la Sociedad británica para la quimioterapia antimicrobiana informó que "no se ha podido encontrar base científica para creer que los genes de la resistencia bacteriana a los antibióticos pueden migrar a las bacterias para crear nuevos problemas clínicos" (Bennett 2004).

Múltiples estudios han examinado cuidadosa y sistemáticamente la seguridad de las proteínas y los genes específicos asociados a la resistencia a antibióticos, junto con la probabilidad de que la transferencia horizontal de genes ocurra realmente y se ha confirmado la seguridad de éstos y la improbabilidad de que ocurra dicha transferencia de genes (Fuchs et al., 1993; Nielsen et al., 1997; Jonas et al., 2001; Chambers et al., 2002; Goldstein et al., 2005; Demanéche et al., 2008; Gay & Gillespie 2005; Batista & Oliveira 2009).

Por su parte, los genes de resistencia a kanamicina y a antibióticos relacionados, los cuales han sido utilizados en el desarrollo de algunos cultivos transgénicos, están ampliamente distribuidos en la naturaleza de forma natural, incluso en la flora del intestino humano, donde se estima que se encuentran alrededor de 1 billón (10^{12}) de bacterias resistentes a kanamicina (o neomicina) (Flavell et al., 1992).

Hoy en día, gracias a los avances de la industria biotecnológica, se utilizan otros genes distintos a los de resistencia a antibióticos para determinar si una modificación genética fue exitosa o no. Por ejemplo, se utilizan marcadores como la resistencia a herbicidas (EPSPS = Roundup Ready, PAT = Liberty Link, etc.) (Herouet et al., 2005; Herouet-Guicheney et al., 2009), fosfomana isomerasa (Reed et al., 2001) o D-serina deshidratasa (Erickson et al., 2005). Todos estos marcadores son proteínas que no son tóxicas y tampoco presentan características relacionadas a alérgenos alimentarios. Además, una creciente proporción de los cultivos transgénicos de reciente desarrollo carecen de marcadores de selección.

Debido a todo lo mencionado, las preocupaciones por el uso de los genes de resistencia a antibióticos poseen una base de sustentación cada vez menor.

Referencias:

Bennett PM, Livesey CT, Nathwani D, Reeves DS, Saunders JR, Wise R. 2004. An assessment of the risks associated with the use of antibiotic resistance genes in genetically modified plants: report of the Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. *J Antimicrob Chemother.* 53(3):418–431.

Batista R, Oliveira MM. 2009. Facts and fiction of genetically engineered food. *Trends Biotechnol.* 27(5):277–286.

Chambers PA, Duggan PS, Heritage J, Forbes JM. 2002. Fate of antibiotic resistance marker genes in transgenic plant feed material fed to chickens. *J Antimicrob Chemother.* 49(1):161–164.

Demanéche S, Sanguin H, Poté J, Navarro E, Bernillon D, Mavingui P, Wildi W, Vogel TM, Simonet P. 2008. Antibiotic-resistant soil bacteria in transgenic plant fields. *Proc Natl Acad Sci USA.* 105(10):3957–62.

Erickson O, Hertzberg M, Torgny N. 2005. The *dsdA* gene from *Escherichia coli* provides a novel selectable marker for plant transformation. *Plant Mol Biol.* 57:425–433.

Flavell RB, Dart E, Fuchs RL, Fraley RT. 1992. Selectable marker genes: Safe for plants? *Biotechnology* (NY). 10(2):141–144.

Fuchs RL, Ream JE, Hammond BG, Naylor MW, Leimgruber RM, Berberich SA. 1993. Safety Assessment of the neomycin phosphotransferase II (NPTII) protein. *Biotechnology* (NY). 11(13):1543–1547.

Gay PB, Gillespie SH. 2005. Antibiotic resistance markers in genetically modified plants: a risk to human health? *Lancet Infect Dis.* 5(10):637–646.

Goldstein D, Tinland B, Gilbertson L, Staub J, Bannon G, Goodman R, McCoy R, Silvanovich A. 2005. A review – human safety and genetically modified plants – a review of antibiotic resistance markers and future transformation selection technologies. *J Applied Microbiol.* 99(1):7–23.

Herouet C, Esdaile DJ, Mallyon BA, Debruyne E, Schulz A, Currier T, Hendrickx K, van der Klis RJ, Rouan D. 2005. Safety evaluation of the phosphinothricin acetyltransferase proteins encoded by the *pat* and *bar* sequences that confer tolerance to glufosinate-ammonium herbicide in transgenic plants. *Reg Tox Pharmacol.* 41(2):134–149.

Herouet-Guicheney C, Rouquié D, Freyssinet M, Currier T, Martone A, Zhou J, Bates EE, Ferullo JM, Hendrickx K, Rouan D. 2009. Safety evaluation of the double mutant 5-enol pyruvylshikimate-3-phosphate synthase (2mEPSPS) from maize that confers tolerance to glyphosate herbicide in transgenic plants. *Regul Toxicol Pharmacol.* 54(2):143–53.

Jonas DA, Elmadfa I, Engel KH, Heller KJ, Kozianowski G, König A, Müller D, Narbonne JR, Wackernagel W, Kleiner J. 2001. Safety considerations of DNA in food. *Ann Nutr Metab.* 45(6):235–254.

Nielsen KM, Gebbard F, Smalla K, Bones AM, van Elsas JD. 1997. Evaluation of possible horizontal gene transfer from transgenic plants to the soil bacterium *Acinetobacter calcoaceticus* BD413. *Theor Appl Genet.* 95:815–821.

Reed J, Privalle L, Powell ML, Meghji M, Dawson J, Dunder E, Suttie J, Wenck A, Launis K, Kramer C, Chang YF, Hansen G, Wright M. 2001. Phosphomannose isomerase: an efficient selectable marker for plant transformation. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 37:127–132.

Royal Society 1998. Genetically Modified Plants for Food Use. Policy Document 2/98. The Royal Society, London. <http://royalsociety.org/Genetically-Modified-Plants-for-Food-Use>

Mito 8

Los cultivos transgénicos no aportan ventajas medioambientales.

Realidad

Los cultivos transgénicos han contribuido positivamente en hacer de la agricultura una actividad más sustentable y amigable con el medio ambiente.



La biotecnología es un elemento clave para el desarrollo de la agricultura sustentable. La agricultura convencional ha causado severos impactos ambientales y su huella ecológica puede reducirse utilizando la biotecnología. Entre los progresos realizados hasta la fecha se incluye una notable reducción de los plaguicidas en comparación a la agricultura convencional, el ahorro de combustibles fósiles, el descenso de las emisiones de CO₂ reduciendo o eliminando el arado, y la conservación del suelo y de la humedad optimizando las prácticas agrícolas sin labranza mediante la aplicación de la tolerancia a herbicidas.

■ **Reducción en la aplicación de insecticidas/plaguicidas.** La reducción del consumo de plaguicidas acumulada entre 1996 y 2009 se cifra en 393 millones de kilogramos (kg) de principio activo, un ahorro del 9 %, que equivale a una reducción del 17 % del impacto ambiental provocado por la aplicación de plaguicidas (Brooks & Barfoot 2011).

■ **Reducción de la erosión y retención de agua del suelo.** Aquellos cultivos transgénicos que tienen la característica de ser tolerantes a herbicidas (HT), optimizan las prácticas agrícolas y así facilitan la adopción de sistemas de producción que minimizan o llevan a cero la necesidad del arado como la cero labranza, lo que conlleva a una reducción de la erosión y a la retención de agua del suelo (Ammann 2005, James 2010, Brooks & Barfoot 2011).

■ **Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.** Los cultivos transgénicos pueden contribuir a reducir los gases de efecto invernadero y frenar el cambio climático. Esto se explica por dos motivos. Primero, el descenso permanente de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), asociado con la reducción del consumo de combustibles fósiles como consecuencia del menor número de aplicaciones de insecticidas y herbicidas. En 2009 por esta causa se evitó la emisión a la atmósfera de 1.409 millones de kilos de CO₂ (a partir de 512 millones de litros menos de combustible utilizado). Segundo, el empleo de métodos de mínima o cero labranza con cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas permite que el CO₂ acumulado en los suelos no se libere a la atmósfera al no remover los suelos. Esto evitó en 2009 la emisión de otros 16.260 millones de kilos de CO₂. En total, la reducción combinada de emisiones equivale al secuestro aproximado de 18.000 millones de kilos de CO₂ o a sacar de las carreteras por un año 8 millones de vehículos (James, 2010; Brooks & Barfoot 2011). Como referencia, según el Instituto Nacional de Estadística (INE 2010), el 2009 el parque de vehículos motorizados en circulación en Chile, considerando catalíticos y no catalíticos, alcanzó los 3.068.220 y en Santiago llegó a 1.306.140 automóviles.

■ **Conservación de la biodiversidad.** Debido que los cultivos transgénicos economizan suelo y permiten aumentar la productividad de las tierras de cultivo, éstos contribuyen a conservar la biodiversidad (Carpenter 2011). Así se previene la deforestación y se protege la biodiversidad de los bosques y de otros refugios animales. Todos los años, los países en desarrollo pierden unos 13 millones de hectáreas de bosques tropicales ricos en biodiversidad. Si entre 1996 y 2009 no se hubieran producido 229 millones de toneladas de alimentos, forrajes y fibra adicionales gracias a los cultivos transgénicos, hubieran hecho falta otros 75 millones de hectáreas de cultivos convencionales para producir el mismo tonelaje. Es muy probable que parte de esos 75 millones de hectáreas hubieran sido suelos marginales frágiles, no adecuadas para la producción agrícola, que hubieran tenido que ser trabajadas, así como bosques tropicales, ricos en biodiversidad, que hubieran tenido que ser talados (Brooks & Barfoot 2011).

Referencias:

Ammann K. 2005. Effects of biotechnology on biodiversity: herbicide-tolerant and insect-resistant GM crops. *Trends Biotechnol.* 23(8):388-94.

Brookes G, Barfoot P. 2011. GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2009. PG Economics Ltd. Dorchester, UK.

www.pgeconomics.co.uk/pdf/2011globalimpactstudy.pdf

Carpenter JE. 2011. Impact of GM crops on biodiversity. *GM Crop.* 2(1):7-23.

Instituto Nacional de Estadística (INE) 2010. Parque de Vehículos en Circulación 2009.

http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/14_05_10/completa_vehiculos_14_05_10.pdf

James C. 2010. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2010. ISAAA Resumen Ejecutivo n°42.

<http://www.isaaa.org/>

Mito 9

Los cultivos transgénicos amenazan la biodiversidad.

Realidad

Los cultivos transgénicos no presentan riesgos distintos para el medio ambiente que los cultivos convencionales. Además, los cultivos transgénicos son más productivos y así contribuyen positivamente a la biodiversidad al reducir las necesidades de pesticidas, incrementando la producción de alimentos sin aumentar las superficies de cultivo.

Según el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, Biodiversidad es la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende los niveles: i) Genética o diversidad intraespecífica, la cual se refiere a la diversidad de versiones de genes (alelos) y de su distribución; ii) Específica, relacionada a la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas que distinguen a las especies, y; iii) Ecosistémica, referida a la diversidad de las comunidades biológicas.

Es de conocimiento público que la agricultura convencional actual afecta la biodiversidad de los ecosistemas, tanto por la enorme extensión de los cultivos que limitan el espacio de desarrollo natural de los ecosistemas como por el uso de pesticidas que reducen la biodiversidad de la fauna, de la flora y de los microorganismos del suelo (Sanvido et al. 2007).

Como alternativa a esto, el uso de cultivos transgénicos, los cuales son más productivos (Carpenter 2010) y requieren una menor cantidad de pesticidas para su producción (Brookes & Barfoot 2011), contribuye positivamente a la conservación de la biodiversidad ya que permite reducir la cantidad de ecosistemas afectados por la agricultura al producir más en una misma superficie, y reduce la pérdida de especies de los ecosistemas al disminuir las necesidades de tratamientos con pesticidas poco amigables con el medio ambiente.

En relación a los cultivos transgénicos resistentes a insectos, conocidos como cultivos Bt, que tienen la propiedad de resistir el ataque de ciertos insectos y por ende no es necesario aplicar insecticidas a gran escala, se ha concluido que no generan efectos adversos sobre la abundancia otros insectos (no plaga) y tampoco generan efectos considerables a nivel de cadenas tróficas en comparación a la agricultura convencional (O'Callaghan et al. 2005; Romeis et al., 2006; Marvier et al. 2007; Carpenter 2011).



En particular, un trabajo científico analizó los resultados de 25 estudios de laboratorios que habían evaluado el impacto de los cultivos Bt sobre abejas melíferas y concluyó que los cultivos transgénicos resistentes a insectos no tenían efectos negativos sobre las abejas (Duann et al. 2008).

En general, los estudios realizados con cultivos transgénicos resistentes a insectos en laboratorios muestran efectos adversos que en estudios de campo no se dan. Esto debido principalmente a que en algunos estudios en laboratorio se han utilizado insectos que en la realidad no están expuestos a los cultivos Bt y/o frecuentemente se utilizan concentraciones de proteínas Bt mucho mayores que lo presentan los cultivos Bt (Naranjo 2009; Carpenter 2011).



Por otra parte, y en relación los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, un estudio de 10 años de duración encontró que éstos no sobreviven bien en un entorno natural y no es probable que puedan invadir otros hábitats que no sean plantas cultivadas de peor calidad. Las plantas no mostraron capacidad de reproducción autónoma, ni de auto-mantenimiento y no se extendieron en el área circundante (Crawley 2001).

No existen argumentos científicos convincentes que indiquen que los cultivos transgénicos sean por su naturaleza, diferentes a los cultivos no transgénicos (Dale 2002). El proyecto BRIGHT, estudio británico a largo plazo sobre el impacto de los cultivos transgénicos resistentes a herbicidas, confirmó que éstos poseen los mismos riesgos que los cultivos convencionales para la conservación de la biodiversidad (Sweet 2004).



En Europa, la Comisión Europea en base a 130 proyectos de investigación, cubriendo un periodo de tiempo de 25 años, e involucrando 500 grupos científicos independientes, concluyó que los cultivos transgénicos no presentan riesgos distintos para el medio ambiente y la biodiversidad que los cultivos tradicionales (Comisión Europea 2010).

Por su parte, el cruzamiento entre variedades y la generación de tolerancia a herbicidas son fenómenos ampliamente conocidos en la agricultura que anteceden al desarrollo de la biotecnología. De forma previa a la comercialización de los cultivos transgénicos a mediados de los años 90, habían sido oficialmente documentados 180 casos probados en 42 países de malezas que habían adquirido resistencia a distintos tipos de herbicidas (que anteriormente habían sido controladas con dichos herbicidas) (ASA, 2005). Para impedir tal adaptación natural de las poblaciones de malezas hasta adquirir la resistencia a los herbicidas utilizados, los agricultores necesitan utilizar varios herbicidas diferentes (con diferentes mecanismos de acción) aplicándolos de forma secuencial a sus cultivos.



No existe ningún sustento técnico ni científico que indique que los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas o resistentes a insectos, en desarrollo o ya comercializados, afecten negativamente la biodiversidad, o que sean o puedan llegar a ser más difíciles de controlar, o que puedan provocar la aparición de malezas más difíciles de controlar.

Referencias:

- American Soybean Association (ASA) 2005.** Deshaciendo los mitos: verdades sobre la biotecnología agraria y la alimentación biotecnológica. <http://www.agrobio.org/documents/MitosRealidades/Deshaciendo%20los%20mitos.pdf>
- Brookes G, Barfoot P. 2011.** GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2009. PG Economics Ltd. Dorchester, UK. <http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/2011globalimpactstudy.pdf>
- Carpenter JE. 2010.** Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat Biotechnol.* 28(4):319-21.

Carpenter JE. 2011. Impact of GM crops on biodiversity. *GM Crop.* 2(1):7-23.

Comisión Europea 2010. A decade of EU-funded GMO research (2001-2010). http://ec.europa.eu/research/biosociety/library/brochures_reports_en.htm

Crawley MJ, Brown SL, Hails RS, Kohn DD, Rees M. 2001. Transgenic crops in natural habitats. *Nature.* 409(6821):682-683.

Dale PJ, Clarke B, Fontes EM. 2002. Potential for the environmental impact of transgenic crops. *Nat Biotechnol.* 20(6):567-74.

Duan JJ, Marvier M, Huesing J, Dively G, Huang ZY. 2008. A meta-analysis of effects of Bt crops on honey bees (Hymenoptera: Apidae). *PLoS One.* 3(1):e1415.

Marvier M, McCreedy C, Regetz J, Kareiva P. 2007. A meta-analysis of effects of Bt cotton and maize on nontarget invertebrates. *Science.* 316(5830):1475-1477.

Naranjo SE. 2009. Impacts of Bt crops on non-target invertebrates and insecticide use patterns. *CAB Reviews: PAVSNNR* 4(11):1-23.

O'Callaghan M, Glare TR, Burgess EP, Malone LA. 2005. Effects of plants genetically modified for insect resistance on nontarget organisms. *Annu Rev Entomol.* 50:271-92.

Romeis J, Meissle M, Bigler F. 2006. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. *Nat Biotechnol.* 24(1):63-71.

Sanvido O, Romeis J, Bigler F. 2007. Ecological impacts of genetically modified crops: ten years of field research and commercial cultivation. *Adv Biochem Eng Biotechnol.* 107:235-78.

Sweet J, Simpson E, Law J, Lutman P, Berry K, Payne R, Champion G, May M, Walker K, Wightman P, Lainsbury M. 2004. Botanical and rotational implications of genetically modified herbicide tolerance in winter oilseed rape and sugar beet (BRIGHT Project). HGCA Project Report 353 (UK). <http://www.hgca.com>

Mito 10

El glifosato utilizado en los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas es la causa de la generación de malezas tolerantes a glifosato

Realidad

El glifosato se utiliza en la agricultura hace más de 35 años y los cultivos transgénicos existen sólo hace 15 años. En la actualidad existen 21 especies vegetales tolerantes a glifosato de las cuales 12 se detectaron por primera vez en cultivos convencionales y 9 en cultivos transgénicos.



Ningún herbicida crea por sí mismo la tolerancia a glifosato en cultivos ni en malezas. En el caso de los cultivos transgénicos, la tolerancia al glifosato se logró a través de la ingeniería genética movilizándolo el gen *cp4* desde la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, cuya proteína EPSPS es capaz de iniciar la metabolización del glifosato.

No hay ninguna evidencia de alguna planta, vegetal o maleza que sea naturalmente tolerante al glifosato y que posea el gen *cp4*. Es decir, no ha ocurrido transferencia horizontal del gen *cp4* desde un cultivo transgénico tolerante a glifosato a alguna maleza u otro vegetal (Duke & Powles 2008).

Por su parte, la tolerancia de ciertas malezas al glifosato generalmente responde a un uso inadecuado del herbicida, que incluye la aplicación reiterada de éste, el uso de dosis de herbicidas inadecuadas o inferiores a las recomendaciones técnicas y su utilización como único herbicida.

Hay que reiterar que el glifosato se utiliza en la agricultura desde el año 1974 (los cultivos transgénicos aparecieron el 1996), y en la actualidad las formulaciones de glifosato se comercializan en más de 140 países del mundo (sólo 29 países producían cultivos transgénicos el 2010). La gran aceptación del glifosato se debe a que este es más amigable con el medio ambiente y menos tóxico que los herbicidas utilizados en la agricultura tradicional.

La aparición de una maleza tolerante a un herbicida es un fenómeno natural que no depende del tipo de cultivo sembrado ni de la aplicación de un determinado herbicida. Una mutación al azar en el ADN de una especie de maleza puede determinar la aparición de un individuo que, casualmente, podría tolerar un herbicida, aunque ese herbicida nunca se hubiera utilizado. Si eso sucediera, la utilización de ese herbicida en una forma no adecuada para la nueva situación (uso en grandes cantidades por ejemplo), podría seleccionar a ese individuo

tolerante frente a los demás individuos susceptibles de la misma población.

En la actualidad existen 21 especies vegetales tolerantes a glifosato de las cuales 12 se detectaron por primera vez en cultivos convencionales y 9 en cultivos transgénicos (ver figura) (Elaborado a partir de Ian Heap weedsciences 2011). Así, la generación de malezas tolerantes a glifosato no depende de si éste se aplica o no a cultivos transgénicos, sino depende de cómo se utilice y las buenas prácticas agrícolas (dosis, número de dosis, rotación con otros herbicidas, etc.)

Ni la aparición de una maleza tolerante a un herbicida ni su selección representan algo nuevo o

desconocido: muchos herbicidas utilizados actualmente llevan seleccionadas varias decenas de malezas tolerantes en todo el mundo. Para evitar la selección de malezas resistentes a glifosato es necesaria la utilización adecuada del herbicida, única forma de preservar la posibilidad de seguir logrando un completo control de las malezas con este herbicida.

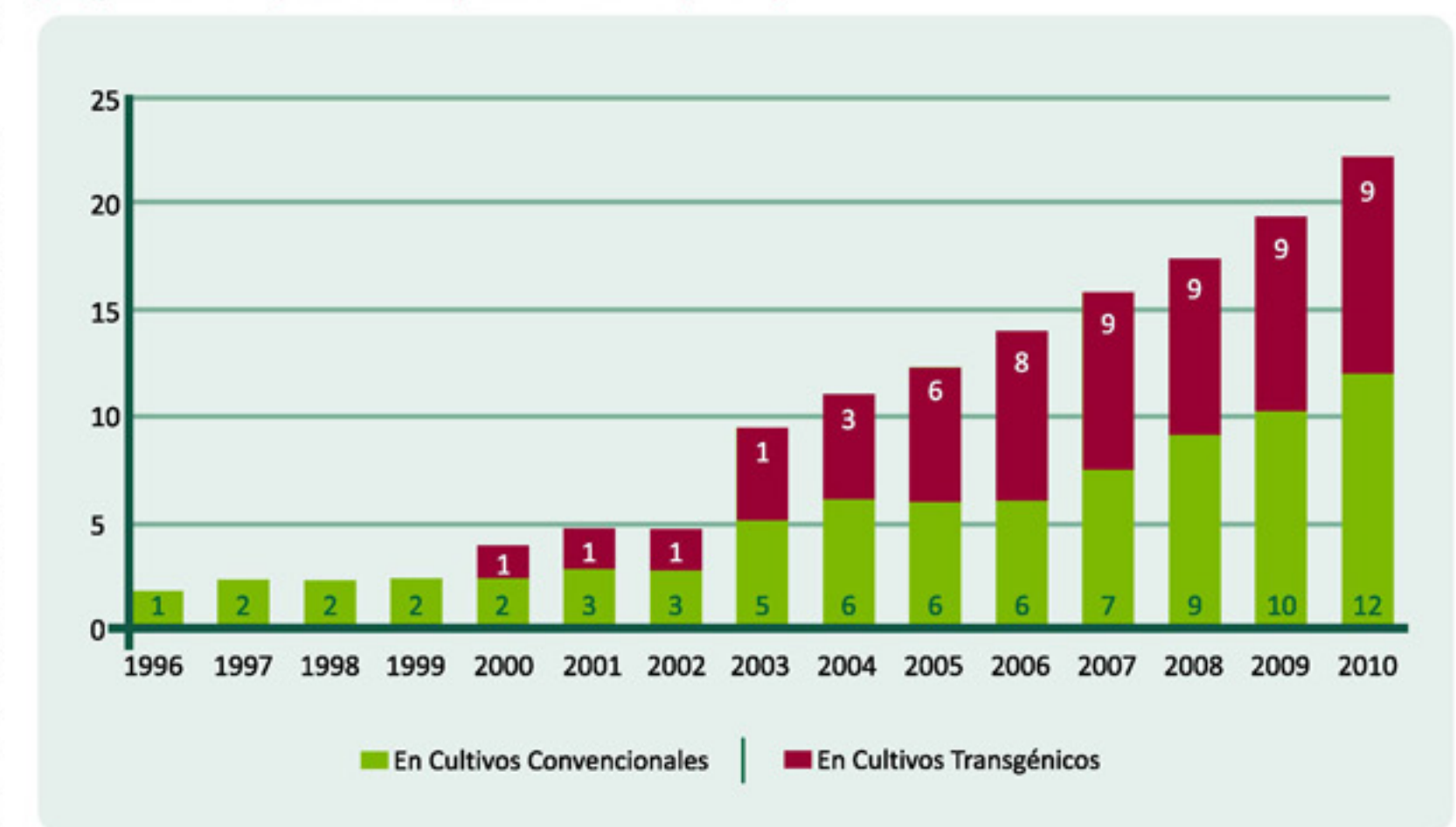
Referencias:

Duke SO, Powles SB. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Manag Sci.* 64(4):319-25.

Ian Heap 2011. International Survey of Herbicide Resistant Weeds.

<http://www.weedscience.org>

N° de especies de malezas resistentes a glifosato según tipo de cultivo en que fueron detectadas por primera vez. (Elaborado a partir de Ian Heap 2011).



Mito 11

La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no representan un beneficio económico para los agricultores que los utilizan.

Realidad

La biotecnología ha transformado la agricultura mundial, reduciendo los costos de producción, aumentando la productividad y reduciendo el uso de pesticidas, lo que ha generado importantes beneficios económicos para los agricultores.

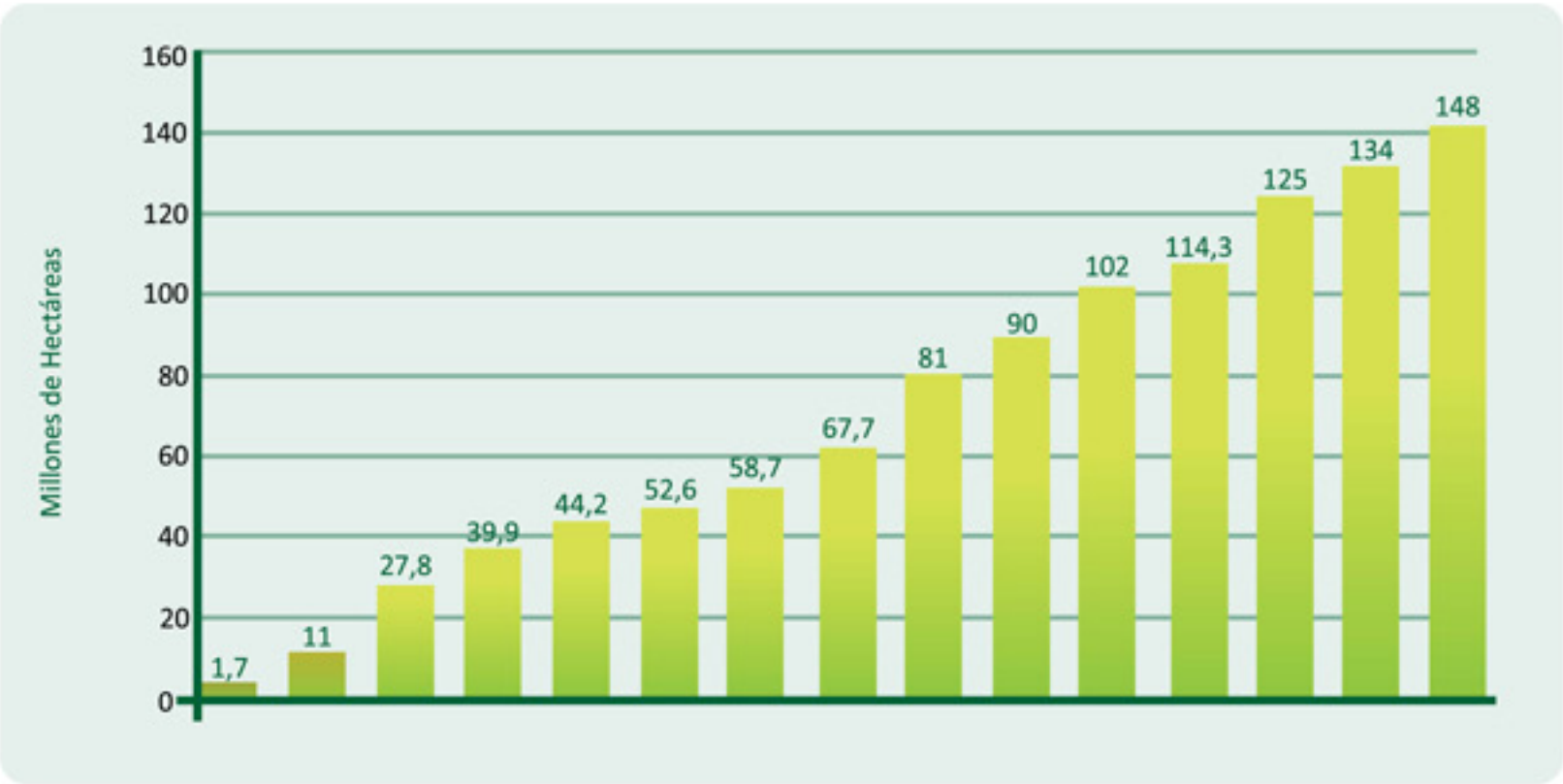


Para una tecnología que se supone presenta un impacto económico negativo, según sus detractores, los agricultores a nivel mundial se han mostrado muy entusiasmados con su aplicación. Desde 1996, año en que estuvieron disponibles comercialmente los cultivos transgénicos, la extensión de las plantaciones de éstos ha aumentado considerablemente a tasas superiores al 10% anual, alcanzando unas 150 millones de hectáreas en 2010 y logrando una superficie acumulada de más de 1.000 millones de hectáreas entre 1996 y 2010 (ver figura) (James 2010). Como marco de referencia, el principal cultivo en Chile, el trigo, alcanza unas 282.000 hectáreas cultivadas aproximadamente por año, y el maíz unas 128.000 hectáreas aprox. (Cotriza 2011).

En 2010, 29 países produjeron cultivos transgénicos, de los cuales 10 corresponden a países de América Latina. Los mayores productores en el mundo son (en paréntesis los millones de hectáreas): Estados Unidos (67), Brasil (25), Argentina (23), India (9), Canadá (9), China (4), Paraguay (3), Pakistán (2), Sudáfrica (2), Uruguay (1) y Bolivia (1). La lista se completa con otros 18 países que también los cultivaron: Australia, Filipinas, Myanmar, Burkina Faso, España, México, Colombia, Chile (solamente producción de semillas), Honduras, Portugal, República Checa, Polonia, Egipto, Eslovaquia, Costa Rica, Rumania, Suecia y Alemania.

La rápida aceptación de la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no es atribuible al entusiasmo ciego de los agricultores. La razón más natural es estos cultivos les han permitido aumentar la productividad y reducir los costos de producción, esto último debido a que se utilizan menos insumos (James 2010; Brookes & Barfoot 2011).

SUPERFICIE MUNDIAL CON CULTIVOS TRANSGÉNICOS (Elaborado a partir de James 2010).



La creciente evidencia muestra que la biotecnología agrícola ha beneficiado a los agricultores, especialmente en los países en vías de desarrollo, mejorando los rendimientos de los cultivos y las ganancias económicas. Como ejemplo, 49 publicaciones científicas dan cuenta de 168 encuestas realizadas a cientos de agricultores alrededor del mundo, donde un 74% de estas indica un impacto positivo sobre los rendimientos y un 72% señala un impacto positivo de los cultivos GM en los resultados económicos de los agricultores (Carpenter 2010).

Los cultivos transgénicos han proporcionado beneficios económicos valorados en aproximadamente US\$ 65.000 millones entre 1996 y 2009. Esto, considerando sólo los seis cultivos transgénicos más importantes (soja, maíz, algodón y canola tolerantes a herbicidas; maíz y algodón resistentes a insectos). Para los países pertenecientes al continente americano, los beneficios económicos valorados entre 1996 y 2009 fueron por sobre

los US\$ 47.000 millones (ver recuadro). Del total de los beneficios económicos generados a nivel global, el 44% se debió a la reducción de los costos de producción (menos uso de arado, menos aplicación de plaguicidas y menos volumen de trabajo) y el 56% a los aumentos de productividad, cifrados en 229 millones de toneladas. Sólo en 2009, las explotaciones agrícolas incrementaron sus beneficios económicos en cerca de US\$ 10.700 millones. De estos, un 25% se debieron a la reducción de los costos de producción (menos arado, menos aplicación de plaguicidas y menos volumen de trabajo) y un 75% a los aumentos de productividad, cifrados en 41,7 millones de toneladas (Brookes & Barfoot 2011).

En relación a los costos de producción, en la mayoría de los casos revisados el aumento de los costos de las semillas (incluyendo el pago por el uso de la tecnología) se ve contrarrestado por las disminuciones en el uso y costos de agroquímicos y plaguicidas.

En un estudio de la adopción de los cultivos biotecnológicos durante 1997 y 1998, encargado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, los cultivos resistentes a herbicidas ahorraron importantes cantidades de tiempo y esfuerzo de los agricultores (recursos), lo que ayuda a explicar su enorme popularidad (Fernandez-Cornejo 2002). Además, sabemos por experiencia que las variedades resistentes a herbicidas como la soja y la remolacha azucarera producen cultivos más limpios con menor presencia de malezas, lo que implica una cosecha con menos impurezas para el agricultor, abaratando sus costos de producción.

Un estudio realizado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, United States Department of Agriculture) en 2003 sobre cómo se distribuyen los beneficios económicos de los cultivos transgénicos, concluyó que las compañías productoras de semillas se encuentran lejos de ser las únicas que obtienen beneficios apreciables (Price et al. 2003).

En este sentido, Trigo & Cap 2006 mostraron que en el caso específico de Argentina, luego de diez años de uso de soja transgénica tolerante a herbicida, los agricultores recibieron el 78% de los beneficios generados por el uso de la tecnología, lo que incluso está muy por sobre lo captado por el gobierno y los proveedores de la tecnología. (ver gráfico)

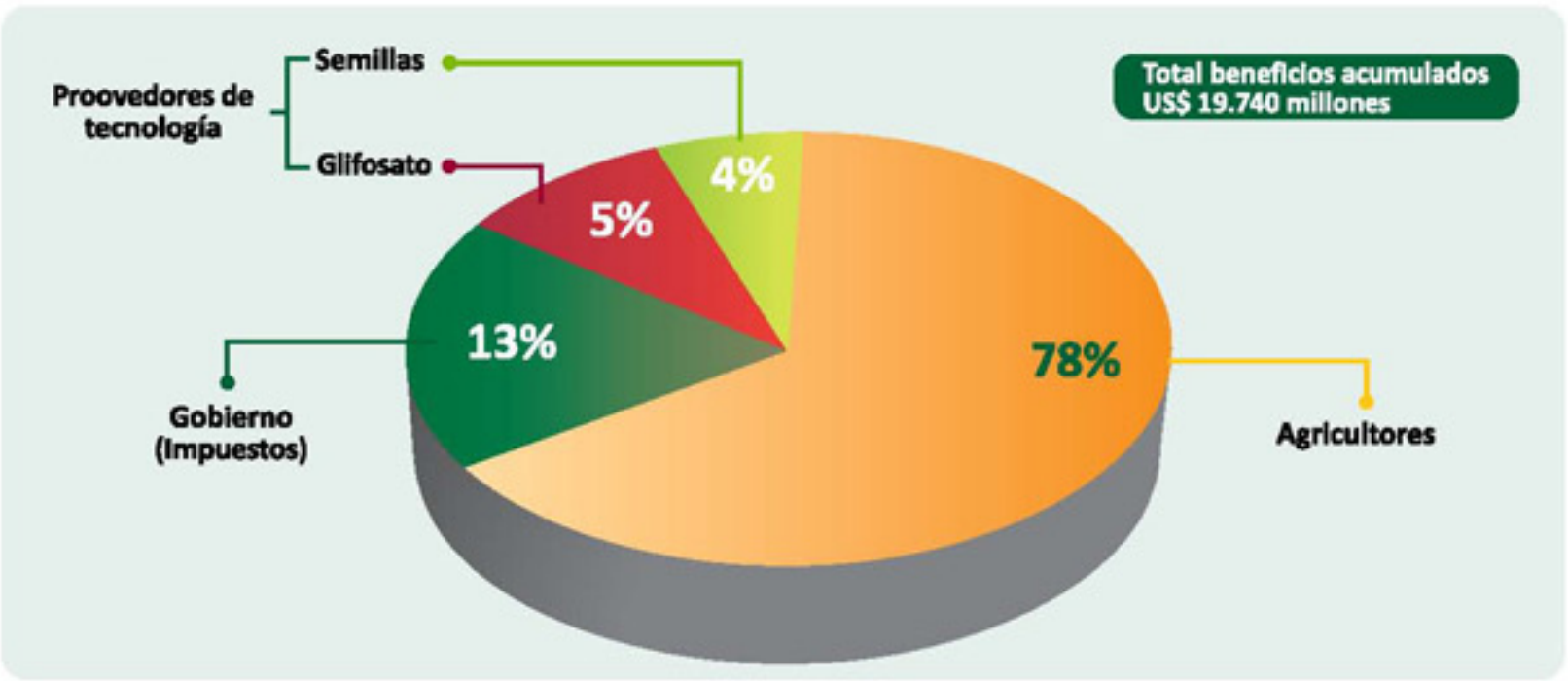


Mito 11: La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no representan un beneficio económico para los agricultores que los utilizan.

BENEFICIOS ECONÓMICOS ACUMULADOS ENTRE 1996-2009 PARA LOS AGRICULTORES AMERICANOS DEBIDO AL USO DE LOS CULTIVOS TRANSGÉNICOS (MILLONES US\$) (Elaborada a partir de Brookes & Barfoot 2011).

	Tolerancia a Herbicidas				Resistencia a Insectos		Total
	Soya	Maíz	Algodón	Canola	Maíz	Algodón	
EEUU	11.170,3	1.954,9	828,7	194,4	12.657,2	2.795,5	29.601,0
Argentina	9.749,0	190,6	43,2	-	250,8	130,3	10.363,0
Brasil	3.194,8	-	-	-	314,7	-0,1	3.509,4
Canadá	130,7	54,0	-	1.981,5	477,8	-	2.644,0
Paraguay	572,1	-	-	-	-	-	572,1
Bolivia	143,0	-	-	-	-	-	143,0
México	3,8	-	13,8	-	-	84,2	101,8
Uruguay	64,0	-	-	-	3,5	-	67,5
Colombia	-	-	7,9	-	-	9,7	17,6
Total	25.027,7	2.199,5	892,7	2.175,9	13.704,0	3.019,6	47.019,4

DISTRIBUCIÓN DE LOS BENEFICIOS ACUMULADOS EN ARGENTINA GENERADOS POR EL CULTIVO DE SOJA TRANSGÉNICA ENTRE 1996-2005 (Elaborado a partir de Trigo & Cap 2006).



*Todos los valores son nominales
*Los cálculos de ingresos agrícolas son cambios en los ingresos netos después de agregar los impactos sobre el rendimiento, la calidad de los cultivos, y los costos variables de producción (ej. pago de primas de la semilla, el impacto sobre los gastos de protección de los cultivos).

Referencias:

Brookes G, Barfoot P. 2011. GM Crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2009. PG Economics Ltd. Dorchester, UK.
<http://www.pgeconomics.co.uk>

Carpenter JE. 2010. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat Biotechnol.* 28(4):319-21.

Comercializadora de Trigo SA, COTRISA, 2011. Mercado trigo/maíz. Mercado nacional. Datos productivos.
<http://www.cotrisa.cl>

Fernandez-Cornejo J. 2002. Benefits and Costs of Biotechnology Crops. USDA Economic Research Service.

James C. 2010. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2010. ISAAA Resumen Ejecutivo n°42
<http://www.isaaa.org/>

Price GK, Lin W, Falek-Zepeda JB, Fernandez-Cornejo J. 2003. Size and Distribution of Market Benefits From Adopting Biotech Crops. USDA Economic Research Service Technical Bulletin No.1906.
<http://www.ers.usda.gov/publications/tb1906/>

Trigo E, Cap E. 2006. Ten years of GM crops in Argentine agriculture. Buenos Aires: Argentine Council for Information and Development of Biotechnology. ArgenBIO.
http://www.inta.gov.ar/ies/docs/otrosdoc/resyabst/ten_years.htm

Mito 12

Los agricultores se harán dependientes de las empresas biotecnológicas productoras de semillas.

Realidad

La amplia industria de proveedores de semillas convencionales respalda el hecho de que las semillas no transgénicas pueden adquirirse libremente y siguen siendo muy utilizadas. Todas las semillas siguen compitiendo en cuanto a sus características y rendimientos.

En 1996 se inició la comercialización de la soja transgénica tolerante a herbicidas, comercialmente conocida como soja Roundup Ready, convirtiéndose en el primer producto de la biotecnología agrícola en llegar al mercado. Desde entonces, las semillas transgénicas (maíz, algodón, canola, soja representan el 99% de la superficie mundial sembrada con semillas transgénicas) han sido populares entre los agricultores debido a que proporcionan numerosos beneficios, incluyendo el aumento de los rendimientos y la disminución de los costos de producción.

Existen cientos de compañías semilleras independientes (que no son propiedad de las empresas biotecnológicas) que actualmente comercializan semillas, con quienes deben competir las empresas semilleras biotecnológicas. Por ejemplo, el 65% del mercado global de semillas del año 2008 se distribuyó en diez compañías, de las cuales las 4 principales correspondieron a empresas que comercializan tanto semillas convencionales y semillas transgénicas (ver gráfico) (Hubbard 2009).

En Chile, la Asociación Nacional de Productores de Semillas (ANPROS) reúne a 66 compañías agrícolas. De éstas, 25 compañías investigan y comercializan, con fines de exportación, semillas transgénicas (ANPROS 2011).

Los agricultores tienen numerosas opciones frente a la compra de semillas, tanto en relación a tipos como a proveedores. Por ejemplo, en EEUU en 1998 había disponible 2.580 híbridos de maíz (variedades). En 2008 había 4.692. Esto representa un incremento del 82% en las opciones de híbridos disponibles, incluyendo tanto híbridos desarrollados mediante biotecnología como aquellos desarrollados utilizando técnicas tradicionales.

De la misma forma, en 1998 existían en el mercado de EEUU 1.880 variedades de semillas de soja disponible para los agricultores. En 2008 había 2.138. Esto es un incremento en las opciones de un 14% e incluye variedades tanto biotecnológicas, como tradicionales.

En el mercado de EEUU, principal país productor

de cultivos transgénicos y con cerca de un 45% de la superficie mundial de estos cultivos, hay más de 200 compañías de semillas independientes. Estas empresas venden semillas de maíz y/o soja. Actualmente, el 25% del maíz plantado en EEUU proviene de compañías de semillas independientes, 60% más que una década atrás.

Por otro lado, no existe ningún "listado de variedades recomendadas" de vegetales en el mundo que señale qué semillas debiesen preferir o adquirir los agricultores, porque las condiciones de clima, suelo, etc., son tan variables en las distintas zonas geográficas, que una variedad con alto rendimiento en una localidad puede no ser adecuada en otro. Por esta razón, es imposible la generación de un mercado exclusivo y dependiente de las empresas biotecnológicas productoras de semillas.

Los agricultores tienen la total capacidad de decidir qué tipo de semillas sembrar cada temporada, y esto depende de, entre varios aspectos, si estas rinden lo suficiente, si existe mercado para ser comercializadas, y si le generan más ingresos netos que otras. Aún cuando decidan utilizar semillas transgénicas, existen numerosas empresas productoras de estas semillas genéticamente modificadas, por lo cual los agricultores mantienen la independencia necesaria para su éxito agronómico y financiero.

Referencias:

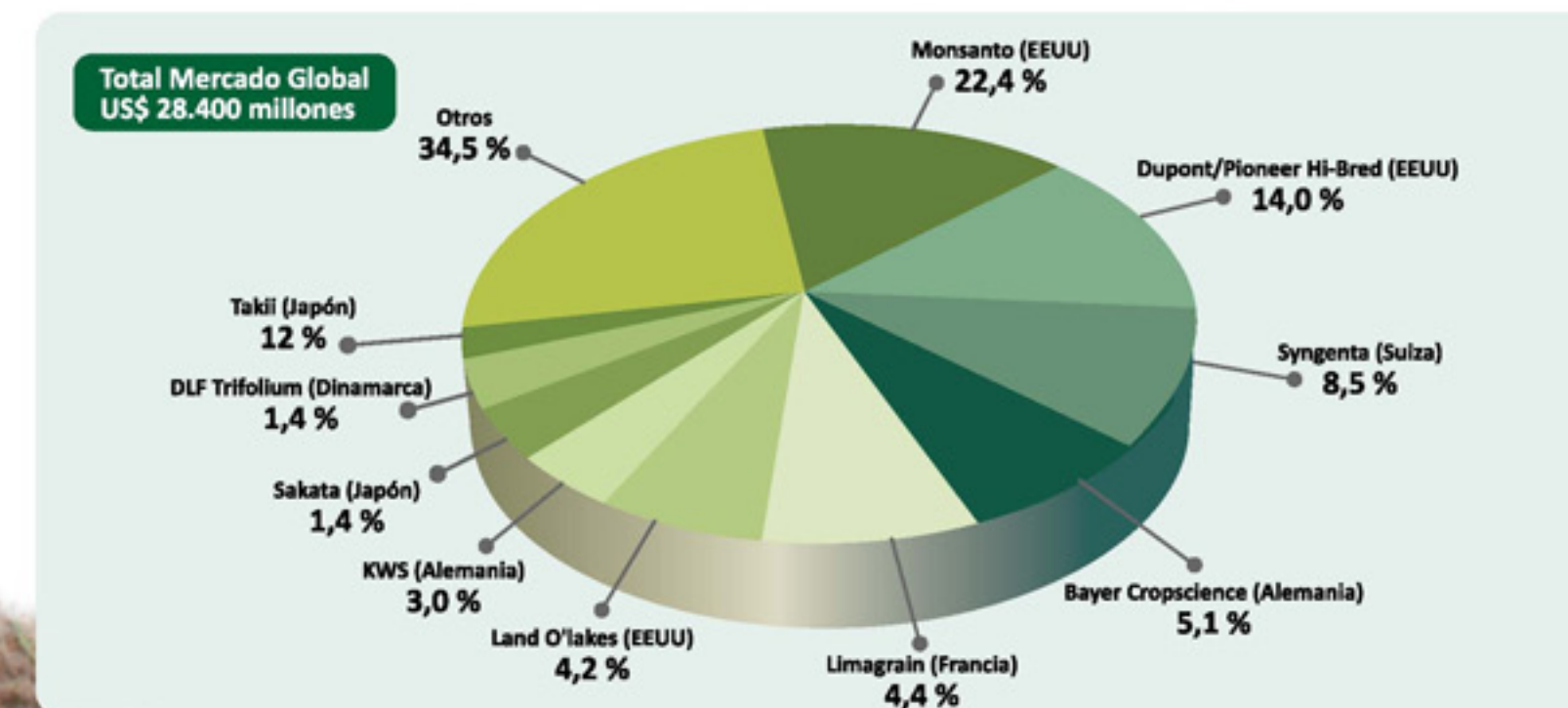
Asociación Nacional de Productores de Semilla (ANPROS). 2011. Miembros.

www.anpros.cl

Hubbard K. 2009. Out of Hand, farmers face the consequences of a consolidated seed industry. Farmer to Farmer Campaign on Genetic Engineering. National Family Farm Coalition.

<http://farmertofarmercampaign.com>

PARTICIPACIÓN DEL MERCADO GLOBAL DE SEMILLAS AÑO 2008 (Elaborado a partir de Hubbard 2009).



Mito 13

Los agricultores están en desventaja ya que no pueden guardar y almacenar semillas transgénicas.

Realidad

Las semillas transgénicas se compran año a año debido a cuestiones comerciales. Sin embargo, habitualmente los agricultores tampoco guardan semillas no transgénicas ya que cada año aparecen nuevas semillas con nuevas características que las hacen más rentables para los agricultores.



Muchas personas confunden el hecho de guardar o no semillas transgénicas de una temporada a otra debido a cuestiones comerciales, con semillas genéticamente modificadas estériles que impiden que estas se reproduzcan. A pesar de que la tecnología de semillas estériles existe, esta no es utilizada en ninguna parte del mundo, por lo que el hecho de guardar o no semillas transgénicas obedece estrictamente a cuestiones comerciales.

Muchos expertos aceptan que los modelos basados en el mercado ofrecen métodos más sustentables para el desarrollo y la implementación de los productos para los agricultores. Las compañías biotecnológicas invierten millones de dólares diarios en investigación y desarrollo para generar avances tecnológicos en el área de semillas, con el fin de satisfacer las necesidades agrícolas de los agricultores (calidad, sanidad, tolerancia a estreses ambientales, resistencia a plagas, etc.). La propiedad intelectual permite que las compañías vean un rendimiento en sus inversiones y ello permite que se realicen más inversiones en investigación y desarrollo de productos. Este ciclo de inversión-ganancias impulsa la innovación de los productos que responden a las necesidades de los agricultores.

Por esta razón es que los agricultores que utilizan semillas transgénicas en sus campos se comprometen a través de contratos de acuerdo a comprar nuevamente semillas si es que desea producir en una próxima temporada el mismo material con fines comerciales. En este mismo sentido, los agricultores también tienen derecho al uso propio (ej. autoconsumo) de estas semillas para próximas temporadas pero sin fines comerciales. Los Países son los que regulan estos procedimientos. De esta forma, la protección de la propiedad intelectual a través de los contratos es fundamental para seguir satisfaciendo las necesidades técnicas de los agricultores.

Por otro lado, tal como en otros negocios que requieren una compra de insumos al inicio de cada período de producción, habitualmente las semillas, dependiendo

del cultivo, se compran cada año. Si un agricultor tiene una mala experiencia con un tipo de semillas en una temporada, comprará una semilla diferente la próxima temporada. Esta es una fuerza de mercado muy fuerte que garantiza la competencia constante, así como la innovación.

La semilla representa una pequeña parte del costo total de la producción de un agricultor moderno, en términos generales inferior al 10-15% del costo total de producción. Por su parte, contar con variedades seleccionadas representa una ventaja para adaptarse a distintas situaciones de estrés dadas por las condiciones ambientales (clima, plagas, etc.). Esto, invariablemente supera los ahorros y las complicaciones que implica retener semillas de la cosecha anterior. Todas estas consideraciones existían antes de la introducción de la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos.

Los agricultores poseen absoluta y soberana libertad para decidir si utilizan o no semillas transgénicas. Una vez utilizadas, en todo momento pueden decidir dejar de utilizar y cambiar a semillas de otro tipo. No existe ningún requisito que exija a los agricultores comprar necesariamente semillas transgénicas. Lo hacen así porque lo consideran conveniente para la producción. En los cultivos modernos de polinización abierta en los que la generación de individuos híbridos (organismos procedentes del cruce de dos organismos de especies o subespecies distintas, o de alguna o más cualidades diferentes.) implica una ventaja significativa en la producción (como resultado del "vigor híbrido"), la conservación de las semillas realmente supone una desventaja comercial para la mayoría de agricultores que se benefician más adquiriendo nuevas semillas cada año. Esto se debe a que no es recomendable guardar semillas híbridas para la resiembra una próxima temporada dado que éstas no reproducen las características deseadas, al perder pureza genética (esto no tiene ninguna relación con si son o no semillas transgénicas).

El organismo internacional ISAAA (Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agro-Biotecnológicas) estimó que ya en 1999 el 80% de la superficie mundial dedicada al cultivo de maíz estaba

sembrada con variedades mejoradas (67% híbridos y 13% variedades de polinización abierta) dejando sólo un 20% para el guardado e intercambio de semillas entre los agricultores. En los países industrializados, el 94% se siembra para híbridos y el 4% para variedades de polinización abierta. Incluso en los países en vías de desarrollo, el 70% de las plantaciones de maíz está sembrado con variedades mejoradas, siendo estos principalmente híbridos (James, 2003). La práctica tradicional de intercambio de semillas casi ha desaparecido y no por causa de los cultivos transgénicos.

Las compañías semilleras tienen más capacidad para conservar la calidad de las semillas mediante economías de escala en cuanto a infraestructuras para almacenamiento. Además, las compañías semilleras constantemente mejoran la genética de las semillas para aumentar la producción y la resistencia a las enfermedades. Los agricultores que se dedican a conservar sus propias semillas carecen de estas ventajas, aunque hay que reconocer que algunos pequeños agricultores de países en vías de desarrollo no tienen otra elección. No obstante, incluso los agricultores de algunos países pobres que han invertido en variedades de semillas transgénicas, que les resultan más costosas, han comunicado su profunda satisfacción por los resultados (Carpenter 2010).

Es por ello que las investigaciones y las inversiones que se realizan para obtener la mejor semilla deben ser protegidas, de manera que en el futuro cercano se pueda disponer de la última tecnología para lograr el éxito buscado. Exactamente el mismo principio aplica a los desarrollos biotecnológicos en curso financiados con recursos estatales tanto en Chile (INIA, universidades) como en numerosos otros países.

Referencias:

James C. 2003. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2002 - Feature: Bt. Corn. ISAAA (US/Philippines). www.isaaa.org

Carpenter JE. 2010. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat Biotechnol.* 28(4):319-21.

Mito 14

Los agricultores son demandados frecuentemente por las compañías semilleras.

Realidad

Los juicios que se han llevado en contra de quienes violan la ley incumpliendo los acuerdos comerciales son muy pocos y, lejos de dañar a los agricultores en general, fomentan la legalidad de los productos, que a la larga benefician a todos al permitir la investigación y desarrollo.



Cuando los agricultores compran una variedad de semilla transgénica, firman un acuerdo donde se suscribe que cultivarán únicamente la semilla que están comprando y que no guardarán ni volverán a sembrar las semillas que van a producir las plantas que están cultivando. Algunas personas han aprovechado casos de violaciones de acuerdos y patentes por parte de ciertos agricultores para generalizar que las acciones legales derivadas de ello son una manera de dañar a los agricultores. Muy pocos son los agricultores que no respetan este acuerdo. La principal razón para dicho acuerdo se debe a los enormes costos involucrados en desarrollar cultivos transgénicos, los cuales representan una inversión de cientos de millones de dólares y muchos años de exhaustivos estudios, tanto a nivel de campo como de laboratorio. Esta es una situación análoga a lo que sucede al comprar un software, en la cual el comprador no puede comercializar ni copiar dichos software, ni modificar el código del mismo.

Por ejemplo, en EEUU, principal país productor de cultivos transgénicos con más de 610 millones de hectáreas sembradas entre 1996-2010, y con 66 millones de hectáreas sólo el 2010, lo que representa un 45% de la superficie mundial con cultivos transgénicos, la compañía Monsanto ha presentado 145 demandas (Monsanto 2011), promediando 11 demandas por año, entre 1997 y abril del 2010. Hasta la fecha, sólo 9 casos han pasado por un proceso legal completo, y en cada uno de esos 9 casos, la justicia decidió a favor de la compañía.

Podría parecer significativo el número de demandas presentadas por esta compañía, pero al relacionar los cerca de 275.000 agricultores que compran semillas transgénicas cada año en ese país, con el número de demandas, menos del 0,004% de los agricultores se han visto en problemas legales durante el periodo de años indicado.

Por otro lado, sesenta y ocho países, entre ellos Chile, se han adherido a la Unión Internacional para la Protección de las Nuevas Variedades Vegetales (UPOV). La UPOV, fundada en 1961, reúne países que han acordado proteger conjuntamente la propiedad intelectual de las personas o compañías que desean invertir sus esfuerzos y sus recursos para desarrollar nuevas variedades de plantas.

Las patentes constituyen uno de los métodos utilizados por las compañías semilleras para proteger la propiedad intelectual inherente a las variedades de cultivos de su propiedad. Las patentes pueden ser utilizadas para proteger nuevas variedades que han sido desarrolladas bien por métodos biotecnológicos, o bien por métodos tradicionales de mejora de plantas (cruzamientos dirigidos, mutagénesis, etc).

Algunos agricultores han argumentado que sus "semillas tradicionales" han sido contaminadas con semillas transgénicas por polinización cruzada, siendo posteriormente demandados por la compañía semillera propietaria de la patente biotecnológica. Dicha polinización cruzada sería irrelevante en el caso de los cultivos autofecundados como la soja, pero incluso en los cultivos de polinización abierta, tal polinización cruzada sería mínima en la mayoría de los casos.

El caso más destacado a nivel mundial de un agricultor quien argumenta ser víctima "inocente" de la "contaminación" de sus semillas tradicionales por polinización cruzada, fue el señor Percy Schmeiser de Canadá, en cuyo juicio se demostró que las semillas portadoras del carácter biotecnológico alcanzaban casi el

100% de sus cultivos. Además, había sido uniformemente "contaminado" en todos sus campos, lo contrario de lo que sucedería en caso de una polinización cruzada fortuita o accidental. Este agricultor perdió el juicio en primera instancia, así como su primer recurso y el recurso al Tribunal Supremo de Canadá (Corte Federal de Canadá 2001, 2002, 2004).

Nunca ninguna compañía biotecnológica de semillas transgénicas ha presentado alguna demanda legal en contra de agricultores que presenten presencia accidental de material patentado en sus campos. Las acciones legales han tomado curso sólo cuando el campo agrícola cuenta con material transgénico de forma ilegal en una cantidad cercana al 100%.

Finalmente, es importante señalar que las leyes de semillas vigentes en los distintos países de forma previa al desarrollo de la biotecnología también limitan los usos que un agricultor desee dar a la semilla de variedades no transgénicas.

Referencias:

Corte Federal de Canadá 2001. Decisions of The Federal Court. MONSANTO CANADA INC. and MONSANTO COMPANY and PERCY SCHMEISER and SCHMEISER ENTERPRISES LTD. <http://decisions.fct-cf.gc.ca/en/2001/2001fct256/2001fct256.html>

Corte Federal de Canadá 2002. Decisions of The Federal Court. PERCY SCHMEISER and SCHMEISER ENTERPRISES LTD. and MONSANTO CANADA INC. and MONSANTO COMPANY. <http://decisions.fca-caf.gc.ca/en/2002/2002fca309/2002fca309.html>

Corte Federal de Canadá 2004. Decisions of The Federal Court. PERCY SCHMEISER and SCHMEISER ENTERPRISES LTD. and MONSANTO CANADA INC. and MONSANTO COMPANY. <http://scc.lexum.org/en/2004/2004scc34/2004scc34.pdf>

Monsanto. 2011. News and Views. Issues and Answers. Saved Seed & Farmer Lawsuits. <http://www.monsanto.com/newsviews/Pages/why-does-monsanto-sue-farmers-who-save-seeds.aspx>

Mito 15

Los cultivos transgénicos amenazan a los agricultores "orgánicos" e impiden la coexistencia de los sistemas productivos.

Realidad

La experiencia mundial demuestra que tanto los cultivos orgánicos como los transgénicos pueden desarrollarse en el mismo lugar.



El debate sobre la coexistencia de los cultivos orgánicos con los transgénicos es quizás uno de los más extendidos y técnicamente desconocido.

En primer lugar es necesario recordar que diferentes cultivos coexisten unos con otros desde hace siglos, y siempre han existido trazas o cantidades insignificantes de un tipo de cultivo dentro de otros. En el sector agrícola, es importante que existan sistemas de control que garanticen la coexistencia, el adecuado uso de las tecnologías y de los inputs, pero no solo para la agricultura con cultivos transgénicos, sino también para la convencional y la orgánica.

Es posible lograr niveles muy altos de pureza e integridad para cualquier sistema productivo agrícola mediante la aplicación de buenas prácticas de manejo en la explotación y en la cadena de abastecimiento. Ejemplos que la coexistencia no es un concepto nuevo son los productores de semillas certificadas, los bancos de germoplasma, los productores de diferentes tipos del mismo cultivo (ej. maíz amarillo v/s maíz dulce; canola para aceite v/s canola con alto contenido de ácido erúico), y la agricultura convencional con la agricultura orgánica. La aplicación de "buenas prácticas agrícolas", el diálogo activo y la comunicación entre agricultores vecinos y actores de la cadena de suministro, permiten que la coexistencia sea eficiente.

La etiqueta "orgánico" identifica únicamente un sistema productivo, pero no aquello que está presente o ausente en el producto. La detección ocasional de mínimas trazas de polen o semillas transgénicas no debería constituir un problema mayor para los certificadores y productores orgánicos que, por ejemplo, la detección de residuos de pesticidas en lo que debería ser un producto "sin pesticidas" (un problema que afecta alrededor de un 25% de los productos orgánicos vendidos en EE.UU., según la Unión de Consumidores).

La experiencia mundial demuestra que tanto los

cultivos orgánicos como los transgénicos pueden desarrollarse en la misma zona. Los siete países con mayor cantidad de suelos cultivados destinados para producción orgánica (Australia, Argentina, China, EE.UU., Brasil, España e India) dan cuenta de 24 millones de hectáreas (Willer 2010). Estos mismos países totalizan 129 millones de hectáreas de suelos agrícolas para producción de cultivos transgénicos (James 2010), sin haberse observado nunca problemas comerciales significativos entre ambos sistemas productivos.

Por su parte, el mayor y más detallado estudio independiente llevado a cabo sobre coexistencia de cultivos transgénicos, convencionales y orgánicos en EE.UU. (Brookes & Barfoot, 2004) concluyó que no se han observado problemas económicos o comerciales significativos en ninguno de los tres sectores. El estudio destaca que los agricultores de EE.UU. han plantado cultivos especializados junto a cultivos de la misma especie durante años sin comprometer los altos niveles de pureza exigidos.

Una serie de estudios recientes han llegado a las mismas conclusiones respecto a la agricultura europea, incluso después de tener en cuenta las estrictas reglas sobre trazabilidad y etiquetado de los alimentos y la comida de origen biotecnológico vigentes en ese continente. Respecto al maíz transgénico, un comité de expertos en agricultura, el POECB (Programa Operacional de Evaluación de Cultivos Biotecnológicos), confirmó que la coexistencia de cultivos transgénicos con no transgénicos había sido posible en Francia (POECB 2004). Un estudio más amplio que tuvo en cuenta todos los cultivos (Brookes, 2004), concluyó que mediante buenas prácticas agrícolas y aceptando las responsabilidades compartidas, no hay nada que deba detener la eficaz coexistencia de cultivos transgénicos, convencionales y orgánicos en toda Europa.

En el caso de Chile, la Industria Semillera ha desarrollado estrategias de coexistencia entre las

producciones de semillas transgénicas con las producciones convencionales, producto de las exigencias de mercados como el europeo, que a la fecha no aceptan presencia casual en bajas cantidades de semillas transgénicas en sus lotes, lo cual ha significado un importante desafío para esta industria. El desarrollo e implementación de herramientas como un sistema de aislaciones geo-referenciado generado por ANPROS (Asociación Nacional de Productores de Semillas) ha permitido la exportación de semilla a Europa, no habiéndose generado nunca ningún problema comercial, demostrando en la práctica que la coexistencia es absolutamente posible.

Referencias

Brookes G, Barfoot P. 2004. Co-Existence In North American Agriculture: Can GM Crops Be Grown With Conventional And Organic Crops? PG Economics Ltd (UK)
<http://www.pgeconomics.co.uk>

Brookes G. 2004. Co-existence of GM and non GM crops: current experience and key principles. PG Economics (UK).
<http://www.pgeconomics.co.uk/pdf/Coexistencekeyprinciplesdocument.pdf>

Consumers Union. 2002. Consumer Reports. "Organic. It's lower in pesticides. Honest." (USA).
<http://www.consumerreports.org/>

James C. 2010. Situación mundial de la comercialización de cultivos biotecnológicos/transgénicos en 2010. ISAAA Resumen Ejecutivo n°42.
<http://www.isaaa.org/>

Operational Programme for Evaluation of Biotechnology Crops (POECB). 2004. Programme Summary, 2002-2003. POECB (France).
<http://www.wgg-ev.de/infopool/Studien/POECB-StudieMais04-2004.pdf>

Willer H. 2010. Organic Agriculture Worldwide: The main results of the FiBL-IFOAM Survey 2010.
www.fibl.org

Mito 16

La agricultura orgánica ofrece un mejor futuro que la biotecnología agrícola.

Realidad

Los cultivos transgénicos son cruciales para contribuir con el abastecimiento de la demanda de alimentos de la creciente población mundial, son más productivos, generan considerables beneficios para el medio ambiente y los consumidores, y han permitido que la agricultura sea una actividad más sustentable.

Es un deber de los Estados apoyar la opción de cualquier sistema agrícola productivo, sin embargo se deben reconocer las deficiencias y limitaciones de éstos. Por ejemplo, la principal debilidad de la agricultura orgánica, sistema que por definición no utiliza agroquímicos y organismos transgénicos, son los rendimientos de producción de alimentos. Por esto, los consumidores que desean productos orgánicos deben pagar una importante cantidad extra por un producto que necesita mucha mano de obra y resultan poco productivos (Azadi & Ho 2010; Avery 2006; Organic Farming Research Foundation 2006).

Para los cultivos de productos básicos de consumo como el trigo y el algodón, y la soja y el maíz para el consumo animal, que suponen una parte importante de la agricultura mundial, los métodos orgánicos son demasiado costosos, de producción demasiado variable, y demasiado susceptibles a los problemas causados por los insectos y el clima, para utilizarlos a gran escala.

Durante los próximos cuarenta años debe duplicarse la producción de alimentos en todo el mundo para seguir el ritmo del aumento de la población y por ende el aumento del consumo. Según una publicación científica reciente, para producir la misma cantidad de alimentos en el Reino Unido utilizando producción orgánica en vez de producción convencional, sería necesario utilizar el doble de la cantidad de tierra para la agricultura (Gabriel 2010). Los autores advierten que los beneficios a la biodiversidad producto de la agricultura orgánica son limitados (12,4% de aumento en la diversidad biológica comparada con la agricultura convencional), entonces el rendimiento más bajo (55% de disminución en el rendimiento productivo) puede ser un lujo que no pueden permitirse, sobre todo en las zonas más productivas del Reino Unido. De acuerdo a esa publicación, la agricultura orgánica no es sostenible para promoverla como el mejor método o el único sistema productivo agrícola.



Por estas razones, la agricultura moderna sin tareas de labranza, o labranza mínima, que usa organismos transgénicos tales como cultivos tolerantes a herbicidas, se acercan al ideal de una agricultura de mínimo impacto, sustentable y asequible.

Por su parte, los objetivos de la agricultura “orgánica” de una agricultura sustentable y más amigable con el medio ambiente, no son objetivos exclusivos y excluyentes en relación a otros sistemas agrícolas productivos. En el caso de la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos, sus objetivos son asegurar la sustentabilidad de la prácticas agrícolas y a su vez reducir la huella ecológica que produce la agricultura convencional a través de la disminución en la aplicación de herbicidas/insecticidas, aumento en la eficiencia del uso del agua, disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, tolerancia a condiciones climáticas extremas y mayores rendimientos en las cosechas.



Por otro lado, los defensores de los alimentos orgánicos buscan promover este tipo de alimentos, para lo cual en ocasiones hacen afirmaciones que escapan a la realidad. Gran parte de las pruebas presentadas por los defensores de los productos orgánicos se basan en artículos de investigación que no han sido revisados por científicos independientes y datos carentes de validación estadística (Rosen 2010).

Dos investigaciones recientes e independientes, financiadas por la Agencia de Estándares Alimenticios de Inglaterra (FSA, por su sigla en inglés), afirman que los alimentos orgánicos no son ni más sanos, ni presentan diferencias nutricionales significativas frente al resto de los alimentos producidos de manera convencional (Dangour et al. 2009a; Dangour et al. 2009b). En un primer documento, elaborado por el London School of Hygiene and Tropical Medicine, se hace una revisión de todo el material publicado existente acerca de la cantidad de

nutrientes que se encuentran en los alimentos orgánicos y en los alimentos convencionales durante los últimos 50 años. A partir de 52.471 artículos publicados, 162 fueron estudios científicos, y de éstos sólo 55 eran de una calidad aceptable. Luego de la revisión exhaustiva de estos últimos, los autores concluyeron que no existen diferencias significativas en el contenido y la calidad de nutrientes entre productos orgánicos y convencionales (Dangour et al. 2009a).

En una segunda publicación, a partir de 98.727 artículos publicados, se identificaron sólo 12 publicaciones científicas que evalúan los efectos en la salud de los productos orgánicos. Después de una rigurosa revisión de éstos, los autores concluyeron que no hay evidencia científica de beneficios extras para la salud por consumir productos orgánicos (Dangour et al. 2009b).

Al mismo tiempo, la biotecnología y las técnicas de modificación genética están siendo utilizadas en la



Mito 16: La agricultura orgánica ofrece un mejor futuro que la biotecnología agrícola.

industria alimenticia, contribuyendo al desarrollo de productos más seguros, saludables y nutritivos (McGloughlin 2010; Fedoroff 2010).

En el corto plazo, los alimentos transgénicos presentarán grandes beneficios para el consumidor, como:

- **Mejor contenido nutricional** (ej. arroz dorado (golden rice) enriquecido en vitamina A y hierro (Beyer 2010);

- **Mejor calidad de alimentos** (ej. aumento vida postcosecha (Matas 2009); aceites vegetales con menores niveles de ácidos saturados (Davies 2007)).

- **Reducción de sustancias tóxicas** (ej. reducción de micotoxinas en maíz (Wu 2006))

- **Eliminación de sustancias alergénicas** en los alimentos (yuca, soja, nuez, maní) (Gallo & Sayre 2009).



Referencias

Avery A. 2006. The Truth About Organic Foods, pp 157–168. Chesterfield, MO, USA: Henderson Communications LLC.

Azadi H, Ho P. 2010. Genetically modified and organic crops in developing countries: a review of options for food security. *Biotechnol Adv.* 28(1):160-8.

Beyer P. 2010. Golden Rice and ‘Golden’ crops for human nutrition. *New Biotechnol.* 27(5):478-481.

Dangour AD, Doddha SK, Hayter A, Allen E, Lock K, Uauy R. 2009a. Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 90(3):680-85.

Dangour AD, Lock K, Hayter A, Aikenhead A, Allen E, Uauy R. 2009b. Nutrition-related health effects of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 92(1):203-10.

Davies KM. 2007. Genetic modification of plant metabolism for human health benefits. *Mutat Res.* 622(1-2):122-37.

Fedoroff NV. 2010. The past, present and future of crop genetic modification. *New Biotechnol.* 27(5):461-465.

Gabriel D, Sait SM, Hodgson JA, Schmutz U, Kunin WE, Benton TG. 2010. Scale matters: the impact of organic farming on biodiversity at different spatial scales. *Ecol Lett.* 13(7):858-69.

Gallo M, Sayre R. 2009. Removing allergens and reducing toxins from food crops. *Curr Opin Biotechnol.* 20(2):191-6.

Matas AJ, Gapper NE, Chung MY, Giovannoni JJ, Rose JK, 2009. Biology and genetic engineering of fruit maturation for enhanced quality and shelf-life. *Curr Opin Biotechnol.* 20(2):197-203.

McGloughlin MN. 2010. Modifying agricultural crops for improved nutrition. *New Biotechnol.* 27(5): 494-504

Organic Farming Research Foundation. 2006. Frequently asked questions about organic farming. http://www.ofrf.org/general/about_organic

Rosen JD. 2010. A Review of the Nutrition Claims Made by Proponents of Organic Food. *Comp Rev in Food Sci and Food Safety.* 9(3):270–277.

Wu F. 2006. Mycotoxin reduction in Bt corn: potential economic, health, and regulatory impacts. *Transgenic Res.* 15(3):277-89.

Mito 17

La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no son importantes para el desarrollo de la agricultura nacional.

Realidad

Aumentar la productividad, competitividad y sustentabilidad de nuestra agricultura, reducir el impacto de la agricultura sobre el medio ambiente, incrementar la seguridad alimentaria y ofrecer productos de mayor calidad a los consumidores, son algunos beneficios de los cultivos transgénicos que no podemos desperdiciar si queremos ser potencia agroalimentaria y a su vez llegar a ser un país desarrollado.

Sin duda los elementos centrales que harán la diferencia para que Chile sea un país desarrollado son la innovación y la sustentabilidad. Es decir, la diversificación productiva y el aumento de valor de nuestras exportaciones son áreas donde la biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos pueden contribuir para aumentar la competitividad de nuestros productos.

Los cultivos transgénicos, según el tipo de cultivo y de la modificación genética, pueden contribuir como una oportunidad para nuestros agricultores (mayores rendimientos y menores costos de producción; aumento de la competitividad), generando beneficios para el medio ambiente (menor uso de agroquímicos en relación con la agricultura convencional para producir una misma cantidad de producto; menor emisión de gases de efecto invernadero asociados al sistema productivo), llevando beneficios para los consumidores (menores costos, calidad nutricional del producto final, aseguramiento de la inocuidad), e incentivando la innovación y desarrollo para necesidades reales de nuestra agricultura.

No es sostenible el negar los beneficios de los cultivos transgénicos y los alimentos derivados de éstos a los consumidores y al medio ambiente por culpa de temores infundados provenientes de agrupaciones que malinterpretan datos científicos, que extrapolan de forma errada resultados de laboratorio al medio ambiente, que confunden aspectos de inocuidad a la salud (humana o ambiental) con aspectos comerciales como la coexistencia de distintos sistemas productivos (orgánicos v/s transgénicos) y que transmiten desinformación.

Tampoco es adecuado aprobar la biotecnología agrícola y con esto decir sí a todos los cultivos transgénicos. La finalidad es poder utilizar esta herramienta para poder solucionar o satisfacer problemas reales de nuestra agricultura y de nuestros consumidores y así llegar a ser una real potencia agroalimentaria.



Por ejemplo, Chile no necesitaría aprobar el uso de soja transgénica ni de algodón transgénico ya que el país no produce estos productos (no transgénicos).

Por su parte, el INIA ha trabajado arduamente en mejorar a través de la ingeniería genética (transgenia) variedades de papa para conferir resistencia a bacterias (*Erwinia carotovora*) y virus (virus Y de la papa y virus X de la papa); melones para introducir resistencia al Virus del Mosaico de la Sandía tipo II (WMV-II); frutales de carozo (duraznos y nectarines) para resistencia a enfermedades virales y con mayor vida post cosecha, y; en vides para conferir resistencia a enfermedades producidas por el hongo *Botrytis cinerea*. Todos estos casos representan productos de interés para el país.

En este mismo sentido, entre los años 2003 y 2007 el estado Chileno financió 35 proyectos biotecnológicos relacionados al sector frutícola. 16 compañías privadas y 19 instituciones públicas fueron financiadas para llevar a cabo proyectos de investigación que involucraban temas de genómica, ingeniería genética, programas de mejoramiento vegetal para introducir resistencia a factores abióticos, identificación genética y trazabilidad de organismos transgénicos. Las principales variedades de frutas en que se trabajó fueron las uvas, cítricos, duraznos y nectarines. Además, en colaboración con el Instituto Forestal, el INIA está llevando a cabo estudios sobre el desarrollo de variedades de eucaliptus tolerantes a la sequía. La Pontificia Universidad Católica se encuentra desarrollando variedades de cítricos resistentes a sequía y tolerantes a deficiencias de nitrógeno; papas resistentes a virus; y pino (*Pinus radiata*) resistente a la polilla del brote (*Rhyacionia buoliana*) y tolerante a glifosato (Salazar & Montenegro 2009).

Desde otro punto de vista, un caso significativo para Chile podría ser la utilización de la remolacha azucarera transgénica por parte de nuestros agricultores. Por diversos factores el cultivo de la remolacha, origen del azúcar nacional, se ha reducido en el último tiempo. En 1986/87 se alcanzó en el país una siembra de 56.000

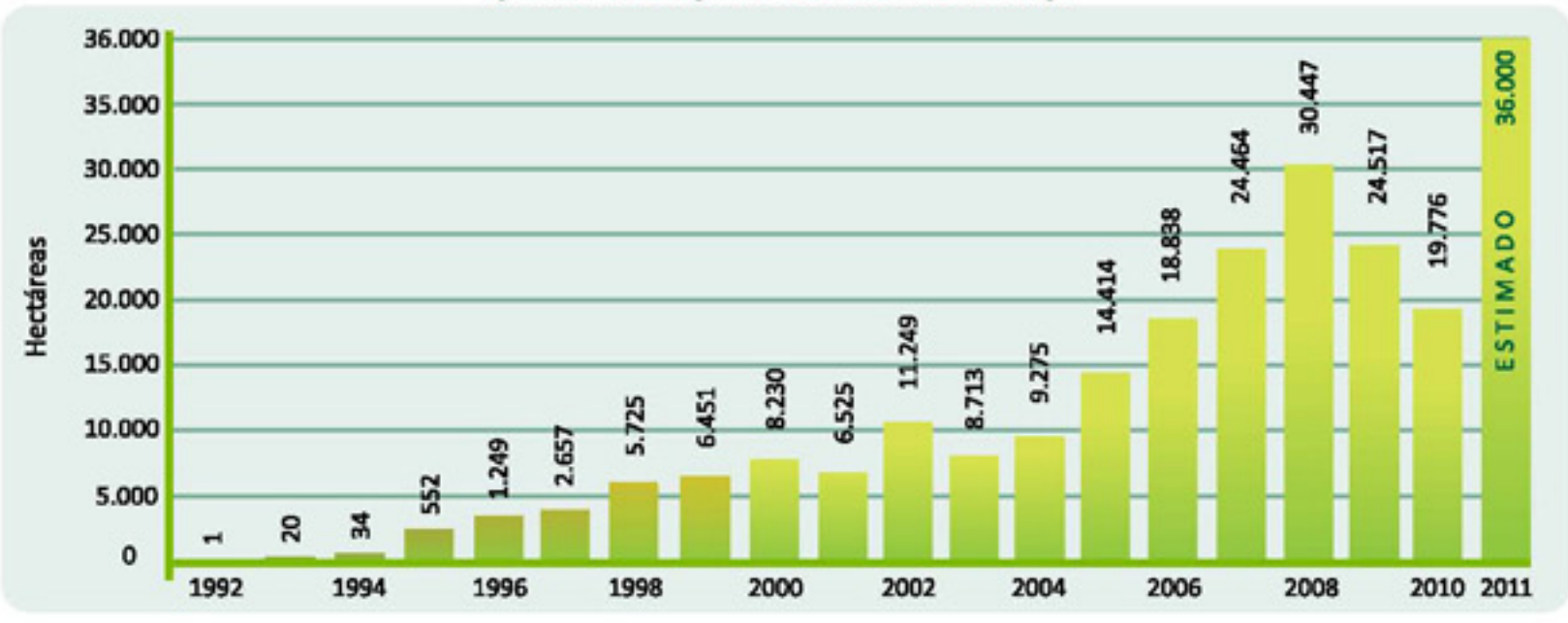
hectáreas aprox., entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y de Los Lagos, mientras que en la temporada 2009/10 el área sembrada alcanzó sólo las 18.000 hectáreas aprox. Uno de los principales factores que ha influido en la disminución son los altos costos de producción asociados al número y cantidad de herbicidas utilizados para la producción de remolacha convencional. En el caso de la remolacha transgénica los productores tienen la capacidad de controlar malezas de una manera más sustentable en términos económicos y ambientales. La remolacha azucarera transgénica ha sido mejorada a través de la biotecnología mediante la incorporación de un gen que otorga tolerancia al herbicida glifosato. Esta remolacha genéticamente modificada requiere considerablemente menos aplicaciones de herbicidas para controlar efectivamente las malezas. Un menor número de desplazamientos a través del campo aplicando herbicidas permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la erosión del suelo, reducir la compactación del suelo y mejorar la conservación del agua.

Por otro lado, a partir del año 2001 en Chile, sólo se permite la multiplicación de semillas transgénicas con

fin de exportación. La evolución de la superficie sembrada con semillas transgénicas ha crecido considerablemente desde el año 1992 y para la reciente temporada se estima que se alcanzará la cifra record de 36.000 hectáreas (ver gráfico) (ANPROS, 2011). En la temporada 2010/2011 el 79% de la superficie total de semilleros de maíz correspondió a maíces transgénicos (13.614 de 17.223 hectáreas), el 99,9% de todos los semilleros de soja fueron transgénicos (3.514 de 3.516 hectáreas) y el 86% de los semilleros de canola también fueron transgénicos (2.648 de 3.071 hectáreas) (ANPROS, 2011).

La importancia de Chile como productor de semillas se debe a que la mayoría de los consumidores se encuentran en el hemisferio norte y la diferencia de estación en el hemisferio sur permite avanzar un año en el calendario agrícola. Mientras en el sur se cosecha en primavera-verano, en el hemisferio norte se encuentran en otoño-invierno, época de la siembra. Así, los programas de mejoramiento genético del hemisferio norte cosechan nuevas líneas y mandan las semillas a Chile para realizar pruebas de campo de contra estación. De esta manera se avanza más rápido en el desarrollo de las nuevas variedades que los agricultores requieren.

EVOLUCIÓN DE LA SUPERFICIE TOTAL DE SEMILLEROS TRANSGÉNICOS EN CHILE
(Elaborado a partir de ANPROS 2011).



Mito 17: La biotecnología agrícola y los cultivos transgénicos no son importantes para el desarrollo de la agricultura nacional.

En la actualidad Chile ocupa el quinto lugar entre los países exportadores de semillas a nivel mundial, y ocupa el primer lugar en exportadores de semillas transgénicas del hemisferio sur. El año 2008, el 86% de la superficie destinada para la exportación de semillas, fue para exportación de semillas transgénicas, generando un fuerte impacto en la economía chilena. Ese año, la industria de semillas nacional (semillas transgénicas para exportación más semillas no- transgénicas para exportación y mercado local) dio cuenta de: i) US\$94 millones al año en remuneraciones y beneficios; ii) transferencia tecnológica a 2.790 agricultores; iii) demanda de bienes y servicios por US\$30 millones al año, y; iv) generación de divisas por sobre US\$222 millones (Fundación Chile, 2009).

Esto ha contribuido a que Chile durante las últimas cinco temporadas (2005-2009) haya registrado ingresos totales por exportaciones de semillas transgénicas por sobre los US\$522 millones (Ver recuadro) (ANPROS 2011).

INGRESOS TOTALES POR PRODUCCIÓN Y EXPORTACIÓN DE SEMILLAS TRANSGÉNICAS EN CHILE (2005-2009) [MILLONES DE US\$]
(Elaborado a partir de ANPROS 2011).

	Maíz	Soja	Canola	Total
2005	41,8	0,9	3,0	45,6
2006	69,1	0,6	1,9	71,6
2007	97,5	0,6	1,6	99,7
2008	132,1	4,1	3,0	139,1
2009	119,5	27,9	18,9	166,2
Total	460,0	34,1	28,4	522,2



Referencias:

Asociación Nacional de Productores de Semilla (ANPROS) 2011. www.anpros.cl

Fundación Chile. 2009. Impacto de la Industria Semillera en la Economía Chilena.

Salazar E, Montenegro G. 2009. Genetically modified crops in Chile. *Cien. Inv. Agr.* 36(3):353-368.





www.chilebio.cl



La Asociación Gremial ChileBIO CropLife, ChileBIO, agrupa a las compañías desarrolladoras de biotecnología agrícola las cuales se dedican al desarrollo, producción y comercialización de productos innovadores para la agricultura basados en la mejora genética de semillas.

El objetivo de ChileBIO es informar, educar y divulgar sobre temas de biotecnología agrícola, difundiendo información respaldada por fuentes fidedignas o sustentada en estudios científicos que pueden ser consultados en cualquier momento.

ChileBIO promueve el desarrollo de una agricultura sustentable, las buenas prácticas agrícolas, la protección de la salud de los consumidores, la preservación del medio ambiente, el respeto a la propiedad intelectual, y el establecimiento de normas con criterio científico para la regulación de la biotecnología agrícola.

www.chilebio.cl
contacto@chilebio.cl

Teléfono: (56-2) 235 4001

Antonio Bellet 77, Of. 607 Providencia, Santiago, Chile.

