

INFORME AMPLIADO

Cultivos Transgénicos en Uruguay

Aportes para la comprensión de un tema complejo



Este Informe es uno de los productos del Proyecto 'Cultivos transgénicos en Uruguay. Aportes para la comprensión de un tema complejo desde un abordaje multidisciplinario' financiado por el 'Fondo Universitario para Contribuir a la Comprensión Pública de temas de Interés General' de la CSIC – UdelaR. Este proyecto fue seleccionado en la convocatoria 2014 de dicho programa.

Equipo coordinador:

Lic. Pablo Galeano - DepBio, Facultad de Química
Ing. Agr. Guillermo Galván, PhD - Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía
Lic. Adriana Cauci - Dpto. de Nutrición Poblacional, Escuela Universitaria de Nutrición
Dr. Claudio Martínez Debat - Sección Bioquímica, Facultad de Ciencias
Mag. Gabriel Oyhançabal - SCEAM
Ing. Agr. Ignacio Narbondo - Dpto. de Ciencia Sociales, Facultad de Agronomía
Dra. Marianela Barcia - Unidad de Bioética, Facultad de Medicina

Equipo de trabajo:

Dra. Mabel Burger - RETEMA, UdelaR
Dra. Natalia Bajsa - IIBCE, MEC
Mag. Victoria Evia - Facultad de Humanidades y Cs. de la Educación
Dra. Patricia Artía - Antropóloga
Mag. Elisa Bandeira - Nutricionista
Mag. Lara Taroco - Ingeniera en Alimentos
Chef Laura Rosano - Slow Food
Lic. Paula Rama - Slow Food
Dra. Laura Franco Fraguas - Facultad de Química
Dr. Sebastián Toledo - Facultad de Medicina

Contacto: pgaleano@fq.edu.uy

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	6
Capítulo 1: Los cultivos transgénicos	8
1.1 ¿Qué son los cultivos transgénicos?	8
Obtención de un Vegetal Genéticamente Modificado o Transgénico	9
Otras técnicas de modificación genética no convencional	10
1.2 Origen de los cultivos transgénicos.....	11
1.3 ¿Qué cultivos transgénicos se siembran en el mundo?	12
1.4 ¿Qué cultivos transgénicos se siembran en Uruguay?.....	13
1.5 Incertidumbres asociadas al desarrollo de plantas transgénicas.....	17
1.6 Evaluación de riesgos asociados a los cultivos transgénicos	18
1.7 Regulación de los Cultivos Transgénicos en Uruguay	20
1.8 Etiquetado de ‘alimentos transgénicos’	21
Etiquetado en la Unión Europea (UE)	22
Etiquetado en los Estados Unidos (EEUU).....	23
Etiquetado en Uruguay	23
Capítulo 1: Referencias bibliográficas	26
Capítulo 2: Los cultivos transgénicos y el ambiente	29
2.1 Riesgos potenciales de Cultivos Transgénicos tolerantes a herbicidas.....	29
2.1.1 El propio cultivo puede transformarse en una maleza.	31
2.1.2 El cultivo transgénico podría transferir la tolerancia a herbicidas a una especie emparentada.....	31
2.1.3 Aparición de malezas tolerantes a herbicidas.....	32
2.1.4 Impactos sobre distintos organismos (organismos no-blanco).	34
Residuos de herbicidas en plantas TH.....	36
2.1.5 Impactos en los ecosistemas.....	37
2.2 Riesgos potenciales de cultivos productores de toxinas Bt.	38
2.2.1 Efectos de las toxinas Bt sobre organismos no-blanco.	38
Efectos sobre artrópodos terrestres	39
Efectos sobre organismos del suelo.....	40
Efectos sobre la macrofauna.....	40
Efectos sobre microorganismos del suelo.....	40
Efectos sobre organismos acuáticos	41
2.2.2 Desarrollo de resistencia a la toxina Bt en insectos plaga.	42

2.3 Flujo génico entre cultivos transgénicos y no transgénicos.....	42
Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz	44
Capítulo 2: Referencias bibliográficas	46
Capítulo 3: Salud y alimentación.....	54
3.1 Introducción	54
3.2 Directrices de organismos internacionales, diferencias entre países y la realidad nacional	55
3.3 Aditivos y alimentos que pueden contener eventos transgénicos en el Uruguay.....	57
3.4 Riesgos, incertidumbres y controversias.....	57
3.4.1 Riesgos identificados: Modificación genética realizada en el vegetal	59
3.4.1a Riesgos por la inserción de un gen que expresa la característica nueva buscada (transgen) en un organismo vegetal que originalmente no contenía dicho gen	60
3.4.1b Riesgo por la generación de resistencia a antibióticos	61
3.4.1d Riesgo de desarrollo o aumento de alergias.....	65
3.4.1e Riesgo por el desarrollo o aumento de la toxicidad del alimento.	67
3.4.2 Riesgos identificados: Sistema de producción asociado a los cultivos de transgénicos	73
3.4.2a Generalidades de los plaguicidas	74
3.4.2b Exposición ocupacional y/o por residencia próxima a cultivos transgénicos	74
3.4.2c Residuos de plaguicidas en alimentos y agua.....	75
3.5 Derecho a la alimentación adecuada y derecho a la información: Etiquetado de alimentos que contienen transgénicos.	76
3.5.1 Derecho a la alimentación adecuada	76
3.5.2 Derecho a la información	78
3.6 Algunas reflexiones sobre los efectos en salud de los cultivos transgénicos	81
Capítulo 3: Referencias bibliográficas	84
Capítulo 4: Aspectos socio-económicos.....	90
4.1. Las miradas optimistas	91
4.1.1 Optimismo celebratorio: UCUDAL	91
4.1.2 Optimismo con reparos: Vasallo (2011).....	92
4.2 Los cambios en la estructura social agraria	93
4.3 La economía política de los OGMs: la expansión de las relaciones sociales capitalistas en el campo	98
Capítulo 4: Referencias bibliográficas	101
Análisis de entrevistas a actores clave.....	103
Introducción	103
Metodología	104

Controversia	105
Impactos positivos y negativos de los cultivos transgénicos en Uruguay identificados por los entrevistados.....	108
Impactos positivos:.....	108
Ambientales:	108
Socio- económico-productivos:.....	109
Salud y alimentación:	109
Impactos negativos:	109
Ambientales	109
Socio- económico-productivos.....	109
Salud y alimentación	111
Significados en torno al etiquetado de alimentos transgénicos.....	114
Referencias.....	115

INTRODUCCIÓN

Escribir sobre cultivos transgénicos es un gran desafío, nos atrevemos a llevarlo adelante porque como universitarios consideramos que esta temática debiera estar al alcance de toda nuestra población, con el objetivo de que la misma sea correctamente informada tanto sobre sus riesgos como sus beneficios.

Esta tecnología ha desatado fuertes controversias en distintos ámbitos de la sociedad a nivel mundial. La ingeniería genética o tecnología del ADN recombinante, que está en la base de su desarrollo, ha abierto enormes posibilidades en el terreno de la generación del conocimiento científico y también en el de la producción de bienes, pero a la vez ha generado nuevas interrogantes vinculadas a los efectos potenciales no esperados de los productos derivados de su aplicación.

Si bien la tecnología vinculada al desarrollo de los cultivos transgénicos es compleja, la discusión respecto a su uso no es un tema restringido a los expertos, ya que una vez liberados al ambiente se ha convertido en un tema de interés general.

Los objetivos de esta publicación son brindar elementos para la comprensión de la tecnología que sustenta el desarrollo de los cultivos transgénicos, analizar sus potenciales efectos sobre la población y el ambiente, y difundir y analizar con rigor científico la información disponible con el fin de llegar a productores, educadores, consumidores, y a tomadores de decisiones a nivel nacional. Para ello hemos reunido un equipo multi e interdisciplinario, la mayoría de sus miembros procedentes del sector universitario, que aportan desde sus diferentes perspectivas al análisis de la temática.

Es de destacar que esta publicación centra su análisis en aspectos relacionados a los cultivos transgénicos que hoy se producen comercialmente en nuestro país; nos referimos a cultivares transgénicos de soja y maíz. La información generada a nivel internacional es mucha y de diversas fuentes, y se hace necesario analizarla en profundidad, para facilitar su comprensión y evaluar sus conclusiones. El abordaje del tema que presentamos en esta publicación no se restringió al análisis de la tecnología en sí, sino que se incluyó además el paquete tecnológico asociado al desarrollo de los cultivos, los marcos legales que los regulan, y la estructura productiva y de comercio que los impulsan, abordándose aspectos socio-económicos, ambientales, de salud y alimentación.

Esta publicación se estructura en cuatro capítulos:

Capítulo 1: aporta información general acerca de que son los cultivos transgénicos, que importancia tienen a nivel mundial y en nuestro país, y como se regulan en Uruguay.

Capítulo 2: aborda aspectos vinculados a los impactos potenciales de los cultivos transgénicos en el ambiente en el cual se desarrollan.

Capítulo 3: se aporta información acerca de los aspectos vinculados con la salud y la alimentación.

Capítulo 4: trata sobre los impactos socioeconómicos que han tenido en nuestro país el desarrollo de los cultivos transgénicos

Finalmente se brinda un análisis de entrevistas realizadas a actores nacionales vinculados a la temática. Estas entrevistas formaron parte de las actividades realizadas en el marco del proyecto que dio lugar a esta publicación.

En suma este material fue elaborado en base a una revisión bibliográfica exhaustiva que incluye además de las publicaciones debidamente arbitradas nacionales y extranjeras, artículos científicos presentados en simposios, seminarios y jornadas, vinculadas con la temática, habiéndose consultado también reglamentación vigente y datos estadísticos oficiales vinculados.

Desde las capacidades y experiencias de quienes integramos el equipo de trabajo, esperamos brindar un material que aporte a la comprensión del tema y estimule el debate informado.-

Capítulo 1: Los cultivos transgénicos

Pablo Galeano¹, Guillermo Galván², Claudio Martínez Debat³

En este capítulo se brinda información acerca de qué son los cultivos transgénicos, como se originan, qué relación tienen con el mejoramiento genético convencional, que importancia tienen a nivel mundial, cuales se siembran en Uruguay, en qué consisten las evaluaciones de riesgos, cual es la reglamentación para su uso en Uruguay. Se brinda también información acerca de líneas investigación que utilizan o desarrollan plantas genéticamente modificadas en nuestro país.

Si bien se abordan aspectos sobre la tecnología que posibilita el desarrollo de los cultivos transgénicos, el foco de análisis está puesto en los cultivos que hoy se producen comercialmente en Uruguay.

1.1 ¿Qué son los cultivos transgénicos?

Todos los seres vivos reciben de sus progenitores y pasan a su descendencia la **información genética** que los define como organismos de determinada especie y que los habilita a vivir y reproducirse en determinados hábitats. Esta información está físicamente organizada en cada célula viva en grandes moléculas de ácido desoxirribonucleico (ADN). Estas moléculas se componen de una larga secuencia de unidades estructurales, denominadas nucleótidos. En su composición, cada nucleótido puede presentar una de cuatro variantes posibles: las bases nitrogenadas adenina (A),

Genes y Genomas

Gen: Segmento mínimo funcional de ADN que codifica la información para la síntesis de una proteína o una molécula funcional de ARN. Las funciones biológicas de estas moléculas son las que median la 'expresión' de la información genética contenida en los genes.

Genoma: Es el total del material hereditario (ADN) de cada célula de un organismo. Se encuentra organizado en uno o más cromosomas, dependiendo de la complejidad del organismo. No toda la secuencia de nucleótidos que conforma un genoma está contenida en genes, existen secuencias que cumplen funciones reguladoras de la expresión de los genes e incluso se desconoce las funciones que cumplen buena parte de las secuencias extragénicas.

¹ Departamento de Biociencias, Cátedra de Bioquímica, Facultad de Química

² Departamento de Producción Vegetal, Centro Regional Sur, Facultad de Agronomía

³ Laboratorio de trazabilidad molecular alimentaria, Sección Bioquímica, Facultad de Ciencias

timina (T), guanina (G) o citosina (C). Es la secuencia en que se presentan estas A, T, G y C la que codifica la información contenida en el ADN.

Se conocen como 'cultivos transgénicos' a aquellos producidos a partir de **vegetales genéticamente modificados**. Genéticamente modificado hace referencia a que la **información genética** de estos vegetales ha sido 'modificada' por procedimientos de **ingeniería genética**. Por estos métodos es posible incorporar a un organismo vivo información genética proveniente de especies sexualmente incompatibles con éste. Con esto se busca que determinada especie de planta adquiera nuevas características que no son posibles de obtener por el mejoramiento genético convencional basado en el cruzamiento de individuos sexualmente compatibles. A modo de ejemplo, en el caso del primer cultivo transgénico sembrado en Uruguay, la soja RR tolerante al herbicida glifosato, se incorporó al **genoma** de la planta de soja información genética de una bacteria (*Agrobacterium tumefaciens*); esta incorporación les permite a las plantas de soja RR no afectarse ante la exposición al glifosato mientras que las plantas de soja no transgénica mueren ante la exposición a este herbicida.

Ingeniería Genética y Organismos Genéticamente Modificados

Se conoce como **ingeniería genética** al conjunto de técnicas mediante las cuales se puede manipular la información genética, ya sea modificando o recombinando distintos fragmentos de ADN, para obtener 'construcciones génicas' (ADN recombinante o transgen) que luego son transferidas a células de un organismo receptor mediante un proceso denominado 'transformación'. Como resultado, es posible obtener células que incorporan a su genoma un ADN recombinante. A partir de estas células, es posible regenerar un organismo completo con lo que se obtiene un **Organismo Genéticamente Modificado**.

Transgen: Denominación del ADN recombinante introducido en el organismo receptor cuando contiene información genética de una especie distinta de éste.

Transgénico: Organismo genéticamente modificado al que se introdujo en su genoma uno o varios transgenes.

Obtención de un Vegetal Genéticamente Modificado o Transgénico

En la generación de un vegetal genéticamente modificado o transgénico, participan varios organismos: los dadores de las secuencias de ADN de interés, otros que proveen secuencias de ADN de tipo regulatorio y, finalmente, el organismo receptor (un vegetal en este caso) al que se pretende dotar de nuevas características.

Luego de la extracción, análisis y manipulación de fragmentos de ADN de los organismos dadores, mediante técnicas de **ingeniería genética**, se fabrica una nueva secuencia de ADN quimérica (ADN recombinante o **transgen**), que se introduce en

células del organismo receptor mediante un proceso denominado 'transformación'. Este proceso se realiza mediante técnicas bioquímicas o físicas que en un inicio no permitían controlar el sitio de inserción ni el número de copias incorporadas del transgen. Así se desarrollaron los cultivos transgénicos que actualmente se producen en nuestro país.

Las células transformadas que incorporaron una o varias copias del transgen son sometidas cada una de ellas a cultivo celular y de tejidos para regenerar una planta completa. Por cada célula transformada con éxito, se obtiene una planta transgénica también denominada 'evento'.

Evento de transformación

Durante el procedimiento de 'transformación', se transfiere el transgen a varias células receptoras. Las células que lo incorporan lo hacen en distintos lugares del genoma, incluso pueden incorporar varias copias completas o parciales del transgen. En consecuencia cada célula presenta un patrón particular de integración del transgen lo que configura un 'evento de transformación'. En el caso de los vegetales, el término 'evento' hace referencia a las plantas derivadas de una de estas células.

Estas plantas son Vegetales Genéticamente Modificados y su genoma es ahora un genoma recombinante que transmitirán a su descendencia. Estas plantas se utilizan en programas de mejoramiento convencional, donde se cruzan con plantas de su misma especie con buena performance agronómica (germoplasma elite) para, luego de varias rondas de selección y cruzamientos, obtener un cultivar comercial que expresa la nueva característica introducida en el 'evento' en cuestión. Se puede generar cultivares con 'eventos apilados' del cruzamiento entre dos o más cultivares transgénicos los cuales contendrán más de un transgen.

Otras técnicas de modificación genética no convencional

Existen otras técnicas para la modificación genética no convencional de plantas, tales como la **cisgénesis** (donde se (re)introduce en la planta ADN manipulado de la propia planta u otras sexualmente compatibles, sin la intervención de ADNs transgénicos, pero que implica la extracción y manipulación del ADN y su posterior reintroducción en la misma), la **intragénesis** (similar a la anterior pero con construcciones híbridas), la técnica de **ARN de interferencia** (RNAi, donde, mediante la producción de un pequeño fragmento de ARN, este interfiere –por complementariedad de secuencia- con algún proceso de expresión génica normal del organismo) y, finalmente, las técnicas novedosas de **edición genómica**, en las que una endonucleasa modificada (enzima que corta y modifica el ADN), que es introducida en el organismo, "edita" el genoma *in vivo*, siendo el sistema de origen procariota CRISPR/Cas el más utilizado en la actualidad. Estos nuevos métodos permitirían tener una mayor precisión a la hora de modificar el genoma receptor.

1.2 Origen de los cultivos transgénicos

Durante el siglo XX se procesaron cambios significativos en los procesos de mejoramiento de los cultivos que la humanidad había domesticado y seleccionado durante miles de años para proveerse de alimento, madera y fibras, entre otros usos. En efecto, una nueva etapa comenzó con la aplicación de principios científicos a la selección, que siguió al enunciado de las leyes de Mendel. No obstante, salvo otras técnicas aplicadas en menor medida, el desarrollo de nuevas variedades continuó basado en la recombinación de gametos en la floración, generando nuevas combinaciones y genotipos superiores. Algunas ventajas de la selección a partir de la reproducción sexual son, virtualmente, (1) la recombinación de todo el genoma y por tanto de todos los genes, y (2) las infinitas posibilidades de combinaciones disponibles en la progenie.

En la última década del siglo XX se llegó a la aplicación comercial en cultivos agrícolas de la tecnología del ADN recombinante, que levantó barreras existentes hasta ese momento. Genes pertenecientes a otras especies, incluyendo microbios y animales, que no hubiera sido posible incorporarlos mediante recombinación sexual a una nueva variedad de un cultivo, se pudieron incorporar mediante transformación genética. La transformación es un mecanismo de recombinación y de generación de variabilidad presente en organismos procariontes como las bacterias. Frederick Griffith había descubierto ya en 1928 la capacidad de cepas de la bacteria *Streptococcus pneumoniae* de transformarse en virulentas para ratones, y que esa transformación se debía a la incorporación de ADN libre de otras cepas virulentas.

Más allá de los importantes avances que significaron los descubrimientos de la estructura y funcionamiento del ADN en las décadas siguientes, con la descripción de la doble hélice por James Watson y Francis Crick (1953), fue el descubrimiento de las enzimas de restricción el punto de partida para las tecnologías del ADN recombinante (Arber y Linn, 1969; Smith y Wilcox, 1970). Esas nucleasas cortan el ADN en sitios específicos, facilitando la unión de fragmentos de ADN de diferentes orígenes. Las enzimas de restricción fueron una herramienta que permitieron la construcción de librerías genómicas, la clonación de genes, y las primeras técnicas de secuenciación en los 70's. Además, permitieron la construcción de genes con fragmentos de diferentes orígenes, y la transformación de organismos vivos, llegando en 1977 a la primera reproducción de una proteína humana en bacterias para uso como medicamento (Itakura et al, 1977).

Ya en los años 70's se reconoció el enorme potencial de la tecnología del ADN recombinante, a la vez que los potenciales riesgos asociados con la manipulación de segmentos de ADN (Berg et al. 1974). Riesgos por la generación de nuevos microorganismos virulentos para los humanos, y aspectos éticos por las manipulaciones en humanos, llevaron a la preocupación del conjunto de la sociedad en estos asuntos.

La obtención de las primeras plantas transformadas (transgénicas) fue reportada en 1983, utilizando la capacidad de *Agrobacterium tumefaciens* de generar tumores en

el tejido vegetal mediante la inserción de un plásmido. Herrera Estrella et al. (1983) lograron la inserción de un gen de resistencia a cloranfenicol en tabaco, mientras que Bevan et al. (1983), trabajando independientemente, la inserción de un gen de resistencia al antibiótico G418 en petunia. La empresa Monsanto simultáneamente desarrolló trabajos similares, al insertar genes de resistencia a kanamicina u otros antibióticos en protoplastos de petunia (Fraleigh et al., 1983), mientras que Murai et al. (1983) insertaron en girasol un gen de la proteína faseolina de la semilla de poroto. Todos estos trabajos implican la construcción de genes que los autores llaman quiméricos, con secuencias provenientes de orígenes diversos.

La inserción de un gen funcional supone una construcción que incluye una secuencia iniciadora; una secuencia reguladora de la expresión que asegure un alto nivel de expresión; otras para que el producto génico (proteína) se exprese y localice en el sitio donde tendrá su función; generalmente un carácter marcador que permita la selección (identificación) de los protoplastos transformados; y una secuencia terminadora.

Como la transformación mediante la inducción de tumores por *A. tumefaciens*, y la transferencia a través del plásmido T no es viable en numerosas familias de plantas, se buscaron otras técnicas de transferencia. El bombardeo de protoplastos vegetales con micropartículas de oro o tungsteno portadoras del ADN de interés, resultó un método eficiente (Klein et al., 1987).

Las mejoras en las técnicas de transformación, y la disponibilidad de tecnologías capaces de escanear miles de secuencias en un genotipo, cada vez a menor tiempo y a menor costo, hacen prever el desarrollo de cultivos transgénicos con mayor ajuste a los objetivos buscados (Müller and Wang, 2014).

1.3 ¿Qué cultivos transgénicos se siembran en el mundo?

En la actualidad se siembran unos 180 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en 28 países del mundo, concentrándose en 5 países el 90% de esta área (Estados Unidos, Brasil, Argentina, India y Canadá). El Cono Sur de América es la segunda región con mayor área de cultivos transgénicos después de Norteamérica. Sumando a Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay y Bolivia se sembraron cerca de 75 millones de hectáreas de cultivos transgénicos durante el año 2015 (más de cuatro veces el área total de Uruguay) (James, 2015).

El 99% del área sembrada con cultivos transgénicos a nivel mundial corresponde a cuatro especies: soja (51%), maíz (30%), algodón (13%) y canola (5%). Además de éstas, durante el 2015 se sembraron cultivos transgénicos de otras especies; remolacha azucarera en EEUU y Canadá; papaya en EEUU y China; alfalfa, calabacín, papa y manzana sólo en EEUU; berenjena en Bangladesh y álamo en China. En Brasil además está autorizado el cultivo de poroto y eucaliptus. También existen cultivos de claveles y rosas transgénicos de colores distintos a los convencionales (NAS, 2016).

Las características incorporadas que predominan en los cultivos transgénicos son dos: la síntesis de toxinas bacterianas (toxinas Bt) con acción insecticida sobre larvas de ciertos lepidópteros (lagartas), y alteraciones metabólicas que les permiten tolerar la acción de ciertos herbicidas (la más extendida es la tolerancia al glifosato). La tolerancia a herbicidas está presente en más del 85% del área de cultivos transgénicos a nivel mundial (James, 2015).

1.4 ¿Qué cultivos transgénicos se siembran en Uruguay?

En Uruguay se siembran cultivos transgénicos de **soja** y **maíz**. Para el caso de la **soja** hay cinco eventos aprobados para su cultivo, mientras que para el **maíz** son diez (Tabla 1.1). Los nuevos rasgos incorporados a los cultivos transgénicos, tanto para los cultivares de soja como para los de maíz, son de dos tipos: modificaciones metabólicas que les confieren tolerancia a determinados herbicidas y producción de toxinas Bt (derivadas de la bacteria *Bacillus thuringiensis*) que les confieren resistencia a ciertos lepidópteros (lagartas).

El primer evento transgénico aprobado en Uruguay en 1996 fue la **soja** RR (Roundup Ready) de la empresa Monsanto, tolerante al herbicida glifosato. En soja, además de este evento, hay aprobados dos de la empresa Bayer, que confieren tolerancia al herbicida glufosinato de amonio; otro de la empresa BASF con tolerancia a herbicidas del grupo de las imidazolinonas; y un 'evento apilado' de Monsanto (la soja Intacta RR2Pro) que porta a la vez un transgen que lo hace tolerante al glifosato y otro que lo convierte en tóxico para ciertas lagartas al producir una toxina Bt.

La **soja** RR y la Intacta RR2Pro son los cultivos de soja transgénica preponderantes en nuestro país. Prácticamente toda el área sembrada con soja en Uruguay corresponde a cultivares transgénicos. La soja es, desde la zafra 2003/04, el principal cultivo agrícola del país. En la zafra 2014/15 se sembraron más de 1.3 millones de hectáreas y se produjeron 3.1 millones de toneladas de porotos de soja (MGAP-DIEA, 2015).

Los primeros eventos transgénicos en **maíz** aprobados para cultivo en Uruguay fueron los 'maíces Bt' MON810 y Bt11, en 2003 y 2004 respectivamente. Ambos producen una proteína Bt tóxica para larvas de lepidópteros que son plaga del maíz. Luego se aprobaron otros ocho eventos simples y apilados que producen toxinas Bt y/o presentan tolerancia a glifosato y/o a glufosinato de amonio. De estos eventos transgénicos, 4 pertenecen a la empresa Syngenta, 3 a Monsanto, 2 a Dow Agrosiences, y 1 a un acuerdo entre Monsanto y Dow.

En la **zafra 2014/15** se sembraron 83 mil hectáreas de **maíz** en Uruguay (MGAP-DIEA, 2015). No existen datos oficiales en relación a qué porcentaje del maíz es transgénico. El Instituto Nacional de Semillas estima que sólo un 0,2 % de la semilla utilizada es producida por los propios productores, y que el 85% es de la semilla

comercializada es importada y el resto es nacional⁴. Al año 2010, que es el último dato disponible, cerca del 90% del volumen de semilla importada para maíz era transgénica.

Tabla 1.1. Eventos transgénicos aprobados para uso comercial en Uruguay

Evento	Empresa	Rasgo*	Proteína transgénica	Año
Soja				
GTS 40-3-2	Monsanto	TGli	CP4 EPSPS	1996
A2704-12	Bayer	TGlu	PAT	2012
A5547-127	Bayer	TGlu	PAT	2012
MON89788xMON87701	Monsanto	TGli /RL	CP4 EPSPS / Cry1Ac	2012
BPS-CV127-9	BASF	TIImi	Crs1-2	2014
Maíz				
MON810	Monsanto	RL	Cry1Ab	2003
Bt11	Syngenta	RL/TGlu	Cry1Ab / PAT	2004
GA21	Syngenta	TGli	mEPSPS	2011
GA21xBt11	Syngenta	RL/TGlu,Gli	Cry1Ab/ PAT/ mEPSPS	2011
TC 1507	Pioneer / Dow	RL/TGlu	Cry1F / PAT	2011
NK603	Monsanto	TGli	CP4 EPSPS	2011
MON810xNK603	Monsanto	RL/TGli	Cry1Ab / CP4 EPSPS	2011
TC 1507xNK603	Pioneer / Dow	RL/TGlu,Gli	Cry1F / PAT / CP4 EPSPS	2012
GA21xMIR162xBt11	Syngenta	RL/TGlu,Gli	mEPSP / vip3Aa20 / Cry1Ab	2012
MON89034xTC1507xNK603	Monsanto/Dow	RL/TGlu,Gli	Cry1A.105 / Cry2Ab2 / Cry1F / PAT / CP4 EPSPS	2012

Tabla elaborada a partir de datos disponibles en:

<http://www.mgap.gub.uy/portal/page.aspx?2,gnbio,gnbio-ogms-autorizados-en-uruguay,O.es,0>,

*Rasgos: RL, resistencia a lepidópteros; TGli, tolerancia a glifosato; TGlu, tolerancia a glufosinato de amonio; TIImi, tolerancia a herbicidas del grupo de las imidazolinonas.

Además de los eventos ya aprobados para cultivo, se encuentran **en evaluación** por parte de la autoridad competente (la Comisión para la Gestión del Riesgo) varios

⁴ <http://www.inase.org.uy/Sitio/Estadisticas/Default.aspx>

eventos de soja y maíz y uno de trigo. Los **nuevos rasgos** presentes en algunos de los eventos que se encuentran en evaluación son:

- En soja, tolerancia a los herbicidas 2,4-D, dicamba e isoxaflutol y tolerancia a sequía.
- En maíz, tolerancia a 2,4-D y resistencia a coleópteros

Además algunos eventos apilados tanto de soja como de maíz, combinan la resistencia a varios herbicidas y/o la expresión de varias toxinas Bt.

El evento de trigo en evaluación porta como rasgos la tolerancia a sequía y al herbicida glufosinato de amonio (por más información sobre estos eventos ver Anexo I).

Además de las liberaciones para uso comercial, existen autorizaciones de eventos transgénicos con otros fines, estos incluyen la producción de semilla de exportación, la investigación y la evaluación de cultivares. Para producción de semilla hay aprobados varios eventos en soja y están en evaluación otros, incluyendo uno de maíz. Para investigación además de soja y maíz, hay aprobados eventos de papa y tomate.

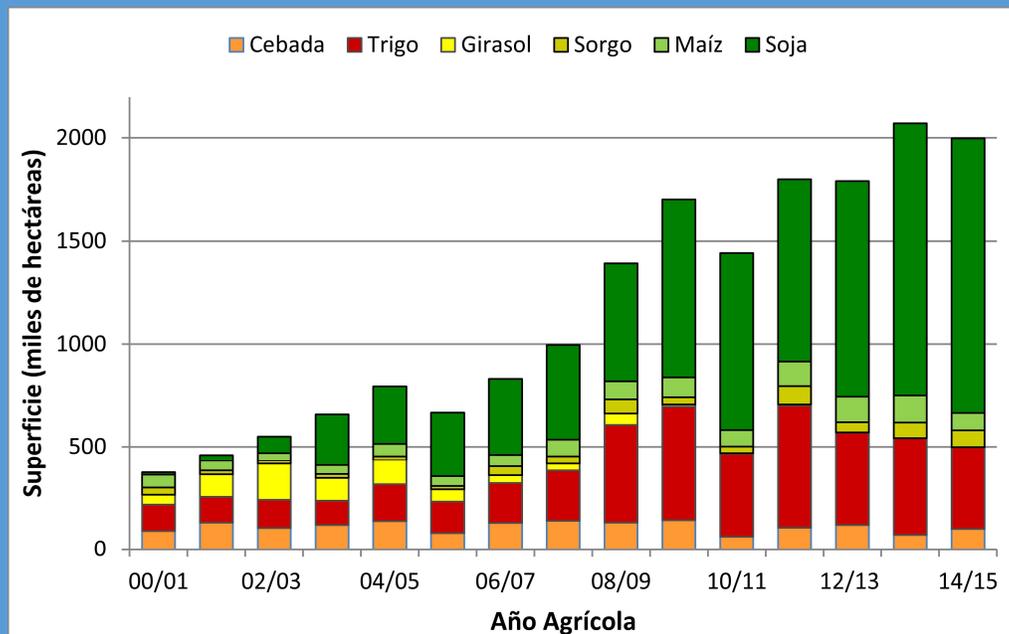
El cultivo de soja transgénica y el crecimiento de la agricultura en Uruguay

La soja ha sido el gran motor del crecimiento de la agricultura en Uruguay. La utilización de cultivares transgénicos tolerantes a glifosato, el uso de este herbicida y la generalización del uso de la siembra directa permitió el desarrollo de un paquete tecnológico asociado al cultivo de soja, que junto a los altos precios internacionales del grano, hicieron muy rentable su producción a gran escala.

Hasta hace catorce años la soja era un cultivo de poca relevancia en la agricultura uruguaya siendo excepcionales las zafras en que se sembraron más de 50 mil hectáreas. En la década pasada comienza la expansión del cultivo que desde la zafra 2000/01 a la zafra 2014/15 multiplicó más de cien veces el área y su producción. En ese período el área de soja pasó de 12 mil a 1.3 millones hectáreas y su producción de 28 mil a 3.1 millones de toneladas. Actualmente la soja es el principal cultivo agrícola del país, cubriendo más del 85% del área de cultivos de verano.

La producción se encuentra concentrada en grandes empresas. En la zafra 2014/15, las empresas que sembraron más de 2000 hectáreas (unas 150) representaron un 6% del total de los productores y concentraron el 53% de la producción de soja en Uruguay.

Evolución del área de cultivos agrícolas de secano en Uruguay. Elaborado en base a datos de MGAP-DIEA.



1.5 Incertidumbres asociadas al desarrollo de plantas transgénicas

Las técnicas de ingeniería genética han sido presentadas como una gran herramienta por su exacta y previsible producción de organismos genéticamente modificados. Sin embargo, el cambio inducido por la expresión de un transgen en un Organismo Genéticamente Modificado (OGM) no es una simple cuestión de transcripción o traducción de la secuencia de ADN recombinante insertada. Los métodos disponibles para transferir construcciones genéticas a las células son actualmente ineficientes e imprecisos. Ninguno de los métodos empleados en los cultivos transgénicos que hoy se siembran comercialmente (biobalística, transformación *in planta*) permiten predeterminar el sitio de inserción del transgen en la célula/ADN receptor. La localización del inserto puede influir sustancialmente en la función del ADN integrado y producir efectos desconocidos sobre los propios genes del receptor. A modo de ejemplo, ya se han encontrado en un mismo cultivo de células de mamífero transfectadas, células con características diferentes (Álvarez-Buylla et al., 2013).

Entre los principales niveles de riesgos e incertidumbres de los vegetales genéticamente modificados (y los alimentos preparados a partir de éstos) se destacan:

1) **La construcción recombinante o transgénica propiamente dicha**, que incluye la o las secuencias de ADN (genes) que codifican para las proteínas objeto de la biotecnología, incluyendo sus secuencias regulatorias -que determinan dónde y cuándo se expresará dicha secuencia-, y las secuencias que permiten la selección de las plantas que resultan transgénicas. Como ejemplo, tenemos a las secuencias de ADN incluidas en el cassette de transformación o construcción quimérica, y en particular a una de las más utilizadas en los vegetales genéticamente modificados (OVGMs), el promotor 35S del virus del mosaico de la coliflor (p35S del CaMV, ver por ej. Podevin & du Jardin, 2012). Otro ejemplo son los posibles peligros asociados a los genes marcadores de resistencia a antibióticos, la posible integración (en el genoma de la planta) de las construcciones transgénicas cerca de retrotransposones o secuencias repetitivas de tipo regulatorio, y la alteración impredecible de las proteínas contenidas en los alimentos genéticamente modificados. De hecho ya existen varios estudios publicados que indican el potencial del promotor 35S CaMV para la activación transcripcional en sistemas mamíferos, además de estudios con diferentes especies de levaduras (Myhre et al., 2006). Myhre y colaboradores demostraron la actividad del promotor 35S en cultivos de fibroblastos humanos y, a partir de entonces, en células de hámsters. También estudiaron la actividad del promotor 35S en células similares a enterocitos humanos, por ser relevantes en la absorción de ADN transgénico, y concluyeron que podría producir efectos no deseados en los hospederos si se consumiera de forma no intencional.

2) **El contexto genómico y proteómico** es importante, así como el **fondo genético de la planta receptora** en el cual se integrará la construcción recombinante -y del cual dependerá el efecto fisiológico o morfológico del transgén-. En este sentido se han encontrado rearrreglos en el ADN de la planta transgénica: deleciones (en los eventos

Mon810, GA21, Bt176), recombinación (en T25, soja GTS 40-3-2, Bt176), secuencias repetitivas en tándem o invertidas (T25, GA21, Bt176) fragmentos transgénicos rearrregados esparcidos por el genoma (Mon810) (Hernández et al., 2003; Holck et al., 2002; Collonnier et al., 2003; Windels et al., 2001); así como integraciones de construcciones transgénicas cerca de retrotransposones (T25, Mon810, GA21) y secuencias repetitivas (Bt11) (Rønning et al., 2003; Jank y Haslberger, 2000). Asimismo, es muy probable que ocurran cambios en el transcriptoma, proteoma, epigenoma, interactoma y metaboloma. En un artículo reciente, (Agapito-Tenfen et al. 2014) se demuestran cambios en el proteoma en situaciones de cultivo de campo.

3) El **contexto ambiental** en el cual se usará la planta transgénica. Esta dimensión incluye a posibles daños asociados directa o indirectamente con los OVGMs; daños a los organismos no blanco (los cuales están asociados con los productos de los transgenes), y la evolución (de resistencia) en organismos blanco

4) El **contexto agrícola/tecnológico** de la zona o país en donde se liberará la planta transgénica; y

5) El **contexto socioeconómico** (la cultura, forma de uso, importancia alimenticia, organización de la producción agrícola, distribución, etcétera) de la región y país en donde se usará la planta transgénica bajo evaluación.

Estos últimos ítems se desarrollan en los capítulos siguientes.

1.6 Evaluación de riesgos asociados a los cultivos transgénicos

La ingeniería genética (o tecnología del ADN recombinante) comprende una serie de procedimientos con capacidad de reestructurar los genomas de diversos organismos vivos, algo imposible hasta el advenimiento de esta tecnología. Esto abre posibilidades enormes en el terreno de la generación de conocimiento científico y también en el de la producción de bienes, a la vez que genera nuevas interrogantes y riesgos vinculados a los efectos potenciales no esperados de los productos derivados de esta tecnología.

Ya en los años 70's los primeros científicos que trabajan en la producción de microorganismos genéticamente modificados, se interrogaban acerca de los potenciales riesgos asociados a la tecnología del ADN recombinante (Berg et al. 1974). Las principales preocupaciones estaban centradas en el posible escape al ambiente de nuevos microorganismos virulentos y dieron origen a los primeros protocolos de **bioseguridad** en laboratorios en que se trabajaba con esta tecnología. Las primeras plantas transgénicas fueron desarrolladas a nivel de laboratorio a principio de los 80 (Herrera-Estrella et al. 1983; Bevan et al. 1983; Fraley et al. 1983) y fue en el año 1994 que la FDA (Food and Drug Administration) de Estados Unidos aprueba la primera liberación para cultivo comercial de un vegetal genéticamente modificado, el tomate *Flavr Savr* de la empresa Calgene Inc (New York Times, 1994).

Los riesgos a considerar en la **liberación al ambiente de vegetales genéticamente modificados** plantean desafíos distintos a los vinculados a la

bioseguridad de los organismos genéticamente modificados confinados en laboratorio. Además de los riesgos asociados a efectos no deseados de la transformación genética, la liberación al ambiente implica considerar los riesgos asociados a las interacciones de estos organismos con los distintos componentes del ecosistema, los efectos en los consumidores en el caso de cultivos alimenticios y el efecto del paquete tecnológico vinculado al uso de los nuevos rasgos aportados por estos cultivos. Esto hace que la preocupación por los riesgos asociados deje de ser primordialmente de los científicos que trabajan directamente en el desarrollo de la tecnología y pase a ser de interés de toda la sociedad.

El Convenio de Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica (CDB) reconoce que existen riesgos potenciales asociados a los cultivos transgénicos. En su artículo 8 inciso g este convenio señala que se “establecerá o mantendrá medios para regular, administrar o controlar los riesgos derivados de la utilización y la liberación de organismos vivos modificados como resultado de la biotecnología que es probable tengan repercusiones ambientales adversas que puedan afectar a la conservación y a la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana”. En consecuencia, en todo el mundo se aplican protocolos y enmiendas de bioseguridad para su evaluación. Nuestro país es parte de este convenio y el marco institucional para el proceso de evaluación de riesgos y autorización de cultivos transgénicos está reglamentado por el Decreto Presidencial 353/008 del año 2008⁵.

Para la Evaluación de Riesgos se hace un **estudio ‘caso a caso’** de los eventos transgénicos para los que se solicitó su liberación. La principal fuente de información para esta evaluación son los estudios que hacen las propias empresas solicitantes. Se consulta además el historial de aprobación en otros países y los pareceres de las instancias evaluadoras en los mismos. Se consulta también investigaciones independientes que por lo general son escasas y muchas veces cuestionadas por los desarrolladores de la tecnología. Al igual que en la mayoría de los países, en Uruguay la Evaluación de Riesgos de Cultivos Transgénicos no incluye ninguna etapa de ensayos o investigación a campo.

Cabe destacar que las evaluaciones de riesgo de los eventos transgénicos realizadas por las empresas se basan en el llamado criterio de **‘equivalencia sustancial’**. Este concepto fue definido desde el mundo comercial (OCDE, 1993, adoptado luego por la OMS y FAO, 1996) y no tiene una definición científica concreta. La equivalencia sustancial reconoce que el objetivo de la evaluación no es establecer una inocuidad absoluta, sino determinar si el alimento modificado genéticamente es tan inocuo como su homólogo convencional, cuando existe tal homólogo. Es opinión general que una evaluación de esta índole exige un enfoque integrado y progresivo, basado en las circunstancias de cada caso. Entre los factores que han de tenerse en cuenta al comparar un alimento modificado genéticamente con su homólogo convencional se incluyen los siguientes: identidad, origen y composición; efectos de la elaboración y la cocción; el

⁵ Accesible en:

<http://www.mgap.gub.uy/portal/afiledownload.aspx?2,47,734,O,S,0,6928%3bS%3b1%3b130>,

proceso de transformación, ADN y productos de la expresión de la proteína del ADN introducido; los efectos sobre la función; posible toxicidad, posible alergenicidad y posibles efectos secundarios; posible ingestión y consecuencias alimentarias de la introducción del alimento modificado genéticamente. Si se estima que el alimento derivado de un OGM es sustancialmente equivalente a su homólogo tradicional, ha de considerarse que es tan inocuo como éste. Si no es así, deberán realizarse nuevos ensayos (<http://www.fao.org/docrep/003/x9602s/x9602s06.htm>). Este principio ha sido cuestionado fuertemente por trabajos científicos independientes (ver por ej. Agapito-Tenfen et al., 2014, y Ayyadurai & Deonikar, 2015).

A este criterio, adoptado por las industrias agroalimentaria y los organismos regulatorios, se contraponen el llamado '**principio de precaución**'. Este principio precautorio fue consagrado en la Declaración de la Conferencia de la Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil, 3–14 de junio de 1992): "Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente". El sentido del principio es fundamentalmente manejar la incertidumbre propia de las causales y relaciones que pueden estar fuera del control humano y que son básicamente las vinculadas a las ciencias naturales, incluyendo dentro de ellas, las que se refieren a la protección del bien superior de la vida y la salud humana. (Artigas, 2001). Este principio se encuentra consagrado en nuestra Ley General de Protección del Ambiente (17.283) de junio del 2000 en su artículo 6° inciso B⁶.

1.7 Regulación de los Cultivos Transgénicos en Uruguay

El Decreto Presidencial 353/008 del 21 de julio de 2008 es el que regula los aspectos vinculados a la bioseguridad de vegetales genéticamente modificados (GMs) en Uruguay (MGAP-GNBio, 2015). Este Decreto establece como política de Estado la "coexistencia regulada" entre vegetales GMs y no-GMs, deroga decretos anteriores y genera una nueva estructura institucional en materia de bioseguridad, en la cual la instancia de toma de decisiones es el Gabinete Nacional de Bioseguridad (GNBio). Este Gabinete está integrado por los ministros de Ganadería Agricultura y Pesca; Medio Ambiente Vivienda y Ordenamiento Territorial; Salud Pública; Relaciones Exteriores; Industria y Energía; y Economía.

La estructura encargada del proceso de evaluación y gestión de riesgos se compone de las siguientes instancias: Gabinete Nacional de Bioseguridad (GNBio); Comisión para la Gestión del Riesgo (CGR); Evaluación del Riesgo en Bioseguridad (ERB)

⁶ Este inciso dice textualmente: "La prevención y previsión son criterios prioritarios frente a cualquier otro en la gestión ambiental y, cuando hubiere peligro de daño grave o irreversible, no podrá alegarse la falta de certeza técnica o científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas".

y Comité de Articulación Interinstitucional (CAI)⁷. La instancia de Participación Ciudadana en la Evaluación de Riesgos consiste en una Consulta Pública a través de la página web del MGAP/GNBio en el siguiente portal: <http://www.mgap.gub.uy/portal/>. Las manifestaciones expresadas en la Consulta Pública no tienen carácter vinculante y son ponderadas por la CGR.

Esta nueva estructura comenzó a funcionar en 2009. Además de las autorizaciones de nuevos eventos el GNBio, a instancias de la CGR toma resoluciones vinculadas a las medidas de ‘coexistencia’. Desde que comenzó a funcionar esta nueva estructura se han derogado resoluciones anteriores que establecían la obligatoriedad de mantener una distancia de 250 metros entre cultivos de maíz GM y no-GM⁸, el establecimiento de áreas de refugio para los cultivos Bt⁹ y se derogó también una resolución ministerial del año 2007 que prohibía el cultivo de maíz dulce transgénico¹⁰.

Uruguay ratificó la Convención de Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica mediante la Ley N° 16.408 de 1993 y firmó el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología en junio de 2001 ratificándolo en agosto de 2011. Este protocolo reafirma el “enfoque de precaución” de acuerdo al Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.

1.8 Etiquetado de ‘alimentos transgénicos’

El término “alimento transgénico” hace referencia a aquel que deriva de un organismo transgénico o genéticamente modificado (OGM). En su sentido más amplio, un alimento puede ser transgénico porque está formado en gran parte por materiales derivados de un OGM (por ejemplo polenta de maíz GM), o bien porque en su fabricación se emplearon microorganismos GM (levaduras, bacterias ácido-lácticas), o ingredientes que provienen de OGM (aceites, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas, jarabes, almidón, lecitina, entre otras) (WHO, 2005).

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, la evaluación científica de los nuevos alimentos transgénicos debe contemplar aspectos tales como: las características de los genes insertados y expresados, las consecuencias potenciales de la modificación génica, la inocuidad, toxicidad y alergenicidad de las nuevas proteínas expresadas, el valor nutricional del alimento y los cambios potenciales en la ingesta a corto, mediano y largo plazo, además de la presencia de restos de productos agrotóxicos (Haslberger, 2003).

La información que debe ser suministrada al consumidor se encuentra regida por ley en la mayoría de los países, de manera que los ingredientes de los alimentos deben coincidir exactamente con lo descrito en las etiquetas. Cualquier etiquetado tiene como

⁷ Se puede acceder a un organigrama del proceso en:

<http://www.mgap.gub.uy/portal/afiledownload.aspx?2,47,738,O,S,0,6976%3bS%3b1%3b130>

⁸ Resoluciones del GNBio 32A y 32B

⁹ Resolución del GNBio N° 53

¹⁰ Resolución del GNBio N° 42

objetivo ofrecer información sobre el producto, que de otro modo no sería posible identificar a simple vista. El motivo principal del etiquetado reside en poder “informar a los consumidores y permitirles ejercer su elección” (Klintman, 2002).

En más de 60 países se ha introducido una legislación específica para el control de la producción de los OGM y de los alimentos que los contienen. No obstante, las disposiciones respecto al etiquetado de los mismos difieren considerablemente. En algunos países el etiquetado de OGM es de carácter obligatorio (p. ej., en la Unión Europea), mientras que en otros es simplemente voluntario, o no constituye un requisito exigible (p. ej., en EE.UU.) (Grossman, 2007). Estas posiciones se basan en dos aspectos diferentes que incluyen al “principio precautorio” y a la “equivalencia sustancial” (OECD, 2000)

Etiquetado en la Unión Europea (UE)

Actualmente, en la UE, aplicando el principio precautorio, los alimentos GM son controlados más rigurosamente que los convencionales (García-Cañas & Cifuentes 2012). Todos los países de la UE han desarrollado reglamentaciones para controlar la seguridad alimentaria y, en particular, los alimentos derivados de OGM se encuentran regulados por el Reglamento (CE) N° 1829/2003 sobre “Alimentos y piensos modificados genéticamente” (Regulation, E. C., 2003) y por el Reglamento (CE) N° 1830/2003 relativo a la “Trazabilidad y el etiquetado de los Organismos Genéticamente Modificados” (European Commission, 2003).

En ellos se establece que los alimentos genéticamente modificados deben etiquetarse si difieren de sus respectivos no-GM, en características tales como la composición, valor nutritivo o uso propuesto. Un nuevo alimento o ingrediente GM ya no se considera como equivalente a otro existente no-GM, si la proteína o el ADN transgénico puede ser detectado. Los mismos disponen que todos los productos que contengan OGM, consistan en OGM o estén producidos a partir de OGM, deben ir etiquetados como tales. No obstante, no se exige el etiquetado a los alimentos que incluyan OGM en una proporción no superior al 0,9% (de los ingredientes individualmente considerados), límite asumido para que una presencia sea accidental o técnicamente inevitable. Asimismo, la UE ha establecido un umbral de 0,5% para aquellos OGM que cuentan con una evaluación de riesgo favorable, pero que todavía no han recibido la autorización administrativa correspondiente en la UE. Estos umbrales fueron establecidos teniendo en cuenta la realidad de los mercados, la globalización de los intercambios comerciales, las obligaciones logísticas, la diseminación en el medio ambiente, el flujo génico, entre otros aspectos.

Se considera que en la cadena alimentaria pueden llegar a introducirse OGM involuntariamente, durante el cultivo de las semillas, en la recolección, el transporte, el almacenamiento o en la transformación de las mismas en el producto de consumo. Las trazas de ADN o de proteína derivada de un OGM, únicamente son tolerables si se puede demostrar que se han hecho todos los esfuerzos posibles para excluirlos de la preparación de los ingredientes y de las comidas.

Etiquetado en los Estados Unidos (EEUU)

En los EEUU las reglamentaciones no requieren actualmente el etiquetado obligatorio ni la separación de cultivos y productos modificados genéticamente. La organización responsable de la reglamentación de la seguridad alimentaria, incluida la seguridad alimentaria de las nuevas variedades de plantas, aditivos alimentarios y agentes de procesado, es la Food and Drug Administration (FDA). Ésta tiene en cuenta el etiquetado de los alimentos derivados de nuevas variedades de plantas, pero no tiene requisitos de etiquetado especiales para los alimentos GM. Se considera que estos últimos no son diferentes de otros alimentos (son “sustancialmente equivalentes”) y por lo tanto, no presentan algún motivo de preocupación distinto o mayor, que los alimentos desarrollados mediante la mejora vegetal tradicional (FDA, 2013).

Los requisitos de etiquetado que se aplican a los alimentos en general, se aplican también a los alimentos GM. Bajo esta legislación, la introducción de un transgén en un cultivo no daría lugar a la necesidad de evaluar el alimento, a no ser que el gen introducido en la variedad codifique para un producto que nunca antes había sido componente de otro alimento. Si el alimento fuera modificado de esa manera, constituiría un alimento nuevo y requeriría permiso reglamentario.

La principal diferencia entre la reglamentación europea y la estadounidense se encuentra en el enfoque del etiquetado. En Estados Unidos, el etiquetado se exige de manera legal para dar información suficiente que alerte e instruya al consumidor; se considera que la información adicional e innecesaria, entra en conflicto con el derecho de realizar una elección informada y reduce la efectividad del etiquetado. En la UE, el etiquetado se percibe como una ayuda para que los consumidores hagan una elección informada, al indicar el uso de OGM o la presencia de ingredientes derivados de OGM. Asimismo, intenta cumplir con los requisitos de seguridad y nutrición para el correcto etiquetado de los ingredientes (Robinson, 2001).

Etiquetado en Uruguay

En el año 2008, el Decreto N° 353/008 sobre ‘Normas relativas a Bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas’, establece en su Art. 4to (Etiquetado) que ‘El Gabinete Nacional de Bioseguridad (GNBio) promoverá acciones tendientes a la implementación del etiquetado voluntario "GM" o "no GM", aplicable a aquellos alimentos en los que se pueda comprobar mediante análisis del producto final la presencia de ADN o proteínas genéticamente modificados’¹¹. Sin embargo, en la actualidad no existe una norma de carácter nacional que regule específicamente el etiquetado de los alimentos que contienen transgénicos.

En los años subsiguientes, varias organizaciones no gubernamentales del país (REDES-AT, SlowFood, PROCON) se preocuparon en generar una nueva legislación al respecto. A mediados del año 2013, comenzó a redactarse un proyecto de ley para exigir el etiquetado obligatorio de los alimentos compuestos, o derivados de organismos

¹¹ Decreto 353/008 (2008). “Normas relativas a Bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas”. Diario Oficial N° 27.534 - Julio 28 de 2008.

genéticamente modificados, por parte de un equipo interdisciplinario. Las exigencias específicas de esta propuesta se enmarcaron dentro de normas vigentes en el país, como la ley N° 17.250 de Defensa al consumidor¹² y las Normas generales de etiquetado aplicables a los productos destinados al consumo humano, comprendidas en el reglamento técnico del MERCOSUR (Mercosur, 2003). Cabe destacar, que esta propuesta se basa en las normas sobre seguridad alimentaria de la Unión Europea y proclama que el Estado debe ser responsable de las medidas de inspección y control de los productos, incluido el control por muestreo y los análisis cualitativos y cuantitativos de los alimentos.

Si bien esta propuesta aún no ha sido considerada, a fines del año 2013, la Junta Departamental de Montevideo aprobó por unanimidad el Decreto N° 34.901, que establece la obligatoriedad del etiquetado de los alimentos genéticamente modificados que se comercializan en la capital. Este decreto ya se encuentra reglamentado, y se destaca en particular la reglamentación del artículo D.1774.83 del Capítulo XXIX.I, del Título II, del Volumen VI, del Digesto Departamental, según la Resolución N° 4178/14. Esta normativa establece que “los alimentos que han sido manipulados genéticamente o que contienen uno o más ingredientes provenientes de éstos que superen el 1 % del total de cada ingrediente considerado individualmente, deberán ser etiquetados especialmente conforme lo dispuesto en las presentes normas”¹³. El decreto comenzó a aplicarse en Montevideo en enero del 2015. El umbral de 1% fue establecido para facilitar el comercio internacional con países que tienen una política vigente de etiquetado de alimentos GM, tales como Brasil (etiquetado a partir del 1% de material GM) y la Unión Europea (etiquetado a partir del 0,9% de material GM). A la vez, este umbral contempla una posible contaminación por cruzamiento de polen entre los cultivos GM y no-GM o por una mezcla de semillas durante las etapas de transporte, almacenamiento y procesamiento de los productos agrícolas. El Laboratorio de Bromatología (perteneciente a la División Salud) de la Intendencia de Montevideo es la entidad responsable de hacer cumplir este decreto departamental, mediante un convenio con la Facultad de Ciencias de la UdelaR¹⁴.

Recientemente las Juntas Departamentales de Lavalleja¹⁵ y Paysandú¹⁶ aprobaron decretos similares al de Montevideo, estableciendo la obligatoriedad del etiquetado de alimentos transgénicos.

¹² Ley n°17.250 Defensa del consumidor (2000). Poder Ejecutivo. Diario Oficial. 17 ago/000 - N° 25583, Montevideo, Uruguay

¹³ Modificación dispuesta por el Decreto Departamental Nro. 35.099, de 05/06/2014, al Decreto N° 34.901, de 12/12/2013. Alimentos que contienen organismos genéticamente modificados. Junta Departamental de Montevideo. Intendencia de Montevideo, Uruguay.

¹⁴ Convenio Marco, Resolución N° 3061/93 (2012). Identificación de especies animales y vegetales, incluyendo a los Organismos Genéticamente Modificados en alimentos. Unidad Laboratorio de Bromatología, Intendencia de Montevideo – Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo, Uruguay.

¹⁵ Decreto de la Junta Departamental de Lavalleja No. /2016

¹⁶ Decreto de la Junta Departamental de Paysandú No. 7362/2016

Hecho Acá

En Uruguay, al igual que en centros de investigación y universidades de todo el mundo, la transformación genética o transgénesis se ha utilizado y se utiliza para investigaciones en genética vegetal. Por ejemplo, el efecto de un determinado gen puede estudiarse introduciendo el gen en una planta que no lo tenía, de la misma o de otra especie, y se compara el comportamiento de la nueva planta transformada con la original. Así, se infiere el posible efecto del gen. Otros abordajes para este tipo de estudios implican alterar la expresión de determinados genes para estudiar su función, modificando la información genética de la propia planta para estudiar su función y generar efectos en la planta, útiles para mejorar la producción del cultivo. Se busca, mediante la generación de nuevos conocimientos, desarrollar estrategias de mejoramiento de los cultivos.

Un grupo de investigadores del Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE) y del laboratorio de Fisiología Vegetal de Facultad de Ciencias estudian las respuestas de defensa de las plantas frente a microorganismos que les causan enfermedades, para lo cual utilizan la transformación de plantas como parte de su estrategia de investigación. Por ejemplo, investigaron en *Physcomitrella*, un musgo utilizado como planta modelo experimental, las reacciones que generaba un hongo patógeno de los citrus. Analizaron los cambios en el tejido y la expresión de algunos genes. También estudiaron el rol de las auxinas (hormonas vegetales) utilizando *Physcomitrella* con una auxina de soja fácilmente rastreable mediante un “sistema reportero”. El propósito del grupo es desarrollar nuevas estrategias de control de las enfermedades vegetales.

Otro grupo integrado por investigadores de los laboratorios de Bioquímica de Facultad de Agronomía, Biología Molecular Vegetal de Facultad de Ciencias y Biotecnología de INIA Las Brujas, analiza las bases genéticas de la resistencia de las plantas al estrés hídrico o sequías. Para ello, se ha utilizado la transformación genética en especies que son tomadas como modelo para estudios de genética y fisiología vegetal (grupoestresabiotico.org.uy).

En la Unidad de Biotecnología del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) se desarrollaron plantas transgénicas de papa y tomate (familia *Solanaceae*) a las que se les incorporó el gen EFR para resistencia a enfermedades bacterianas que, por ejemplo, invaden los vasos de circulación de savia y causan marchitez. El gen fue transferido desde *Arabidopsis thaliana*, una pequeña planta perteneciente a *Brassicaceae*, la familia de los rábanos y repollos. Las papas con el gen EFR tuvieron síntomas mucho menores que las correspondientes que no tenían el gen. Además, se planea utilizar plantas modificadas genéticamente para producir a gran escala “péptidos antimicrobianos”. Estos compuestos son naturales, producidos en la naturaleza (plantas y otros seres vivos) como mecanismo de defensa, y se podrían utilizar para sustituir compuestos de síntesis química en la protección de los cultivos.

Por otro lado, el programa de mejoramiento genético de soja de INIA cuenta con un convenio con la multinacional Monsanto por el cual se incorporará el evento RR2Y-Bt a nuevos cultivares de soja seleccionados por su productividad en las condiciones agroecológicas locales. Este evento transgénico combina dos genes que confieren respectivamente resistencia al herbicida glifosato y resistencia a insectos (lepidópteros). El convenio firmado en 2012 generó reacciones de organizaciones rurales y de parlamentarios, ya que se trata de una compañía transnacional muy grande, presente mundialmente en el negocio de las semillas, y no se explicitaba públicamente la distribución de beneficios.

Capítulo 1: Referencias bibliográficas

- Agapito-Tenfen S.Z., Miguel Pedro Guerra, Odd-Gunnar Wikmark, and Rubens Onofre Nodari, *Proteome Science* 2013, 11:46; <http://www.proteomesci.com/content/11/1/46>).
- Álvarez-Buylla E., A. Piñeyro Nelson, A. Covarrubias, A. Turrent, A. Wegier, V. Alavez, L. Milán, T. Traavik, K. M. Nielsen y D. Quist (2013) Incertidumbres, riesgos y peligros de la liberación de maíz transgénico en México. En: "El maíz en peligro ante los transgénicos: un análisis integral sobre el caso de México". Elena R. Álvarez-Buylla, Alma Piñeyro (coordinadoras). UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), México, Eds. 568 p. – (Colección debate y reflexión). ISBN 978-607-02-4705-7. pp.165-185 (Cap. 5) (2013).
- Arber, W., & Linn, S. DNA modification and restriction. *Annual Review of Biochemistry* 38, 467–500 (1969)
- Artigas, Carmen (2001). El principio precautorio y la política internacional. Serie Recursos e infraestructura. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL/ONU. N° 22.
- Berg, P.; Baltimore, D.; Boyer, H.W.; Cohen, S.N.; Davis, R. W.; Hogness, D.S.; Nathans, D.; Roblin, R.; Watson, J.W.; Weissman, S.; Zinder, N.D. 1974. Potential Biohazards of Recombinant DNA Molecules. *Science* 185:303.
- Bevan, M.W., R.B. Flavell, and M.D. Chilton. 1983. A chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature* 304:184-187
- Collonnier et al. (2003). 'Characterization of commercial GMO-inserts: A source of useful material to study genome fluidity?'
- European Commission. (2003). EC Regulation 1830/2003 of 22 September 2003, concerning the traceability and labelling of genetically modified organisms and the traceability of food and feed products produced from genetically modified organisms. *Off. J. Eur. Commun.*, 268, 24-28.
- FAO/WHO. 1997. Risk Management and Food Safety [Gestión del riesgo y seguridad alimentaria]. Report of a Joint FAO/WHO Consultation, January 27–31, 1997. Rome, Italy.
- FDA Consumer Health Information (2013). FDA's Role in Regulating Safety of GE Foods. U.S. Food and Drug Administration. <http://www.fda.gov/downloads/forconsumers/consumerupdates/ucm352193.pdf>
- Fraley, R.T., S.G. Rogers, R.B. Horsch, P.R. Sanders, J.S. Flick, S.P. Adams, M.L. Bittner, L.A. Brand, C.L. Fink, J.S. Fry, G.R. Galluppi, S.B. Goldberg, N.L. Hoffmann, and S.C. Woo. 1983. Expression of bacterial genes in plant cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 80:4803-4807.
- García-Cañas, V., & Cifuentes, A. (2012). A particular case of novel food: Genetically modified organisms. *Chemical Analysis of Food: Techniques and Applications*, 2012, Pages 575-597. doi:10.1016/B978-0-12-384862-8.00018-2
- Grossman M.R. (2007). European Community legislation for traceability and labeling of genetically modified crops, food, and feed. In *Labeling Genetically Modified Food: The Philosophical and Legal Debate*. Weirich P. (Ed.) pp. 32-60 (272 pages.)
- Haslberger, A. G. (2003). Codex guidelines for GM foods include the analysis of unintended effects. *Nature Biotechnology*, 21(7), 739-741.
- Hernandez et al. (2003). 'A specific real-time quantitative PCR detection system for event MON810 in maize YieldGuard based on the 3'-transgene integration sequence'. *Transgenic Research* 12: 179-189

- Herrera-Estrella, L., A. Depicker, M. van Montagu, and J. Schell. 1983. Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti-plasmid-derived vector. *Nature* 303:209-213.
- Holck et al. (2002). '5'-Nuclease PCR for quantitative event-specific detection of the genetically modified MON810 MaisGard maize'. *Eur Food Res Technol* 214: 449-453
- INASE, 2015. Consulta página web: <http://www.inase.org.uy/Sitio/Estadisticas/Default.aspx>
- Itakura K.; Hirose T., Crea R., Riggs, A.D.; Heyneker, H.L.; Bolivar, F. Boyer, H.W. 1977. Expression in *E. Coli* of a chemically synthesized gene for the hormone somatostatin. *Science* 198:1056-1063.
- James C., 2015. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA Brief No. 51. ISAAA: Ithaca, NY. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/executivesummary/default.asp>
- Jank and Haslberger (2000). Recombinant DNA insertions into plant retrotransposons. *Trends in Biotechnology* 18: 326.
- Klein, T.M.; Wolf, E.D.; Wu, R.; Sanford, J.C. 1987. High-velocity microprojectiles for delivering nucleic acids into living cells. *Nature* 327: 70–73.
- Klintman, M. (2002). The Genetically Modified (GM) Food Labelling Controversy Ideological and Epistemic Crossovers. *Social Studies of Science* 32:1, 71-91. doi: 10.1177/0306312702032001004.
- Mercosur (2003). Reglamento técnico Mercosur sobre el rotulado nutricional de alimentos envasados. lli gmc – montevideo. Disponible en: [mercursosur/gmc/res.nº 46/03](http://www.mercosur/gmc/res.nº46/03).
- MGAP-GNBio, 2015. Decreto 353/08. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,1,617,O,S,0>.
- MGAP-DIEA, 2015. Anuario Estadístico 2015.
- Müller, L.; Wang, K. 2014. Engineering with precision: tools for the new generation of transgenic crops. *Bioscience* 58:391-401.
- Murai, N., D.W. Sutton, M.G. Murray, J.L. Slightom, D.J. Merlo, N.A. Reichert, C. Sengupta-Gopalan, C.A. Stock, R.F. Barker, J.D. Kemp, and T.C. Hall. 1983. Phaseolin gene from bean is expressed after transfer to sunflower via tumor-inducing plasmid vectors. *Science* 222:476-482.
- Myhre, M.R., Fenton, K.A., Eggert, J., Nielsen, K.M. and Traavik, T. (2006). 'The 35S CaMV plant virus promoter is active in human enterocyte-like cells'. *Eur Food Res Technol* 222: 185–193.
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Washington, DC: The National Academies Press. doi:10.17226/23395.
- New York Times, 1994. Nota periodística accesible en: <http://www.nytimes.com/1994/05/19/us/fda-approves-altered-tomato-that-will-remain-fresh-longer.html>
- OECD. 1993. *Safety Evaluation of Foods Derived by Modern Biotechnology-Concepts and Principles*. Organisation for Economic Co-operation and Development: 1 - 74.
- OECD (2000). *Genetically modified foods: widening the debate on health and safety*. (updated document of "Substantial equivalence and the safety assessment of GM foods) Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/dataoecd/34/30/2097312.pdf> N.and Patrick du Jardin (October/November/December 2012). Possible consequences of the overlap between the CaMV 35S promoter regions in plant transformation vectors used and the viral gene VI in transgenic plants. *GM Crops & Food*, 3, 296-300.
- Regulation, E. C. (2003). No. 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22nd September 2003 on genetically modified food and feed. *Off J Eur Union Lt*, 268, 1-23.

- Robinson, C. (2001). Genetic Modification Technology and Food: Consumer Health and Safety. ILSI Europe Concise Monograph Series. Genetic Engineering. <http://croptechnology.unl.edu/download.cgi>.
- Rønning et al. (2003). 'Event specific real-time quantitative PCR for genetically modified Bt11 maize (Zea Mays)'. *Eur Food Res Technol* 216: 347-354.
- Shiva Ayyadurai V. A. & Deonikar P.,: "Do GMOs Accumulate Formaldehyde and Disrupt Molecular Systems Equilibria? Systems Biology May Provide Answers", *Agricultural Sciences*, 2015, 6, 630-662
- Smith H, Wilcox KW (1970). "A Restriction enzyme from *Hemophilus influenzae* *11. Purification and general properties". *Journal of Molecular Biology* 51 (2): 379–391.
- Watson, J. D., & Crick, F. H. C. 1953. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171, 737–738.
- WHO (2005). Modern food biotechnology, human health and development: an evidence-based study. World Health Organization, Geneva.
http://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf
- Windels et al. (2001). 'Characterisation of the Roundup Ready soybean insert'. *Eur Food Res Technol* 213: 107-112; Rønning et al. (2003). 'Event specific real-time quantitative PCR for genetically modified Bt11 maize (Zea Mays)'. *Eur Food Res Technol* 216: 347-354.

Capítulo 2: Los cultivos transgénicos y el ambiente

Natalia Bajsa¹⁷, Pablo Galeano¹⁸

Los riesgos potenciales asociados a la liberación de cultivos transgénicos al ambiente pueden estar vinculados a características propias del cultivo transgénico o derivar de su aplicación tecnológica. Existe un debate acerca de si la evaluación de riesgos vinculada a la liberación de cultivos transgénicos debe o no incluir el paquete tecnológico asociado al desarrollo del cultivo. Desde nuestro abordaje del tema consideramos que la evaluación de impactos de una tecnología debe abarcar los efectos de su aplicación además de sus características intrínsecas. En particular, dada la relevancia que tienen en la actualidad los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas, además de considerar los riesgos potenciales derivados de la transformación genética, en este trabajo se hace hincapié en los efectos derivados de su aplicación.

Actualmente se siembran en Uruguay soja y maíz transgénicos con tolerancia a herbicidas y/o productores de toxinas Bt (ver capítulo 1, Tabla 1.1) por lo que nos referiremos a riesgos ambientales asociados a estos cultivos. También abordaremos aspectos vinculados al flujo génico entre cultivos transgénicos y no transgénicos de una misma especie, en particular el que se da entre cultivos de maíz que es el caso relevante para Uruguay.

2.1 Riesgos potenciales de Cultivos Transgénicos tolerantes a herbicidas.

Gran parte de la preocupación acerca de los impactos de los cultivos transgénicos se centra en aquellos que derivan de los cultivos tolerantes a herbicidas (TH), ya que éstos abarcan alrededor del 85% del área de cultivos transgénicos que crecen en todo el mundo (James 2013; CBAN, 2015).

Las plantas TH han sido modificadas para tolerar ciertos herbicidas y poder aplicarlos durante la etapa de crecimiento del cultivo. Los cultivos TH más expandidos son los que presentan tolerancia a glifosato pero también los hay tolerantes a glufosinato de amonio, 2,4-D, dicamba y a herbicidas del grupo de las imidazolinonas, ya sea en eventos simples (la planta tolera sólo un herbicida) o en eventos apilados (se combinan 2 o más tolerancias en una misma planta). En el mundo, los cultivos TH más difundidos corresponden a las siguientes especies vegetales: soja, maíz, algodón, canola, y remolacha azucarera (Nordgård et al., 2015). La ventaja de esta tecnología es que las malezas son reducidas o eliminadas durante la fase de cultivo con poco trabajo y relativamente bajo costo. En todas las plantas transgénicas TH, la aplicación de

¹⁷ Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable, MEC

¹⁸ Departamento de Biociencias, Cátedra de Bioquímica, Facultad de Química

herbicidas es una tecnología integrada al sistema de producción, y siempre va a ser usada por el productor, por lo que la evaluación de riesgo o impacto ambiental de estos cultivos debería realizarse junto con el herbicida utilizado, algo que en general no es considerado por los sistemas de evaluación de riesgo (Nordgård et al., 2015).

Los primeros cultivos TH se introdujeron en 1996, con tolerancia a glifosato. Este herbicida ya había sido introducido al mercado en 1974 y se convirtió en el herbicida de mayor uso a nivel mundial por varias razones que incluyen su efectividad, amplio espectro, bajo costo y haber sido considerado inicialmente, toxicológica y ambientalmente seguro. Con la expansión de los cultivos TH aumentó aún más su uso, ya que casi el 90% de éstos son tolerantes a glifosato (TG). Se sostiene que el manejo de malezas por esta tecnología es menos agresivo para el ambiente que las prácticas anteriores que reemplaza (laboreo y otros herbicidas) (Duke y Powels, 2008). Sin embargo, como se describe en la sección 2.1.5, el uso de esta tecnología en un contexto de intensificación agrícola e implementación de sistemas de agricultura continua ha traído aparejado problemas de erosión y degradación de los ecosistemas agrícolas.

En Uruguay el uso de herbicidas aumentó drásticamente en los últimos 15 años. Esto está asociado al aumento en el área agrícola y a la generalización de la siembra directa, para la cual se usan este tipo de plaguicidas. El uso de cultivos transgénicos tolerantes a glifosato también ha contribuido a este aumento. Mientras que el área agrícola se multiplicó por 4 en el período 2000/2014, las importaciones de herbicidas (en volúmenes de principios activos) se multiplicaron por 8 (Gráfico 2.1) y en particular las de glifosato se multiplicaron por 10, pasando de 1.507 a 14.750 toneladas de principio activo (MGAP-DGSA, 2015).

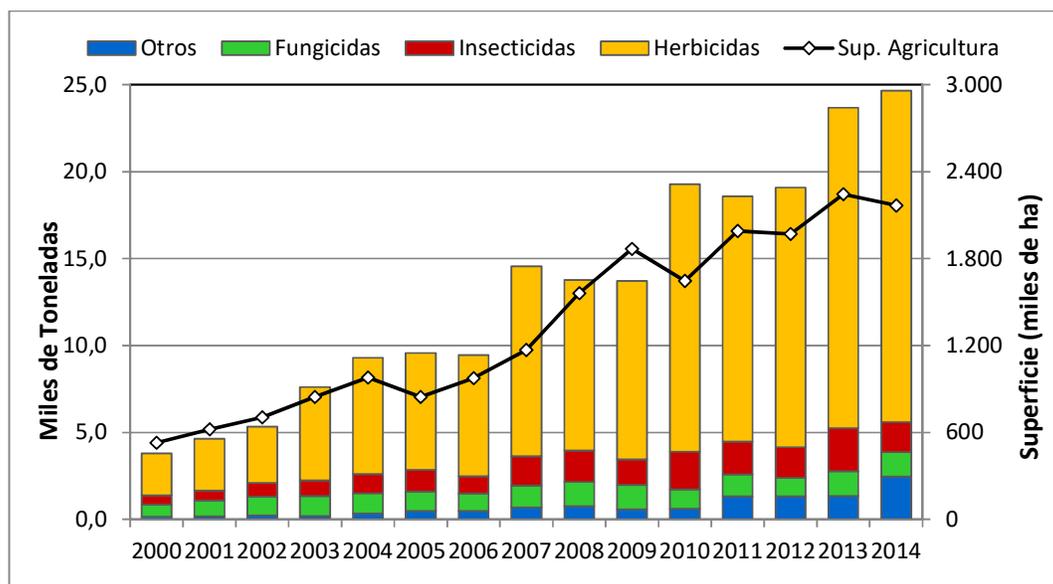


Gráfico 2.1. Evolución de las importaciones de plaguicidas en toneladas de principios activos y el área bajo agricultura en Uruguay en el período 2000-2014. Elaborado en base a datos de MGAP-DGSA y MGAP-DIEA.

Los riesgos potenciales asociados a los cultivos tolerantes a herbicidas pueden resumirse en:

- Vinculados a características propias del cultivo transgénico

1. El propio cultivo puede transformarse en una maleza
2. El cultivo transgénico podría transferir la tolerancia a herbicidas a una especie emparentada

- Derivados de su aplicación tecnológica.

3. Aparición de malezas tolerantes a herbicidas.
4. Impactos sobre distintos organismos (organismos no-blanco).
5. Impactos en los ecosistemas.

2.1.1 El propio cultivo puede transformarse en una maleza.

Luego de cosechar un cultivo transgénico tolerante a herbicidas, pueden quedar granos en el suelo que en la siguiente estación germinen y se conviertan en malezas del nuevo cultivo. A partir de la introducción y utilización masiva de variedades de maíz transgénico tolerantes a glifosato (TG), se han reportado casos de cultivos de soja también tolerantes a este herbicida en los que crecen plantas 'guachas' de maíz (plantas voluntarias), lo que dificulta el manejo y la cosecha del nuevo cultivo produciendo mermas en su rendimiento (Davis et al., 2008; Embrapa, 2015).

Así el maíz se convierte en una maleza de difícil manejo porque presenta elevada tolerancia al glifosato por lo que para su control se utilizan graminicidas (Allieri, 2011; Marca et al., 2015). Estos herbicidas inhiben de forma selectiva la síntesis de lípidos en gramíneas. En cuanto a su toxicidad se clasifican como Clase II y III presentando toxicidad para especies acuáticas por lo que su uso indebido puede afectar a los ecosistemas acuáticos. La presencia de plantas voluntarias de maíz TG sumado al aumento de poblaciones de malezas tolerantes a este herbicida (ver sección 2.1.3) ha provocado que en las estrategias de control de malezas de cultivos de soja TG en las que se presentan estas dificultades, además de glifosato se utilicen mezclas de varios herbicidas, en particular graminicidas con 2,4 D (de Goes Maciel et al. 2013)

2.1.2 El cultivo transgénico podría transferir la tolerancia a herbicidas a una especie emparentada.

La introducción de los cultivos TH también despertó preocupación sobre la posible transferencia de la resistencia al herbicida vía flujo génico desde el cultivo transgénico a las poblaciones silvestres que se transformen en malezas. Para que esto ocurra el cultivo transgénico debe transferir información genética a una especie emparentada sexualmente compatible. Este fenómeno ha sido observado en campo en ciertas especies que pueden hibridarse con cultivos relacionados, como de canola (*Brassica napus L.*) a una especie silvestre (*Brassica rapa L.* o *Brassica campestris*), de trigo (*Triticum aestivum*) a la gramínea *Aegilops cilíndrica*, del pasto ornamental *Agrostis palustris* a la maleza rastrera *Agrostis stolonifera*, y del arroz cultivado al arroz salvaje

(Seefeldt et al., 1998; Mallory-Smith y Zapiola, 2008; Warwick et al., 2008; Shivrain et al. 2009). Sin embargo, de las malezas resistentes a glifosato presentes en los campos de EEUU, ninguna la ha adquirido por transferencia de genes desde un cultivo TG (Norsworthy et al., 2012). En el caso de Uruguay este riesgo es bajo dado que no tenemos especies silvestres muy emparentadas con la soja o el maíz.

De mayor riesgo es la aparición de tolerancia o resistencia espontánea en las poblaciones de malezas por presión de selección debido a aplicaciones repetidas de herbicidas en los sistemas de cultivo con variedades transgénicas resistentes. La adopción a gran escala de un único modo de acción de herbicidas contribuye a la evolución de resistencia a ese modo de acción; la escala de uso de glifosato sin precedentes ha contribuido a aumentar el número de malezas resistentes a glifosato en los últimos años.

2.1.3 Aparición de malezas tolerantes a herbicidas.

Dado el uso asiduo de herbicidas, fundamentalmente glifosato, en cultivos transgénicos que cubren grandes áreas, hay una gran presión de selección sobre las malezas. Como consecuencia han aparecido poblaciones de malezas tolerantes al glifosato, registrándose casos en Uruguay

Luego de 20 años de uso del glifosato, en los 90, no había evidencias del desarrollo de poblaciones de malezas tolerantes, y su fabricante establecía que podría ocurrir muy lentamente y con niveles de tolerancia muy bajos. Sin embargo, con la alta adopción de los cultivos transgénicos tolerantes a glifosato (TG), han aparecido rápidamente poblaciones de malezas tolerantes al herbicida.

La expansión del área de cultivos tolerantes a glifosato ha llevado a un gran aumento en el uso de herbicidas en base a este compuesto. El glifosato es el principal agroquímico utilizado en Canadá; su uso se triplicó entre 2005 y 2011, mientras el uso global de herbicidas se incrementó un 130%. En los EE.UU., el uso de herbicidas agrícolas aumentó 239 millones de kg en el período 1996-2011, siendo el 70% de este incremento atribuido a la soja TG. Los agricultores que plantan cultivos TH utilizan un 24% más herbicida que los agricultores que plantan los mismos cultivos pero no transgénicos (CBAN, 2015). En Uruguay las importaciones de este herbicida pasaron de 1.5 millones de kg a cerca de 15 millones en el período que va del año 2000 al año 2014 (MGAP-DGSA, 2015) y el área de soja TG de 12 mil a 1.3 millones de hectáreas (MGAP-DIEA, 2015).

El éxito de los cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas ha llevado a un mayor uso de glifosato en reemplazo de otros herbicidas, lo que llevó a una disminución en su efectividad. Se plantea en general que este aspecto no depende de la ingeniería genética en sí, sino de la forma de uso de esta innovación (Bonny, 2008). Sin embargo, la existencia de la tolerancia en el propio cultivo, posibilita la aplicación del herbicida sobre el mismo sin afectarlo, lo que no es posible sin el evento transgénico, y lleva a un mayor uso del compuesto, ya sea por unidad de superficie como por aumento de la superficie

cultivada debido a su expansión. A pesar de los problemas de resistencia que se han generado, el uso de cultivos TH ha aumentado marcadamente, principalmente en nuestra región y en EE.UU (Nordgård et al., 2015).

El uso generalizado de glifosato ha dado lugar a la aparición y propagación de malezas tolerantes al mismo. Se ha documentado la evolución de tolerancia en 24 especies de malezas a nivel mundial (Heap, 2013 González-Torralva et al., 2013). En los EE.UU estas malezas abarcan unos 28,3 millones de hectáreas. En el mundo existen reportes de desarrollo de tolerancia a glifosato en las malezas *Conyza canadensis* (hierba carnífera) y *Ambrosia artemisiifolia*, luego de la aplicación de dicho herbicida sobre soja TG por 3 y 6 años, respectivamente (Pollard et al. 2004; Van Gessel 2001). También se ha descrito el desarrollo de tolerancia a glifosato en especies de *Amaranthus* (*A. palmeri* y *A. rudis*) luego de 4 y 6 años de uso del herbicida (Culpepper et al. 2006; Legleiter y Bradley 2008). *A. palmeri* ha tenido consecuencias muy serias sobre la producción de algodón en EEUU y puede tener efectos graves también en los cultivos de soja y maíz (Nature, 2014). Se han identificado poblaciones de dos especies de ryegrass (*Lolium rigidum* y *Lolium perenne*) con tolerancia a glifosato en chacras donde este compuesto se usó por al menos 14 años consecutivos (Perez-Jones et al. 2005; Powles et al. 1997; Simarmata et al. 2005). Este fenómeno no sólo ocurre con el glifosato, se han reportado poblaciones de *Eleusine indica* (capín) con tolerancia a glufosinato (Jalaludin et al. 2010; Seng et al. 2010).

La aparición de malezas tolerantes lleva al fenómeno “cinta de correr”: la aparición de resistencia lleva a más aplicaciones y con mayores dosis, lo que potencia la selección de malezas resistentes, etc. El monocultivo y uso sostenido de un herbicida vuelven al agroecosistema más vulnerable al desarrollo de más tolerancia, que finalmente conduce al uso adicional de otros herbicidas como la atrazina y el 2,4-D (Beckie 2011; Binimelis et al., 2009). En respuesta, las empresas biotecnológicas desarrollaron cultivos transgénicos tolerantes a herbicidas más antiguos, como el 2,4-D y Dicamba. Se proyecta que estos cultivos transgénicos aumentarán aún más la carga de herbicidas en el medio ambiente y promoverán la aparición de malezas tolerantes a estos otros herbicidas (Benbrook 2012; CBAN, 2015).

Actualmente se comercializa a nivel mundial soja, maíz, algodón y canola tolerantes a glufosinato y dicamba, y se espera la introducción al mercado de cultivos tolerantes a 2,4-D, e inhibidores de la HPPD y PPO. En el año 2015, la EPA aprobó en 15 estados de EEUU el uso del herbicida “Enlist Duo” que combina glifosato y 2,4-D para la nueva generación de transgénicos tolerantes a ambos compuestos. El desarrollo de cultivos transgénicos con múltiples tolerancias a herbicidas ha sido cuestionado, ya que se prevé como un incentivo a la propagación de malezas tolerantes (Nature, 2014).

En Uruguay, la siembra directa y la creciente expansión de los cultivos transgénicos tolerantes a glifosato han conllevado al continuo incremento en su aplicación. La presión de selección sobre las malezas modifica las comunidades florísticas hacia especies tolerantes, asociado a un proceso que tiende a la aparición de resistencias. Se ha detectado tolerancia al glifosato en raigrás, yerba carnífera (*Conyza*

spp.), yuyo colorado (*Amaranthus palmieri*) y *Echinochloa colona* (capín). Las recomendaciones para superar este problema son rotar herbicidas que tengan diferente modo de acción (como las formulaciones con Paraquat de amplio espectro) y el uso de herbicidas preemergentes (G. Fernández, PRENSA; Ríos, 2013; Villalba, 2014).

En Argentina, la tolerancia de *Amaranthus* ha generado grandes daños, extendiéndose en 5 millones de hectáreas, multiplicando los costos por el uso de agroquímicos. También se ha reportado resistencia en *Cynodon hirsutus*, *Echinochloa colona*, *Eleusine indica*, *Lolium spp.* y *Sorghum halepense*, asociadas a otras especies tolerantes. Los cultivos de granos y cítricos dependen del empleo de este herbicida, por lo que se dificultan y hacen menos rentable este tipo de producción (Olea, 2013; Papa y Tuesca, 2013). En Brasil fueron identificadas 5 especies resistentes al glifosato: *Conyza bonariensis*, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis*, *Lolium multiflorum* y *Digitaria insularis* (Gazziero et al., 2013). Existen reportes también en otros países de la región, como Paraguay, Chile y Ecuador (Ríos, 2013).

2.1.4 Impactos sobre distintos organismos (organismos no-blanco).

El aumento del uso de herbicidas ha incrementado los niveles de exposición de distintos organismos a estos compuestos. Si bien existen estudios que muestran una baja ecotoxicidad del glifosato, existen otros estudios que muestran que tanto éste, como sus formulaciones comerciales o productos de degradación, son tóxicos para ciertos vertebrados, insectos y microorganismos de suelo y agua.

Los impactos ambientales de los pesticidas no sólo dependen de la cantidad aplicada, sino también de las condiciones de uso y los niveles de toxicidad y ecotoxicidad (Bonny, 2008). La evaluación del riesgo ambiental se realiza evaluando la combinación de dos parámetros: peligrosidad y nivel exposición al agente. El bajo costo, considerarlo inocuo y la aparición de malezas tolerantes ha llevado a un gran incremento en el volumen de las aplicaciones del glifosato. Además, se ha detectado la presencia de este herbicida en el grano de soja de cultivos TG con aplicación del mismo (Bohn et al., 2014). Todo esto ha llevado a un aumento en el nivel de exposición a este compuesto, que aún si tuviera una baja peligrosidad, conlleva a un mayor riesgo en su uso.

El impacto de los herbicidas en el ambiente debería ser evaluado tanto por su toxicidad aguda como crónica, considerar tanto exposiciones a un solo compuesto como a la combinación de varios y en diferentes organismos no blanco de distintos ecosistemas. Un efecto negativo potencial de los cultivos TH es la acumulación de herbicidas en la planta transgénica, pero esto no es considerado en las evaluaciones de riesgo cuando se realizan experimentos in vitro de alimentación de animales ni en análisis comparativos de la composición de alimentos (Bohn et al., 2014; Nordgård et al., 2015). Inicialmente el glifosato se consideró como el herbicida ideal por su baja toxicidad para el ambiente donde es aplicado (Duke & Powles 2008), pero recientemente se ha prestado más atención a su riesgo potencial debido a los efectos negativos en ecosistemas terrestres y acuáticos (Nordgård et al., 2015).

Varios estudios han mostrado baja toxicidad o la no existencia de efectos adversos con la dosis de uso recomendada, lo que coincide con las conclusiones derivadas de algunas revisiones sobre la ecotoxicidad potencial del glifosato. Otros estudios concluyen que el glifosato es peligroso en el ambiente acuático, revisando la información disponible sobre su toxicidad y el de sus formulaciones sobre diferentes grupos de organismos (vertebrados -peces y anfibios-, invertebrados, protozoarios y bacterias). Estudios han demostrado que el aumento del uso de glifosato en cultivos transgénicos afecta a ciertas especies de artrópodos como las abejas, afectando su comportamiento, mariposas, porque disminuye su fuente de alimento, y el crustáceo acuático *Daphnia magna*, entre otros (Brower, 2012; Herbert et al., 2014; Cuhra et al., 2013; 2015; García y Altieri 2005, Haughton et al., 2003; Roy et al., 2003). En experimentos de laboratorio, se determinó que el glifosato interfiere con los mecanismos moleculares de la célula que regulan el desarrollo de ranas y pollos, causando deformaciones en sus embriones, al alterar la vía de señalización del ácido retinoico (Paganelli et al. 2010). Se han reportado también efectos sobre mamíferos, como ratas y cabras (Tudisco et al., 2015; Mesnage et al., 2015a; 2015b). Este herbicida y sus formulaciones pueden tener efectos geno y citotóxicos, de disruptores endócrinos y alterar la reproducción. A concentraciones menores a 2.6 mg a.i./L el glifosato posee efectos significativos, que dependen también de la etapa de desarrollo del organismo. Puede ser muy nocivo en aguas estancadas o en canales de riego, donde su toxicidad pueda verse aumentada por características ambientales o factores de estrés. Las algas son los organismos más sensibles, junto con los caracoles y gusanos, y muestran efectos en el crecimiento, reproducción y metabolismo. Las formulaciones comerciales (con POEA principalmente) son más tóxicas que el ingrediente activo puro (Pérez et al., 2011; Mensah et al., 2015; Nordgård et al., 2015).

El glifosato también es perjudicial para organismos beneficiosos del suelo, como lombrices y hongos micorrícicos, afectando su salud y fertilidad (Tapersser et al., 2014; Zaller et al., 2014). Un estudio reciente muestra que la exposición a dosis subletales de herbicidas cambia la respuesta de las bacterias resistentes a antibióticos que son relevantes en tratamientos clínicos; por ej. cepas de *Escherichia coli* aumentan su tolerancia a cloranfenicol en la presencia de glifosato y dicamba (Kurenbach et al., 2015).

Se considera además que el glifosato es menos problemático que otros herbicidas en términos de contaminación de aguas tanto superficiales como subterráneas, aunque las formulaciones para uso agrícola no son para aplicación cerca de cursos de agua. El glifosato se adsorbe a los minerales del suelo, lo que limita su movimiento por el mismo, y se degrada más rápidamente en la mayoría de los suelo que otros herbicidas (Duke y Powels, 2008). Existen estudios en agua dulce y marina, que indican que los herbicidas en base a glifosato pueden afectar negativamente organismos no blanco de diferentes niveles tróficos: comunidades microbianas, algas planctónicas (Perez et al., 2007), plantas macrófitas (Lockhart et al., 1989; Simenstad et al. 1996), nidarios (Demetrio et al., 2012), erizos (Marc et al., 2004), peces (Servizi et al., 1987), anfibios (Mann et al. 2009; Relyea 2005).

En Uruguay se ha analizado el efecto del glifosato sobre microorganismos del suelo involucrados en el ciclo de nitrógeno y sobre microorganismos acuáticos planctónicos, y en ambos estudios se vio un cambio en la actividad y/o estructura de las comunidades en presencia del herbicida (Martin et al., 2015; Pérez et al; 2015).

También es importante considerar los posibles efectos del producto de degradación del glifosato, el AMPA (2-amino-3-(3-hydroxy-5-methyl-isoxazol-4-yl)propanoic acid) y de los demás compuestos presentes en la formulación que se aplica en campo. El herbicida Roundup contiene adyuvantes para facilitar la penetración del glifosato en el tejido de la planta, como POEA (polioxi-etilén alquilaminas) que contribuyen a la toxicidad del producto comercial (Nordgård et al., 2015). En ensayos de toxicidad in vitro se han observado efectos negativos a nivel bioquímico y celular en animales (peces, erizos) o en tejidos humanos en cultivo (tejido nervioso y placenta), y en algunos casos el herbicida formulado es más tóxico que el ingrediente activo (Jiraungkoorskul et al., 2003, Marc et al, 2004; Axelrad et al., 2003; Richard et al., 2005). Esto sugiere que la toxicidad y los efectos endócrinos también podrían observarse en mamíferos. También que los adyuvantes que se utilizan en el herbicida comercial pueden aumentar la biodisponibilidad o bioacumulación del glifosato. Dado que la composición de las formulaciones se protege por secreto industrial, es más difícil estudiar y evaluar sus efectos sobre el ambiente y los organismos (Nordgård et al., 2015).

La incorporación de tolerancias apiladas en una misma planta, presenta la posibilidad de efectos acumulativos y sinérgicos entre los herbicidas utilizados. En el año 2015, la EPA aprobó en 15 estados de EEUU el uso del herbicida “Enlist Duo” que combina glifosato y 2,4-D para la nueva generación de transgénicos tolerantes a ambos compuestos. Sin embargo, a fines de ese año revocó la aprobación al surgir nueva información sobre un efecto sinérgico en su toxicidad, que pueda ser más dañino para los organismos no blanco (Nature, 2014).

Residuos de herbicidas en plantas TH

La evaluación de los efectos del consumo de plantas GM se ha enfocado a su potencial alergenicidad y/o toxicidad resultante del propio transgen y la proteína que sintetiza o de efectos indeseados por el proceso de transformación. Asimismo, se presta poca atención a los residuos de herbicidas y metabolitos que potencialmente se acumulan en el producto final, y si la exposición por el consumo o contacto con el material vegetal puede afectar a los organismos no blanco o al ambiente. Muchas de las pruebas con cultivos transgénicos TH han sido realizadas sin aplicar a la planta el correspondiente herbicida que implica la tecnología asociada al evento, o sin medir los residuos de herbicidas en la planta (Millstone et al., 1999; Harrigan et al. 2007; Viljoen 2013). Los estudios de composición deberían incluir los residuos de pesticidas para establecer la equivalencia sustancial (similitud nutricional y elemental entre un cultivo transgénico y su contraparte convencional) porque estas moléculas son parte de la composición y además pueden agregar propiedades tóxicas por sí mismas o al afectar el metabolismo de la planta. En parte de las investigaciones científicas el material a evaluar

es producido en pequeñas parcelas experimentales donde no se aplica herbicida o las dosis aplicadas son menores a las utilizadas en campo, por lo que no son representativas respecto a los residuos de glifosato (Nordgård et al., 2015).

Estudios demuestran la presencia de residuos de glifosato y de su principal metabolito (AMPA) en granos de soja TH, algunos obtenidos del mercado para alimento humano o animal (Duke et al. 2003; Bøhn et al. 2014). Esto indica que residuos de herbicida permanecen en el material vegetal a los que los organismos quedan expuestos en el ambiente, por lo que un monitoreo de estos compuestos en la planta y su correlación con las aplicaciones de herbicida en campo debería ser un elemento a considerar en la evaluación de estas variedades (Nordgård et al., 2015). Este herbicida también queda presente en el algodón TH luego de cosechado, como se detectó en productos comerciales analizados en Argentina por investigadores de la Universidad de La Plata¹⁹.

2.1.5 Impactos en los ecosistemas.

Los cultivares de soja transgénicos tolerantes a glifosato han sido parte fundamental del paquete tecnológico que impulsó la intensificación agrícola en Uruguay. Las principales herramientas tecnológicas utilizadas han sido la siembra directa, la utilización de herbicidas y de semillas transgénicas con tolerancia a glifosato.

Las modalidades productivas en que se ha sostenido el éxito del cultivo de soja en nuestro país implicaron la implementación de sistemas de agricultura continua (cultivos continuos) en detrimento de los sistemas de rotación de agricultura con pasturas, y la instalación de cultivos agrícolas en zonas con mayor riesgo de erosión, aspectos que impactaron sobre la sostenibilidad de los agroecosistemas (Perez Bidegain et al. 2010). El índice de intensidad agrícola relaciona la sumatoria de la superficie de los cultivos realizados en verano y en invierno con la superficie sobre la que se hizo agricultura durante un año agrícola. Viendo la evolución de este índice se observa que desde los años 50 al año 2000, antes del crecimiento del área de soja, se sembraban cultivos agrícolas en invierno y en verano en la misma chacra en menos del 7% del área con agricultura de secano. En el año 2016 ese porcentaje alcanzó el 36% registrándose un pico en el año 2010 del 58% (MGAP-DIEA, 2016). Esta intensificación del uso del suelo se explica fundamentalmente por la sucesión de cultivos de soja y trigo.

La rotación de agricultura con pasturas ha sido sustituida por sucesión de cultivos agrícolas. En la zafra 2014/2015 el 89% del área ocupada con cultivos agrícolas de verano correspondió a soja. De las 1.334.000 ha sembradas con soja, luego de la cosecha, sólo el 8 % fue destinado a rotación con praderas y forrajeras anuales, el 32% se destinaron a cultivos de invierno (fundamentalmente trigo), mientras que el 52% quedaron como rastrojos para la siembra del verano siguiente. El 17% de esta área de rastrojos, unas 120.000 hectáreas, fue dejada en barbecho (suelo sin cobertura viva) y un 83% se

¹⁹

http://www.exactas.unlp.edu.ar/articulo/2015/10/21/encuentran_glifosato_en_algodon__gasas__hiso_pos__toallitas_y_tampones

destinó a la implantación de cultivos protectores (mayoritariamente avena) (MGAP-DIEA, 2015b). El barbecho del cultivo de soja deja el suelo desnudo por lo que la implantación de cultivos protectores sobre el rastrojo de este cultivo ha sido una de las estrategias impulsadas desde el Estado para proteger los suelos agrícolas²⁰. La implantación de cultivos protectores ha sido adoptada con mayor frecuencia desde que el estado a través del MGAP ha exigido, a partir del año 2013, la presentación de Planes de Uso y Manejo del Suelo a quienes realizan más de 50 has de agricultura. Mientras que en la zafra 2014/2015 el área que quedó en barbecho sin cobertura representó el 9% del área cosechada de soja, en la zafra 2009/2010 este porcentaje fue del 36% lo que da idea de la importancia de las medidas regulatorias que adopta el Estado en relación a la conservación de los recursos asociados a la producción agrícola.

Otro aspecto relevante es la pérdida de diversidad que la aplicación de glifosato por largos períodos de tiempo causa sobre las praderas naturales, el principal ecosistema uruguayo (Rivas, 2010).

2.2 Riesgos potenciales de cultivos productores de toxinas Bt.

Los riesgos potenciales asociados a los cultivos Bt pueden resumirse en:

- Vinculados a características propias del cultivo transgénico

1. Efectos de las toxinas Bt sobre organismos no-blanco

- Derivados de su aplicación tecnológica.

2. Desarrollo de resistencia a la toxina Bt en insectos plaga.

2.2.1 Efectos de las toxinas Bt sobre organismos no-blanco.

Las toxinas Bt producidas por los cultivos transgénicos tienen acción insecticida bastante específica sobre insectos que son plaga de los cultivos. Esto disminuye el consumo de las plantas por los insectos blanco, lo que lleva a un aumento en el rendimiento del cultivo cuando dichos insectos son abundantes. Por otra parte, la producción de estas toxinas Bt (proteínas Cry) insecticidas por el propio cultivo, puede reemplazar el uso externo de pesticidas sobre las plantas, los cuales en general son de amplio espectro.

Un análisis conjunto de 42 experimentos de campo mostró que los cultivos de maíz Bt presentan mayor abundancia de invertebrados no blanco de la toxina que los cultivos tratados con insecticidas. Esto representaría una mejora para estos organismos en el ambiente, si se compara el uso de transgénicos resistentes a insectos con el manejo agrícola convencional con uso de plaguicidas (Marvier et al. 2007). Sin embargo, se han

²⁰ El Decreto interministerial 405/2008 sobre Uso responsable y sostenible de los suelos y la resolución del MGAP del 18/1/2013 son ejemplos de medidas tomadas desde el estado para regular el uso de suelos. Se puede acceder al marco normativo en <http://www.mgap.gub.uy/unidad-ejecutora/direccion-general-de-recursos-naturales/normativa/suelos>

observado efectos negativos de las toxinas Bt o de la planta que las produce sobre organismos no blanco. En general no se han encontrado efectos negativos sobre otros organismos que se alimentan de las plantas, pero sí se han reportado efectos negativos sobre enemigos naturales de estos últimos, así como en organismos del suelo y acuáticos.

Efectos sobre artrópodos terrestres

La abundancia de invertebrados en cultivos transgénicos es menor que en cultivos convencionales donde no se aplica insecticidas (Marvier et al. 2007). Resultados similares se obtuvieron en las comunidades de artrópodos presentes en algodón que expresa la proteína Cry1Ac (Whitehouse et al., 2005).

Los cultivos Bt pueden tener efectos sobre los enemigos naturales de las plagas. Publicaciones que analizan los efectos de las toxinas Bt sobre insectos no blanco, documentan que el 30% de los estudios realizados en predadores y el 57% de los que incluyen parasitoides muestran efectos negativos sobre estos organismos. Los casos en los que el impacto no es neutro son el 75%, siendo más comunes los efectos negativos que los positivos (Lövei & Arpaia 2005; Lovei et al, 2009).

Hilbeck y Schmidt (2006) presentan numerosos estudios que documentan efectos adversos de las toxinas Bt sobre más de 20 especies de organismos no blanco, incluyendo *Chrysoperla carnea* (crisopa) que es un depredador generalista (de ácaros, pulgones, etc.) en estado larvario, encontrando que el 50% de los trabajos en plantas Bt mostraban efectos negativos sobre invertebrados. También se han observado efectos negativos de las toxinas Bt sobre organismos utilizados como modelo en estudios de ecotoxicidad, como el insecto terrestre *Adalia bipunctata* (nombre común: mariquita o bicho de San Antonio) (Schmidt et al., 2009). Esto puede deberse a la existencia de otros modos de acción de las toxinas que aún no han sido caracterizados, ya que se consideraron inicialmente como muy específicas para el insecto blanco. Existen varios factores extrínsecos a los cuales se exponen las proteínas Cry cuando son expresadas en las plantas transgénicas que pueden actuar de forma sinérgica e influir en su selectividad y eficacia, alterando el espectro de acción de los organismos susceptibles. Este aspecto no es incluido en las evaluaciones de riesgo de la toxina que se realizan in vitro, y difícilmente predecibles en todas las condiciones ambientales donde se desarrollan los cultivos (Then, 2010).

Un análisis basado en varios estudios realizados en abejas, mostró que las proteínas Cry no tienen un efecto directo en estos insectos (Duan et al. 2008). Sin embargo, dosis subcrónicas de proteínas Cry pueden afectar el comportamiento y capacidad de aprendizaje de estos polinizadores (Ramirez-Romero et al. 2008).

Por otra parte, especies de artrópodos no blanco pueden ser afectados por las toxinas Bt a través de la cadena alimentaria. Se determinó que dos especies de arañas alimentadas con presas conteniendo la proteína Cry1Ab sufrieron cambios en enzimas metabólicas (Zhou et al., 2014). Un aumento en la mortalidad de larvas de la mariposa *Inachis io* que se alimentan de polen de maíz Bt depositado por el viento sobre otras

especies vegetales donde habitan, fue modelado a partir de datos climáticos, fenológicos y toxicológicos (Holst et al., 2013).

Efectos sobre organismos del suelo

Se han reportado impactos en organismos del suelo en respuesta a las toxinas Bt, que llegan a este ecosistema principalmente por tres vías: exudados radiculares, los residuos vegetales que son incorporados al suelo luego de la cosecha y el polen que cae al mismo. Los posibles efectos dañinos de los cultivos transgénicos sobre los organismos del suelo pueden disminuir la fertilidad y el ciclo de nutrientes, y si ciertas especies clave beneficiosas para las plantas son afectadas, puede verse perjudicado su crecimiento y sanidad. También pueden existir efectos cascada a través de la red alimenticia del suelo y su cadena trófica (Castaldini et al. 2005; Hannula et al., 2014). Se han observado efectos sobre animales y microorganismos edáficos, incluyendo lombrices (Zwahlen et al. 2003), hongos micorrízicos, bacterias (Castaldini et al. 2005) y microartrópodos (Wandeler et al. 2002, Griffiths et al. 2006, Cortet et al. 2007).

Efectos sobre la macrofauna

Se han reportado cambios negativos en la biomasa corporal de lombrices por la exposición a residuos de hojas de maíz Bt expresando la proteína Cry1Ab (MON810), tanto de la especie *Lumbricus terrestris* como de *Eisenia andrei* (Zwahlen et al., 2003; van der Merwe, 2012). Un efecto similar se observó en caracoles de la especie *Cantareus aspersus* expuestos a la toxina Bt presente en la variedad de maíz MON810, que presentaron un crecimiento 25% menor que los caracoles no expuestos a la misma (Kramarz et al., 2009).

Efectos sobre microorganismos del suelo

Por su función en la naturaleza, los microorganismos del suelo representan organismos clave para evaluar los efectos imprevistos de las plantas transgénicas sobre los ecosistemas naturales y agrícolas.

Varios estudios han indicado que las plantas que expresan las toxinas Bt no provocan cambios o producen cambios menores en las comunidades microbianas (Icoz y Stotzky, 2008). En algunos trabajos se han demostrado diferencias relevantes en la presencia de microorganismos entre suelos cultivados con maíz Bt y no Bt. Se han detectado cambios en las comunidades de bacterias del suelo asociadas a cultivos de algodón, maíz y papa expresando la toxina Bt, comparadas con los controles respectivos no transgénicos (Castaldini et al. 2005; Donegan et al., 1995; Xue et al. 2005). Además de cambios en su composición, se ha observado una disminución de la actividad microbiana medida como respiración. Este efecto se ha asociado a diferencias en la degradación de los restos vegetales de los cultivos transgénicos Bt de canola, papa, maíz, tabaco y algodón, por contener éstos mayor contenido en lignina que la aislina no transgénica (Castaldini et al. 2005; Flores et al., 2015; Saxena y Stotzky, 2001; Stotzky, 2004). Se observaron también diferencias en el contenido nutricional de las hojas de

maíz Bt que produjeron una disminución en el crecimiento de las bacterias asociadas al crustáceo *Porcellio scaber* que se alimenta de este cultivo (Escher et al., 2000).

Los estudios que evalúan los efectos de diferentes modificaciones en los cultivos transgénicos sobre los hongos del suelo muestran que existen efectos positivos, negativos y neutros, tanto en los hongos de vida libre como en los asociados a las plantas. De 58 trabajos publicados en los últimos años, 10 encuentran efectos significativos y duraderos sobre la estructura y/o función de las comunidades de hongos totales, micorrícicos o descomponedores y otros 22 reportan un efecto transitorio (Hannula et al., 2014). Un efecto menor o transitorio del cultivo de papa y maíz que expresan la toxina Bt ha sido observado sobre las poblaciones de hongos del suelo o asociados a estas plantas en estudios a campo (Donegan et al. 1996; Icoz et al. 2008; Oliveira et al. 2008). Los hongos descomponedores de la materia orgánica pueden ser afectados por el cultivo de algodón, arroz y maíz Bt, y sea en su abundancia como en su diversidad en el suelo (Castaldini et al. 2005; Donegan et al. 1995; Lu et al. 2010; Naef and Defago 2006; Tan et al. 2010; Wu et al. 2004; Xue et al. 2011). Varios estudios han reportado efectos de cultivos de maíz Bt sobre la colonización de las raíces por hongos micorrícicos o sobre la comunidad de éstos presente en el suelo (Castaldini et al. 2005; Cheeke et al. 2011, 2012; Fließbach et al. 2012; Tan et al. 2011; Turrini et al. 2004). En una revisión realizada para evaluar el impacto de las plantas transgénicas sobre las micorrizas y sus implicancias ecológicas, se estableció que la expresión constitutiva de las proteínas insecticidas Bt y su liberación por las raíces durante su cultivo puede ser dañina para algunos pasos del desarrollo de la simbiosis micorrícica. Además, puede haber un impacto sobre la diversidad de estos hongos luego de cultivos por períodos prolongados (Liu et al., 2010). El desarrollo de los hongos micorrícicos y su colonización se vieron reducidos en una variedad de maíz Bt expresando la proteína Cry1Ab, además que la presencia de residuos del cultivo afectó el establecimiento posterior de esta simbiosis en plantas de alfalfa (Turrini et al., 2004; Castaldini et al., 2005).

Efectos sobre organismos acuáticos

Los restos vegetales y el polen de los cultivos transgénicos pueden alcanzar los ecosistemas acuáticos, por lo que es importante evaluar los potenciales riesgos de la presencia de las toxinas Bt sobre sus organismos. Éstas también pueden ser llevadas por el agua de lluvia a partir de los exudados de las raíces de las plantas. En los ambientes acuáticos existen insectos de los mismos grupos filogenéticos a los cuales es dirigida la acción tóxica de las diferentes proteínas Bt encontradas en los transgénicos (Lepidoptera, Diptera y Coleoptera) que podrían verse afectados.

Un estudio realizado en EEUU determinó que las cañadas reciben restos del cultivo de maíz Bt en cantidades relacionadas a su distancia. En esos sistemas, lepidópteros de la especie *Lepidostoma lima* contenían polen de maíz en su intestino. En ensayos de alimentación con residuos de maíz Bt, se observaron problemas de crecimiento y mortalidad en esta especie y en *Helicopsyche borealis*, comparados con el maíz no Bt. Estos insectos herbívoros son parte de la cadena trófica acuática, como

alimento de predadores acuáticos y riparios (Rosi-Marshall et al. 2007; Chambers et al, 2010).

También se ha demostrado la presencia de transgenes de Cry1Ab en branquias, glándulas digestivas y gónadas de mejillones de agua dulce presentes en cursos de agua cercanos a campos de maíz Bt (Douville et al. 2009). Se han observado efectos negativos de las proteínas Cry sobre el crustáceo acuático *Daphnia magna*, que se utiliza como modelo en estudios de ecotoxicidad (Bøhn et al. 2008; 2010; 2016). La exposición crónica de *D. magna* alimentada con hojas de maíz MON810 produjo disminución en el tamaño y reducción de la fecundidad, indicando un efecto directo de la proteína Cry o diferencias nutricionales de la variedad transgénica con su isolínea (Ferreira et al., 2015).

2.2.2 Desarrollo de resistencia a la toxina Bt en insectos plaga.

Los cultivos transgénicos que producen toxinas Bt exponen continuamente a su acción insecticida a las poblaciones de insectos sobre los cuales éstas tienen acción. Esto aumenta la probabilidad de aparición de poblaciones de insectos resistentes a la toxina, lo cual ya ha sido reportado.

Esto ha sido documentado en Sudáfrica, donde la plaga *Busseola fusca* ha desarrollado resistencia al maíz Bt MON810 que expresa la proteína Cry1Ab, y consecuentemente puede alimentarse del cultivo (Kruger et al., 2009; 2012; Van den Berg et al., 2013). Frente a este fenómeno, se utilizan insecticidas de amplio espectro sobre el cultivo transgénico, por lo que el potencial impacto positivo del reemplazo de plaguicidas se ve limitado. La otra alternativa ha sido la incorporación de variedades de maíz que expresen más de una proteína Cry, como la MON89034 que expresa los genes cry2Ab2 y cry1A.105 (Van den Berg et al. 2013), lo que aumenta el potencial efecto negativo de estas toxinas sobre los organismos no blanco.

En el sureste de los Estados Unidos se ha encontrado evidencia de la plaga lagarta o gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) con resistencia a la proteína insecticida Cry1F, en campos donde se cultiva maíz no Bt. Esto se ha interpretado como una probable migración de los insectos desde Puerto Rico, y ha resultado en una menor eficacia del control de esta plaga por maíces Bt que expresan Cry1F o más de una toxina Bt apilada (Huang et al., 2014). También se ha evidenciado el desarrollo de resistencia en insectos al algodón Bt (Tabashnik et al., 2009).

En Uruguay se monitorea la presencia de lagarta cogollera (*Spodoptera frugiperda*), sus predadores y parasitoides en cultivos de maíz Bt y los refugios asociados para evitar el desarrollo de resistencia. Los registros desde la zafra 2003/2004 a 2009/2010 muestran una tendencia a un aumento de la presencia de larvas en las mazorcas de los cultivos Bt, registrándose casos en que su número es mayor en el cultivo Bt que en el refugio (CUS, 2010).

2.3 Flujo génico entre cultivos transgénicos y no transgénicos

La reglamentación vigente en nuestro país establece que la política a seguir en relación a la bioseguridad de los cultivos transgénicos es la 'coexistencia regulada' con otras modalidades productivas²¹. Esto implica generar las condiciones para que los sistemas productivos que utilizan cultivares transgénicos y los que no lo hacen, puedan desarrollarse sin inviabilizar unos a otros. Son varios los desafíos para lograr esto, entre ellos evitar cruzamientos entre cultivos transgénicos (GM) y no transgénicos (no-GM), o dicho de otra forma el flujo de transgenes desde cultivos GM hacia cultivos no-GM de la misma especie. En particular para el caso del maíz, los riesgos de que esto ocurra son altos dada la biología reproductiva del cultivo, no así para los cultivares de soja dado que esta última es una planta autógama.

El maíz es una planta monoica, que tiene al viento como principal vector de dispersión y transporte del polen desde las inflorescencias masculinas hasta los estigmas en las inflorescencias femeninas. Esto hace que exista un alto grado de polinización cruzada entre plantas de un cultivo, así como entre cultivos cercanos. Varios estudios han demostrado flujo de polen desde variedades de élite hacia variedades locales, entre variedades, y entre híbridos (Burris, 2001; Doebley, 1990; Sanou et al., 1997).

El flujo de transgenes por interpolinización entre cultivos de maíz ha sido evaluado por varios trabajos científicos (Devos et al., 2005; Sanvido et al., 2008). Muchos de estos trabajos han tenido como objeto aportar información que ayude a definir las distancias de aislamiento necesarias para que la presencia de transgenes en los cultivos no-GM se mantenga por debajo de determinados niveles según las exigencias de algunos mercados, particularmente el de la Unión Europea. La diversidad de enfoques en la investigación, métodos analíticos y diseños experimentales utilizados, dificulta la comparación y síntesis de los resultados. Estas dificultades atentan contra la definición de medidas apropiadas que limiten la polinización cruzada entre cultivos (Devos et al. 2005).

Además de factores ambientales como el viento y la humedad, y de factores biológicos como la sincronización en la floración, el flujo de genes entre cultivos de maíz también se ve afectado por el tamaño y orientación de los cultivos entre los cuales se da la interpolinización. La mayor parte de los experimentos realizados para medir el flujo de genes en maíz han utilizado una única fuente de polen, cuya escala muchas veces es más pequeña o de tamaño equivalente a la del cultivo receptor (Sanvido et al. 2008). Sin embargo, a medida que se extiende el cultivo de maíz GM, un cultivo no-GM puede recibir polen de varias fuentes o de fuentes más grandes en superficie (Devos et al. 2005). Otro aspecto a considerar, es el tipo de vegetación o barreras físicas existentes entre los cultivos de maíz dador y receptor del polen (Weekes et al. 2007). Por tanto es necesario medir a nivel de campo, en situaciones de cultivo comercial reales, lo que realmente está ocurriendo con el flujo de transgenes, en particular en casos como el de Uruguay donde el área cultivada con maíz GM es muy superior a la sembrada con maíz no-GM.

²¹ Decreto Presidencial 353/008 (2008). "Normas relativas a Bioseguridad de vegetales y sus partes genéticamente modificadas". Diario Oficial Nº 27.534 - Julio 28 de 2008.

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de la República analizó situaciones en que existía vecindad entre cultivos de maíz GM y no-GM en distintos departamentos del país durante la zafra 2007/2008, detectándose cruzamientos entre estos tipos de cultivos aún a distancias mayores a los 300 mts (Galeano et al. 2010), confirmando la presencia de transgenes en la descendencia de cultivos de maíz no-GM. Al momento de aquel estudio estaba vigente en el país una reglamentación que establecía que debía dejarse una distancia de 250 mts entre cultivos de maíz GM y no-GM para evitar cruzamientos. Esta reglamentación fue derogada por la autoridad competente (el Gabinete Nacional de Bioseguridad) en el año 2011²² sin que se establecieran nuevas medidas tendientes a evitar el flujo de transgenes. En un estudio posterior realizado por este mismo grupo, en las zafras 2010/2011 y 2011/2012, se hizo una búsqueda más exhaustiva de casos con potencial riesgo de flujo de transgenes abarcando una zona más amplia del sur de Uruguay. En la zafra 2010/2011 se analizaron cinco casos y se detectaron tres casos en los cuales se constató la presencia de transgenes en la descendencia del cultivo no-GM. En tanto, en la zafra 2011/2012 se analizaron cuatro casos detectándose flujo de transgenes en tres de ellos. Las distancias entre los cultivos GM y no-GM para los casos en que se postuló flujo de transgenes para estas zafras fueron de 24 metros en el caso de mayor cercanía entre cultivos y de 810 metros en el caso de mayor distancia. Las chacras de maíz no-GM en las que se detectó flujo de transgenes correspondieron a maíces híbridos en la mayoría de los casos pero en dos casos se trató de variedades criollas y en otro caso de a una multiplicación de un híbrido del cual el productor seleccionaba semilla para sembrar.

Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz

Uruguay cuenta con una gran diversidad de variedades criollas de maíz (De María et al. 1979, Gutiérrez et al. 2003). Esta diversidad se originó a partir de las introducciones realizadas por diversas corrientes de inmigración amerindias y europeas, y la subsecuente multiplicación, conservación y selección que han realizado los productores en los predios durante generaciones (Berreta et al. 2007). Este germoplasma tiene un valor intrínseco y un valor de uso. El primero, se refiere al valor como un elemento cultural e identitario de los agricultores. El segundo, es el valor como alimento humano y animal, como forraje y otros usos, y como fuente de variabilidad para el mejoramiento convencional por su adaptación a las condiciones agroecológicas locales y otras características agronómicas favorables.

A partir de la liberación de cultivos transgénicos, la presencia de individuos transgénicos en poblaciones de variedades criollas de maíz, ya sea producto de cruzamientos no deseados o de mezclas involuntarias en la cadena de producción-almacenamiento-distribución, plantea un nuevo desafío para la conservación in situ de ese germoplasma. La presencia de transgenes en las variedades criollas afecta la identidad no-GM del cultivo y desestimula su conservación por parte de los productores.

²² Las resoluciones del GNBio 32A y 32B dejaron sin efecto las resoluciones del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) 276/2003 y 292/2004, que establecían una distancia de 250 metros entre cultivos de maíz GM y no-GM para los eventos MON810 y Bt11.

Muchos productores que cultivan variedades criollas son además productores orgánicos, por lo cual la presencia de transgenes en sus semillas trae como consecuencia dificultades comerciales. En el caso del maíz los riesgos de contaminación son altos, dada la biología del cultivo y el manejo cultural que hacen los productores con sus semillas.

Desde 2013 se realiza un relevamiento de la presencia de transgenes en semillas de maíz utilizadas por productores de la Red Nacional de Semillas Nativas y Criollas. El análisis tiene un carácter de servicio a los productores de la Red, mediante un convenio entre REDES Amigos de la Tierra y la Fundación para el Progreso de la Química (FUNDAQUIM), que funciona en la órbita de la Facultad de Química de la Universidad de la República. Los análisis de las muestras se realizan en el Laboratorio de Bioquímica de esa Facultad. Las determinaciones se realizan mediante la detección de proteínas transgénicas (Cry1Ab, Cry1F y CP4 EPSPS) expresadas por los eventos de maíz autorizados en Uruguay. En algunos casos positivos se confirma la presencia del transgen a nivel del ADN por parte del Laboratorio de Trazabilidad Molecular Alimentaria de Facultad de Ciencias. En 2013 se analizaron las primeras 8 muestras detectándose la presencia de la proteína Cry1Ab en cuatro muestras de semillas de productores de los departamentos de Treinta y Tres y Canelones. En el año 2014 se analizaron 18 muestras, y se detectó la proteína Cry1Ab en 3 muestras (Red de Semillas Criollas, 2014). En el año 2015 se analizaron 9 muestras no detectándose proteínas transgénicas en ninguna de ellas. Durante 2016 se analizaron 12 muestras, de las cuales 4 muestras de Canelones resultaron positivas para la proteína Cry1F (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Análisis de la presencia de proteínas de origen transgénico en muestras de semillas de maíz criollo de productores integrantes de la Red Nacional de Semillas Nativas y Criollas

Año	Muestras analizadas	Muestras positivas	Proteína detectada	Procedencia de muestras positivas
2013	8	4	Cry1Ab	Treinta y Tres, Canelones
2014	18	3	Cry1Ab	Treinta y Tres, Canelones
2015	9	0	-	-
2016	12	4	Cry1F	Canelones

Capítulo 2: Referencias bibliográficas

- Allieri, L. 2011. Manejo y control de maíz guacho tolerante a glifosato. Revista Técnica Especial: Malezas Problema (Revista Técnica en SD, AAPRESID). Diciembre 2011: 35-39.
- Axelrad, J.C., C.V. Howard y W.G. McLean. 2003. The effects of acute pesticide exposure on neuroblastoma cells chronically exposed to diazinon. Toxicology. 185:67-78.
- Beckie, H. J. 2011. Herbicide resistant weed management: focus on glyphosate. Pest Management Science 67:1037-1048.
- Benbrook, C. M., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. - the first sixteen years. Environmental Science Europe. 24:24.
- Berretta A, Condón F, Rivas M. 2007. Segundo informe país sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Acceso en Marzo 2014. <http://www.fao.org/docrep/013/i1500e/Uruguay.pdf>
- Binimelis, R., 2008. Coexistence of Plants and Coexistence of Farmers: Is an Individual Choice Possible? Journal of Agricultural and Environmental Ethics. 21:437-457.
- Birch, A.N.E., B.S. Griffiths, S. Caul, J. Thompson, L. H. Heckmann, P.H. Krogh y J. Cortet. 2007. The role of laboratory, glasshouse and field scale experiments in understanding the interactions between genetically modified crops and soil ecosystems: A review of the ECOGEN project. Pedobiologia. 51:251-260.
- Bøhn, T., C. Macagnan Rover, P. R. Semenchuk. 2016. *Daphnia magna* negatively affected by chronic exposure to purified Cry-toxins. Food and Chemical Toxicology. 91:130e140.
- Bøhn, T., Cuhra, M., Traavik, T., Sanden, M., Fagan, J. y Primicerio, R. 2014. Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. Food Chemistry. 153:207-215.
- Bøhn, T., Primicerio, R., Hessen, D. O. y Traavik, T. 2008. Reduced fitness of *Daphnia magna* fed a Bt-transgenic maize variety. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 55:584-592.
- Bøhn, T., Traavik, T. y Primicerio, R. 2010. Demographic responses of *Daphnia magna* fed transgenic Bt-maize. Ecotoxicology. 19:419-430.
- Bonny, S. 2008. Genetically modified glyphosate-tolerant soybean in the USA: adoption factors, impacts and prospects. A review. Agron. Sustain. Dev. 28: 21–32.
- Bortolotto, O.C., G.V. Silva, A. de Freitas Bueno, A.F. Pomari, S. Martinelli, G.P. Head, R. A. Carvalho y G.C. Barbosa. 2014. Development and reproduction of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae) and its egg parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygasteridae) on the genetically modified soybean (Bt) MON 87701×MON 89788. Bulletin of Entomological Research. 104: 724-730.
- Brower LP, Decline of monarch butterflies overwintering in Mexico: is the migratory phenomenon at risk?, Insect Conservation and Diversity, Volume 5, Issue 2, pages 95-100, March 2012
- Burris JS. 2001. Adventitious pollen intrusion into hybrid maize seed production fields. Proceedings 56th Annual Corn and Sorghum Research Conference 2001. American Seed Trade Association, Inc., Washington, DC.
- Castaldini, M., A. Turrini, C. Sbrana, A. Benedetti, M. Marchionni, S. Mocali, A. Fabiani, S. Landi, F. Santomassimo, B. Pietrangeli, M. P. Nuti, N. Miclaus y M. Giovannetti. 2005. Impact of Bt corn on rhizospheric and soil eubacterial communities and on beneficial mycorrhizal symbiosis in experimental microcosms. Applied and Environmental Microbiology. 71: 6719-6729.

- Catarino, R., G. Ceddia, F.J. Areal y J. Park. 2015. The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. *Plant Biotechnology Journal*.1-12.
- CBAN (Canadian Biotechnology Action Network). 2015. Are GM crops better for the environment? Ottawa, Ontario, Canada. Report 2.
- Chambers, C.P., M.R. Whiles, E.J. Rosi-Marshall, Jennifer LT, T.V. Royer, N.A. Griffiths, M.A. Evans-White y A.R. Stojak. 2010. Responses of stream macroinvertebrates to Bt maize leaf detritus. *Ecological Applications*. 20: 1949-1960.
- Cheeke TE, Pace BA, Rosenstiel TN, Cruzan MB. 2011. The influence of fertilizer level and spore density on arbuscular mycorrhizal colonization of transgenic Bt 11 maize (*Zea mays*) in experimental microcosms. *FEMS Microbiol Ecol*. 75:304–312.
- Cheeke TE, Rosenstiel TN, Cruzan MB. 2012. Evidence of reduced arbuscular mycorrhizal fungal colonization in multiple lines of Bt maize. *Am J Bot*. 99:700–707.
- Cortet, J.; Griffiths, B.S.; Bohanec, M.; Demsar, D.; Andersen, M.N.; Caul, S.; E. Birch, A.N.; Pernin, C.; Tabone, E.; de Vaufléury, A.; Ke, X. y Henning Krogh, P. 2007. Evaluation of effects of transgenic Bt maize on microarthropods in a European multi-site experiment. *Pedobiologia (Jena)* 51:207-218.
- Cuhra, M. 2015. Review of GMO safety assessment studies: glyphosate residues in roundup ready crops is an ignored issue. *Environmental Sciences Europe*, 27:1-14.
- Cuhra, M., T. Traavik, M. Dando, R. Primicerio, D. Ferreira Holderbaum y T. Bøhn. 2015. Glyphosate-residues in Roundup-Ready soybean impair *Daphnia magna* life-cycle. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*. 4:24-36.
- Culpepper, A. S., T. L. Grey, W. K. Vencill, J. M. Kichler, T. M. Webster, S. M. Brown, A. C. York, J. W. Davis y W. W. Hanna. 2006. Glyphosate resistant Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) confirmed in Georgia. *Weed Sci*. 54:620–626.
- CUS (Cámara Uruguaya de Semillas). 2010. Conclusiones del monitoreo de insectos plagas y biocontroladores en cultivos de maíz bt y áreas de refugio. Período 2004 – 2010. Programa de Manejo de Resistencia de Insectos.
- Davis, V. M., Marquardt, P. T., & Johnson, W. J. 2008. Volunteer corn in northern Indiana soybean correlates to glyphosate-resistant corn adoption. *Crop Management*. DOI: 10.1094. CM-2008-0721-01-BR.
- De María F, Fernández GM, Zoppolo JC, 1979. Caracterización agronómica y clasificación racial de las muestras de maíz coleccionadas en Uruguay bajo el proyecto I.B.P.G.R. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Montevideo, Uruguay.
- Demetrio, P. M., Rossini, G. D. B., Bonetto, C. A. y Ronco, A. E. 2012. Effects of pesticide formulations and active ingredients on the coelenterate *Hydra attenuata* (Pallas, 1766). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 88:15-19.
- Devos Y, Reheul D, De Schrijver A. 2005. The co-existence between transgenic and non-transgenic maize in the European Union: a focus on pollen flow and cross-fertilization. *Environmental Biosafety Research* 4:71–87.
- Doebley J. 1990. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species-genes transformed into maize through genetic-engineering would be transferred to its wild relatives, the teosintes. *Bioscience* 40: 443–448.
- Donegan KK, Palm CJ, Fieland VJ, Porteous LA, Ganio LM, Schaller DL, Bucaco. LQ y Seidler RJ. 1995. Changes in levels, species and DNA fingerprints of soil microorganisms associated with cotton expressing the *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki endotoxin. *Applied Soil Ecology*. 2:111-124.
- Douville, M., Gagne, F., Andre, C. y Blaise, C. 2009. Occurrence of the transgenic corn cry1Ab gene in freshwater mussels (*Elliptio complanata*) near corn fields: Evidence of exposure by bacterial ingestion. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 72:17-25.

- 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.
- Duke, S. O. y Powles, S. B. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science* 64:319-325.
- Duke, S.O., Rimando, A.M., Pace, P.F., Reddy, K.N. y Smeda, R.J. 2003. Isoflavone, glyphosate, and aminomethylphosphonic acid levels in seeds of glyphosate treated, glyphosate resistant soybean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 51:340-344.
- Embrapa, 2015. É preciso manejo para controlar plantas tigueras mais resistentes. Notícias, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponible en: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2678142/e-preciso-manejo-para-controlar-plantas-tigueras-mais-resistentes>
- Escher, N., B. Kach y W. Nentwig. 2000. Decomposition of transgenic *Bacillus thuringiensis* maize by microorganisms and woodlice *Porcellio scaber* (Crustacea: Isopoda). *Basic Appl. Entomol.* 1:161-169.
- Ferreira Holderbaum, D., M. Cuhra, F. Wickson, A.I. Orth, R.O. Nodari y T. Bøhn. 2015. Chronic responses of *Daphnia magna* under dietary exposure to leaves of a transgenic (event MON810) Bt-maize hybrid and its conventional near-isoline. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 78:993-1007.
- Fließbach A, Messmer M, Nietlispach B, Infante V, Mader P. 2012. Effects of conventionally bred and *Bacillus thuringiensis* (Bt) maize varieties on soil microbial biomass and activity. *Biol Fertility Soils*. 48:315–324.
- Flores, S., D. Saxena y G. Stotzky. 2005. Transgenic Bt plants decompose less in soil than non-Bt plants. *Soil Biol. Biochem.* 37:1073-1082.
- Galeano P, Martínez Debat C, Ruibal F, Franco Fraguas L, Galván GA, 2010. Cross-fertilization between genetically modified and non-genetically modified maize crops in Uruguay. *Environ. Biosafety Res.* 9: 147–154. Disponible en: <http://www.ebr-journal.org/action/displayJournal?jid=EBS>. Garcia, MA y Altieri M. 2005. Transgenic Crops: Implications for Biodiversity and Sustainable Agriculture. *Bulletin of Science, Technology & Society*. 25:335-53.
- Gazziero, D. F.S. Adegas, L. Vargas, D. Karam, D. Fornaroli, E. Voll. 2013. Manejo de plantas daninhas resistentes ao glifosato no Brasil. Ríos, A. (Ed). Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Serie Técnica N° 204. INIA, Uruguay. p. 111-118.
- de Goes Maciel, C. D., Zobiole, L. H. S., de Souza, J. I., Hirooka, E., de Lima, L. G. N. V., Soares, C. R. B., ... & Helvig, E. O. 2013. Eficácia do herbicida Haloxifop R (GR-142) isolado e associado ao 2, 4-D no controle de híbridos de milho RR® voluntário. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 12(2), 112-123.
- González-Torralva, F. M. Pérez-López y R. De Prado. 2013. Resistencia a glifosato: aspectos biológicos y agronómicos. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Serie Técnica N° 204. INIA, Uruguay. p. 1-14.
- Griffiths, B.S., S. Caul, J. Thompson, A.N.E. Birch, C. Scrimgeour, J. Cortet, A. Foggo, C.A. Hackett y P.H. Krogh. 2006. Soil microbial and faunal community responses to Bt maize and insecticide in two soils. *J. Environ. Qual.* 35:734-741.
- Gutiérrez L, Franco J, Crossa J, Abadie T, 2003. Comparing a preliminary racial classification with a numerical classification of the maize landraces of Uruguay. *Crop Science* 43: 718-727.
- Hannula, S.E., W. de Boer y J.A. van Veen. 2014. Do genetic modifications in crops affect soil fungi? a review. *Biol Fertil Soils*. 50:433-446.
- Harrigan, G. G., Ridley, G., Riordan, S. G., Nemeth, M. A., Sorbet, R., Trujillo, W. A., Breeze, M. L. y Schneider, R. W. 2007. Chemical composition of glyphosate tolerant soybean grown in Europe remains equivalent with that of conventional soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55:6160-6168.

- Haughton, A.J., G.T. Champion, C. Hawes, M.S. Heard, D.R. Brooks, D.A. Bohan, S.J. Clark, A.M. Dewar, L.G. Firbank, J.L. Osborne, J.N. Perry, P. Rothery, D.B. Roy, R.J. Scott, I.P. Woiwod, C. Birchall, M. P. Skellern, J.H. Walker, P. Baker, E.L. Browne, A.J.G. Dewar, B.H. Garner, L.A. Haylock, S.L. Horne, N.S. Mason, R.J.N. Sands, M.J. Walker. 2003. Invertebrate responses to the management of genetically modified herbicide tolerant and conventional spring crops. II. Within-field epigeal and aerial arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 358: 1863-77.
- HEAP, I. 2013. The international survey of herbicide resistant weeds. Consultado 13 feb 2013. Disponible en: <http://www.weedscience.org>.
- Herbert LT, Vázquez DE, Arenas A, Farina WM. 2014. Effects of field-realistic doses of glyphosate on honeybee appetitive behavior, *J Exp Biol*. 217:3457-3464.
- Hilbeck, A. y J.E.U. Schmidt. 2006. Another View on Bt Proteins – How Specific are They and What Else Might They Do? *Biopestic. Int.* 2:1-50.
- Holst, N., A Lang, G Lövei y M. Ottoc. 2013. Increased mortality is predicted of *Inachis io* larvae caused by Bt-maize pollen in European farmland. *Ecological Modelling*. 250: 126-133.
- Huang F, Qureshi JA, Meagher RL Jr, Reisig DD, Head GP, Andow DA, Ni X, Kerns D, Buntin GD, Niu Y, Yang F, Dangal V. 2014. Cry1f resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: single gene versus pyramided Bt maize. *PLoS ONE* 9(11): e112958.
- Icoz, I. y G. Stotzky. 2008. Fate and effects of insect-resistant Bt crops in soil ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*. 40: 559-586.
- Jalaludin, A., J. Ngim, B.H.J. Bakar y Z. Alias. 2010. Preliminary findings of potentially resistant goosegrass (*Eleusine indica*) to glufosinate-ammonium in Malaysia. *Weed Biol. Manag.* 10:256-260.
- Jiraungkoorskul, W., Upatham, E. S., Kruatrachue, M., Sahaphong, S., Vichasri-Grams, S. y Pokethitiyook, P. 2003. Biochemical and histopathological effects of glyphosate herbicide on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Environ. Toxicol.* 18: 260–267.
- Kramarz, P., A. de Vaufleury, F. Gimbert, J. Cortet, E. Tabone, M. Neumann Andersen, P. Henning Krogh. 2009. Effects of Bt-maize material on the life cycle of the land snail *Cantareus aspersus*. *Applied Soil Ecology*. 42: 236-242.
- Kruger, M., Van Rensburg, J. B. J., & Van Den Berg, J. 2009. Perspective on the development of stem borer resistance to Bt maize and refuge compliance at the Vaalharts irrigation scheme in South Africa. *Crop Protection*. 28:684-689.
- Kruger, M., Van Rensburg, J. B. J., & Van Den Berg, J. 2012. Transgenic Bt maize: farmers' perceptions, refuge compliance and reports of stem borer resistance in South Africa. *Journal of Applied Entomology*. 136:38-50.
- Kurenbach B, Marjoshi D, Amábile-Cuevas CF, Ferguson GC, Godsoe W, Gibson P y Heinemann JA. 2015. Sublethal exposure to commercial formulations of the herbicides dicamba, 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, and glyphosate cause changes in antibiotic susceptibility in *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium. *mBio* 6(2):e00009-15.
- Legleiter, T. R. y K. W. Bradley. 2008. Glyphosate and multiple herbicide resistance in common waterhemp (*Amaranthus rudis*) populations from Missouri. *Weed Sci.* 56:582–587.
- Liu, W. 2010. Do genetically modified plants impact arbuscular mycorrhizal fungi? *Ecotoxicology*. 19:229–238.
- Lockhart, W. L., Billeck, B. N. y Baron, C. L. 1989. Bioassays with a floating aquatic plant (*Lemna minor*) for effects of sprayed and dissolved glyphosate. *Environmental Bioassay Techniques and their Application*. Springer, pp. 353-359.

- Lövei GL y Arpaia S. 2005. The impact of transgenic plants on natural enemies a critical review of laboratory studies. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114:1- 14.
- Lovei, G.L., Andow, D.A., S. Arpaia. 2009. Transgenic insecticidal crops and natural enemies: a detailed review of laboratory studies. *Environmental Entomology*. 38: 293-306.
- Lu H, Wu W, Chen Y, Wang H, Devare M, Thies JE. 2010. Soil microbial community responses to Bt transgenic rice residue decomposition in a paddy field. *J Soils Sed* 10:1598-1605.
- Mallory-Smith, C. A. y M. Zapiola. 2008. Gene flow from glyphosate-resistant crops. *Pest Manag. Sci.* 64:428–440.
- Mann, R. M., Hyne, R. V., Choung, C. B. y Wilson, S. P. 2009. Amphibians and agricultural chemicals: review of the risks in a complex environment. *Environmental Pollution*. 157:2903-2927.
- Marc, J., O. Mulner-Lorillon y R. Bellé. 2004. Glyphosate-based pesticides affect cell cycle regulation. *Biol Cell*. 96:245-249.
- Marca, V., Procópio, S. D. O., Silva, A. D., Volf, M. 2015. Chemical control of glyphosate-resistant volunteer maize. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14, 103-110.
- Martin, N.; Martínez, A.; Ferrando, L.; Bellini, I. y Fernández, A. 2015. Efecto de glifosato y atrazina sobre los microorganismos desnitrificantes y diazótrofos en suelo. XI Encuentro Nacional de Microbiólogos, SUM. Montevideo. Uruguay. p. 83.
- Marvier, M., McCreedy, C., Regetz, J., Kareiva, P., 2007. A meta-analysis of effects of Bt cotton and Maize on nontarget invertebrates. *Science* 316:1475e1477.
- Mensah, P.K., C.G. Palmer y O.N. Odume. 2015. Ecotoxicology of Glyphosate and Glyphosate-Based Herbicides - Toxicity to Wildlife and Humans. *Toxicity and Hazard of Agrochemicals*. Chapter 4, 94-112. INTECH Open Access Publisher.
- Mesnage, R., M. Arno, M. Costanzo, M. Malatesta, G.E. Séralini y M.N. Antoniou. 2015a. Transcriptome profile analysis reflects rat liver and kidney damage following chronic ultra-low dose Roundup exposure. *Environmental Health*.14:70.
- Mesnage, R., N. Defarge, J. Spiroux de Vendomois y G.E. Seralini. 2015b. Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*. 84:133-153.
- Meyer JB, Song-Wilson Y, Foetzki A, Luginbühl C, Winzeler M, Kneubühler Y, et al. 2013. Does Wheat Genetically Modified for Disease Resistance Affect Root-Colonizing Pseudomonads and Arbuscular Mycorrhizal Fungi? *PLoS ONE* 8(1): e53825.
- MGAP-DGSA, 2015. División Análisis y Diagnostico / Área Tecnologías de Aplicación-Estadísticas. http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm.
- MGAP-DIEA, 2016. Anuario Estadístico 2016.
- MGAP-DIEA, 2015. Anuario Estadístico 2015.
- MGAP-DIEA, 2015b. Encuesta Agrícola Invierno 2015.
- Millstone, E., Brunner, E. y Mayer, S. 1999. Beyond Substantial Equivalence. *Nature*. 401:525-526.
- Naef A y Defago G. 2006. Population structure of plant-pathogenic *Fusarium* species in overwintered stalk residues from Bt transformed and non-transformed maize crops. *Eur J Plant Pathol*. 116:129-143.
- Nature, 2014. A growing problem Without careful stewardship, genetically engineered crops will do little to stop the spread of herbicide-resistant weeds. *NATURE Editorials*. 510: 187.
- Nordgård, L., T. Bøhn, F. Gillund, I. Merete Grønsberg, M. Iversen, A. Ingeborg Myhr, M. Ifeanyi Okeke, A. Stanley Okoli, H. Venter, O. Gunnar Wikmark. 2015. Uncertainty and Knowledge Gaps related to Environmental Risk Assessment of GMOs. *Biosafety Report 2015/03*. GenØk Centre for Biosafety. Tromsø, Norway.

- Olea, I. 2013. Malezas resistentes a glifosato en el noroeste argentino: Situación actual y manejo. Ríos, A. (Ed). Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Serie Técnica N° 204. INIA, Uruguay. p. 51-58.
- Oliveira AP, Pampulha ME, Bennett JP. 2008. A two-year field study with transgenic *Bacillus thuringiensis* maize: effects on soil microorganisms. *Sci Total Environ* 405:351–357.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., Lopez, S. L. y Carrasco, A. E. 2010. Glyphosate-based herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology*. 23:1586-1595.
- Papa, J.C. y D. Tuesca. 2013. Los problemas actuales de malezas en la región sojera núcleo argentina: origen y alternativas de manejo. Ríos, A. (Ed). Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Serie Técnica N° 204. INIA, Uruguay. p. 59-74.
- Pérez Bidegain M, García Préchac F, Hill M, Clérico C, 2010. La erosión de suelos en sistemas agrícolas. En: Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Ed. CSIC – Udelar, Montevideo, 2010.
- Perez, G. L., Torremorell, A., Mugni, H., Rodriguez, P., Vera, M. S., Nascimento, M. D., Allende, L., Bustingorry, J., Escaray, R. y Ferraro, M. 2007. Effects of the herbicide Roundup on freshwater microbial communities: a mesocosm study. *Ecological Applications*. 17:2310-2322.
- Pérez, G., S. Fazi y C. Piccini. 2015. Efecto del glifosato en la comunidad bacterioplanctónica de aguas del río Santa Lucía. XI Encuentro Nacional de Microbiólogos, SUM. Montevideo. Uruguay. p. 87.
- Perez, J. E., Miranda, L y Vera, M.A.S. 2011. Effects of herbicide glyphosate and glyphosate-based formulations on aquatic ecosystems. *Herbicides and Environment*. Chapter 16. INTECH Open Access Publisher.
- Perez-Jones, A., K. W. Park, J. Colquhoun, C. Mallory-Smith y D. Shaner. 2005. Identification of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. *Weed Sci*. 53:775–779.
- Pollard, J. M., B. A. Sellers y R. J. Smeda. 2004. Differential response of common ragweed to glyphosate. *Proc. North. Cent. Weed Sci. Soc*. 59:27.
- Powles, S. B., C. Preston, I. B. Bryan y A. R. Jutsum. 1997. Herbicide resistance: impact and management. *Adv. Agron*. 58:57–93.
- Ramirez-Romero, R., Desneux, N., Decourtye, A., Chaffiol, A. y Pham-Delegue, M. H., 2008. Does CryIAb protein affect learning performances of the honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70: 327-333.
- Red Nacional de Semillas Nativas y Criollas, 2014. Relevamiento de la presencia de transgenes en maíces de productores de la Red de Semillas Criollas.
- Relyea, R. A., 2005. The lethal impact of roundup on aquatic and terrestrial amphibians. *Ecological Applications*. 15:1118-1124.
- Richard, S., S. Moslemi, H. Sipahutar, N. Benachour y G.E. Seralini. 2005. Differential effects of glyphosate and roundup on human placental cells and aromatase. *Environ Health Perspect*. 113:716-720.
- Ríos, A. 2013. Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables. Serie Técnica N° 204. INIA, Uruguay.
- Rivas M, 2010. Valorización y conservación de la biodiversidad en Uruguay. En: Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Ed. CSIC – Udelar, Montevideo, 2010.
- Rosi-Marshall, E. J., Tank, J. L., Royer, T. V., Whiles, M. R., Evans-White, M., Chambers, C., Griffiths, N. A., Pokelsek, J. y Stephen, M. L. 2007. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *PNAS USA*. 104:16204-16208.
- Roy, D. B., D. A. Bohan, A. J. Haughton, M. O. Hill, J. L. Osborne, S. J. Clark, J. N. Perry, P. Rothery, R. J. Scott, D. R. Brooks, G. T. Champion, C. Hawes, M. S. Heard, L. G. Firbank. 2003. Invertebrates and vegetation of field margins adjacent to crops subject to contrasting herbicide regimes in the Farm

- Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*. 358: 1879-98.
- Sanou J, Gouesnard B, Charrier A. 1997. Isozymes variability in West African maize cultivars (*Zea mays* L.). *Maydica* 42: 1–11.
- Sanvido O, Widmer F, Winzeler M, Streit B, Szerencsits E, Bigler F. 2008. Definition and feasibility of isolation distances for transgenic maize cultivation. *Transgenic Research* 17: 317–335.
- Saxena, D. y G. Stotzky. 2001. Bt corn has a higher lignin content than non-Bt corn. *Am. J. Bot.* 88:1704-1706.
- Schmidt JEU, Braun CU, Whitehouse LP, Hilbeck A. 2009. Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Arch Environ Contam Toxicol.* 56:221-228.
- Seefeldt, S. S., R. Zemetra, F. L. Young y S. S. Jones. 1998. Production of herbicide-resistant jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) 3 wheat (*Triticum aestivum*) hybrids in the field by natural hybridization. *Weed Sci.* 46:632–634.
- Seng, C. T., L. V. Lun, C. T. San y I. B. Sahid. 2010. Initial report of glufosinate and paraquat multiple resistance that evolved in a biotype of goosegrass (*Eleusine indica*) in Malaysia. *Weed Biol. Manag.* 10:229–233.
- Servizi, J. A., Gordon, R. W. y Martens, D. W. 1987. Acute toxicity of Garlon 4 and Roundup herbicides to salmon, *Daphnia*, and trout. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 39:15-22.
- Shivrain, V. K., N. R. Burgos, M. A. Mauromoustakos, D. R. Gealy, K. L. Smith, H. L. Black y M. Jia. 2009. Factors affecting the outcrossing rate between Clearfield™ rice and red rice (*Oryza sativa*). *Weed Sci.* 57:394–403.
- Simarmata, M., S. Bughara y D. Penner. 2005. Inheritance of glyphosate resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) from California. *Weed Sci.* 53:615–619.
- Simenstad, C. A., Cordell, J. R., Tear, L., Weitkamp, L. A., Paveglio, F. L., Kilbride, K. M., Fresh, K. L. y Grue, C. E. 1996. Use of Rodeo and X-77 spreader to control smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) in a southwestern Washington estuary. 2. Effects on benthic microflora and invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 15:969-978.
- Stozky, G. 2004. Persistence and biological activity in soil of the insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*, especially from transgenic plants. *Plant Soil.* 266:77–89.
- Tabashnik, B.E., Gassmann, A.J., Crowder, D.W. y Carrière, Y. 2008. Insect resistance to Bt crops: evidence versus theory. *Nature Biotechnol.* 26, 199-202.
- Tan FX, Wang JW, Feng YJ, Chi GL, Kong HL, Qiu HF, Wei SL. 2010. Bt corn plants and their straw have no apparent impact on soil microbial communities. *Plant Soil* 329:349-364.
- Tappeser, B., W. Reichenbecher y H. Teichmann (Eds.). 2014. Agronomic and environmental aspects of the cultivation of genetically modified herbicide-resistant plants: A joint paper of BfN (Germany), FOEN (Switzerland) and EAA (Austria), Bundesamt für Naturschutz. Bonn, Alemania.
- Then, C. 2010. Risk assessment of toxins derived from *Bacillus thuringiensis*—synergism, efficacy, and selectivity. *Environ Sci Pollut Res.* 17:791–797.
- Tudisco R., Calabrò S. Cutrignelli M.I., Moniello G., Grossi M., Mastellone V., Lombardi P., Pero M., Infascelli F. 2015. Genetically modified soybean in a goat diet: Influence on kid performance. *Small Ruminant Res.* 126:67-74.
- Turrini, A., C. Sbrana, M. P. Nuti, B. Pietrangeli, and M. Giovannetti. 2004. Development of a model system to assess the impact of genetically modified corn and aubergine plants on arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil* 266:69–75.

- Umweltbundesamt (2007): <http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/gentechnik/gentechnik-analysen/>
- Van Den Berg, J., Hilbeck, A., & Bohn, T., 2013. Pest resistance to Cry1Ab Bt maize: Field resistance, contributing factors and lessons from South Africa. *Crop Protection* 54: 154-160.
- van der Merwe, F., C. Bezuidenhout, J.E. van den Berg and M. Maboeta. 2012. Effects of Cry1Ab transgenic maize on lifecycle and biomarker responses of the earthworm, *Eisenia andrei*. *Sensors*. 12: 17155-17167.
- VanGessel, M. J. 2001. Glyphosate-resistant horseweed in Delaware. *Weed Sci.* 49:703–705.
- Viljoen, C. 2013. Letter to the editor. *Food and Chemical Toxicology* 59:809-810.
- Villalba, J. 2014. Manejo de malezas en maíz resistente a glifosato. *Cangué*. 35:15-21.
- Wandeler, H., J. Bahylova, and W. Nentwig. 2002. Consumption of two Bt and six non-Bt corn varieties by the woodlouse *Porcellio scaber*. *Basic Appl. Ecol.* 3:357–365.
- Warwick, S. I., A. Legere, M.-J. Simard y T. James. 2008. Do escaped transgenes persist in nature? the case of a herbicide resistance transgene in a weedy *Brassica rapa* population. *Mol. Ecol.* 17:1387-1395.
- Weekes R, Allnut T, Boffey C, Morgan S, Bilton M, Daniels R, Henry C. 2007. A study of crop-to-crop gene flow using farm scale sites of fodder maize (*Zea mays* L.) in the UK. *Transgenic Research* 16: 203–211
- Whitehouse, M.E.A., Wilson, L.J., Fitt, G.P., 2005. A comparison of arthropod communities in transgenic Bt and conventional cotton in Australia. *Environ. Entomol.* 34:1224e1241.
- Wu WX, Ye QF, Min H. 2004. Effect of straws from Bt-transgenic rice on selected biological activities in water-flooded soil. *Eur J Soil Biol.* 40:15-22.
- Xue K, Luo HF, Qi HY & Zhang HX 2005. Changes in soil microbial community structure associated with two types of genetically engineered plants analyzing by PLFA. *Journal of Environmental Science (China)* 17: 130-134.
- Xue K, Serohijos RC, Devare M, Thies JE. 2011. Decomposition rates and residue-colonizing microbial communities of *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein Cry3Bb-expressing (Bt) and non-Bt corn hybrids in the field. *Appl Environ Microbiol.* 77:839-846.
- Zaller, J.G., F. Heigl, L. Ruess y A. Grabmaier. 2014. Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. *Nature Scientific Reports*. 4: 5634.
- Zhou, J., Xiao, K. F., Wei, B. Y., Wang, Z., Tian, Y., Tian, Y. X. y Song, Q. S. 2014. Bioaccumulation of Cry1Ab Protein from an Herbivore Reduces Anti-Oxidant Enzyme Activities in Two Spider Species. *Plos One* 9(1).
- Zwahlen, C., Hilbeck, A., Howald, R., Nentwig, W. 2003. Effects of transgenic Bt corn litter on the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Mol. Ecol.* 12, 1077–1086.

Capítulo 3: Salud y alimentación

DISCUSIONES SOBRE LAS IMPLICANCIAS DEL CULTIVO Y CONSUMO DE TRANSGÉNICOS

*Elisa Bandeira, Mabel Burger²³, Adriana Cauci²⁴,
Claudio Martínez Debat²⁵, Laura Rosano²⁶, Lara Taroco*

3.1 Introducción

La salud es “el completo bienestar físico, psíquico y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades.” (OMS: 1946). Desde una mirada integral se encuentra condicionada por una serie de aspectos que son determinantes, entre éstos encontramos el ambiente, los estilos de vida, aspectos genéticos y epigenéticos de las personas. También el sistema de salud y las instituciones normativas son condicionantes de los niveles de salud de la población.

Algunos de los argumentos expresados acerca del desarrollo de los cultivos transgénicos son en relación al aumento del rendimiento en la producción así como para la mejora del aporte nutricional con el fin de resolver la malnutrición y el hambre en el mundo. Al pasar el tiempo se ha demostrado que estos beneficios anteriormente planteados, no han sido lo suficientemente evidentes como para asegurar que los transgénicos sean una estrategia eficiente ante la inseguridad alimentaria y la vulneración del Derecho a la Alimentación Adecuada.

Transgénicos, y su relación con la salud y alimentación constituye actualmente un tema controversial, en el cual se encuentran publicaciones que aseguran que los cultivos transgénicos son inocuos, que contienen igual cantidad de nutrientes a los alimentos convencionales y que llevan muchos años en el mercado sin haberse detectado daños a la salud humana. Por otro lado, hay cada vez más trabajos científicos que aseguran lo contrario, identificando efectos adversos tanto a nivel toxicológico como alergénico, a lo cual se agregan análisis que detectan una mayor cantidad de residuos de plaguicidas.

²³ RETEMA, UdelaR

²⁴ Departamento de Nutrición Poblacional, Escuela Universitaria de Nutrición, UdelaR

²⁵ Laboratorio de trazabilidad molecular alimentaria, Sección Bioquímica, Facultad de Ciencias

²⁶ Slow Food

Esta contraposición de la literatura científica y su comprensión en un contexto general de promoción de los cultivos transgénicos, demanda un cuidadoso análisis de los riesgos que pueden existir para la salud, por su uso y consumo. El enfoque de riesgo en salud implica que las personas que tienen mayor vulnerabilidad a desarrollar procesos de enfermedad presentan determinados factores de riesgo que pueden ser biológicos, ambientales, de comportamiento, socio-culturales y económicos. A medida que se incrementan los conocimientos en los procesos salud-enfermedad, la evidencia demuestra que cada uno de estos procesos no se presenta aleatoriamente. Los riesgos pueden, sumándose unos a otros, aumentar sinérgicamente el efecto aislado de cada uno de ellos produciendo un fenómeno de interacción en el desarrollo de enfermedades. Por esta razón, el conocimiento y la información acerca de los riesgos a los cuales se encuentra expuesta la población, facilita la realización de diagnósticos oportunos y la implementación de medidas de promoción y prevención para la disminución de procesos de enfermedad.

Los componentes de las evaluaciones de riesgos de productos y sustancias son: identificación de riesgos, caracterización de riesgos, evaluación de la exposición y caracterización de la exposición. Estos componentes requieren la cuantificación del grado de riesgo para el análisis de los potenciales riesgos para la salud.

3.2 Directrices de organismos internacionales, diferencias entre países y la realidad nacional

La Organización para la Alimentación y la Agricultura, organismo internacional referente de alimentación e inocuidad alimentaria, promueve que los países realicen evaluaciones de riesgo y tienen guías específicas para que los países las utilicen. (FAO, 2009). Específicamente, el Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2003 a,b,c) ha desarrollado para los análisis de riesgo la aplicación de una metodología específica de evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de cultivos transgénicos, o producidos utilizando microorganismos modificados genéticamente. Pero esa metodología parte del criterio de equivalencia sustancial que indica que si se encuentra que un nuevo alimento o componente de alimento es sustancialmente equivalente a un alimento o componente de alimento existente, puede ser tratado de la misma manera respecto de la seguridad que su contraparte tradicional. Sin embargo, esta comparación no constituye una evaluación de seguridad en sí misma, sino una aproximación analítica para poder luego evaluar al producto novedoso y trazar correlaciones entre éste y otro alimento semejante que ya cuente con una larga historia de consumo seguro. (OECD, 1993).

La equivalencia sustancial es un elemento clave en el proceso, pero no constituye de por sí una evaluación de inocuidad. Se emplea para determinar analogías y diferencias entre el alimento nuevo y el producto homólogo convencional; ayuda a identificar los posibles problemas nutricionales y de inocuidad, y se considera la estrategia más apropiada

disponible hasta la fecha para evaluar la inocuidad de los alimentos derivados de plantas con ADN recombinante. Sin embargo, presenta como gran limitación el hecho de que para establecer la homología se analizan determinados parámetros pre-establecidos, según el tipo de vegetal. Se comparan nutrientes, anti nutrientes, alérgenos y otras sustancias ya conocidas, siendo escasos los estudios en relación a efectos adversos y/o inesperados a causa de sustancias nuevas generadas o cuya concentración en el vegetal pueda ser modificada. Ha sido adoptada por los organismos internacionales y algunos estados, y hasta la fecha no se ha reformulado.

Sin embargo, el CODEX (FAO) ha elaborado algunas directrices de importancia para la gestión y control de esta tecnología, tales como: que la evaluación de inocuidad debe realizarse con anterioridad a la comercialización de los alimentos modificados por ingeniería genética; un régimen de vigilancia permanente tras su comercialización, y por último se aconseja la localización precisa de los productos modificados genéticamente con el propósito de facilitar su retirada del mercado cuando se compruebe un peligro para la salud humana. Estas directrices demandan la trazabilidad de los transgénicos comercializados y un plan de gestión de riesgos cuando estos han sido identificados y cuantificados en su evaluación.

Además, la Consulta FAO/OMS de 2001 que establece la metodología del árbol de decisiones, reconoce que la evaluación de la alergenicidad de los alimentos modificados genéticamente antes de su comercialización ofrece una garantía satisfactoria con respecto de su inocuidad. Sin embargo, admite que, debido a la amplia variabilidad genética de la población humana y las diferencias geográficas en el consumo de alimentos, se debería considerar la posibilidad de realizar una evaluación ulterior en relación con posibles efectos negativos de los alimentos modificados genéticamente, una vez que el producto ha llegado al mercado.

Por otra parte, los países tienen la libertad de establecer sus propios marcos normativos y es así que existen diferencias entre las normativas de Estados Unidos, la Comunidad Europea, e incluso dentro de ésta cada país realiza las evaluaciones de riesgo siguiendo sus propios marcos normativos y criterios técnicos.

Los sistemas de monitoreo y seguimiento propuestos en la Consulta FAO/OMS de 2001 para los riesgos de alergenicidad con sistemas de monitoreo y seguimiento no existen actualmente en los países que han autorizado distintos tipos de transgénicos, por lo cual no es posible afirmar de forma fehaciente que no existen hasta el momento efectos adversos para la salud a causa de su incorporación en la alimentación.

En Uruguay, el Gabinete Nacional de Bioseguridad ha autorizado para comercialización eventos de soja y maíz. La aprobación de cada uno de los eventos de estos cultivos contó con informes no concluyentes para las evaluaciones de riesgo en salud. Éstos son los únicos cultivos que presentan hasta el momento variedades con modificaciones genéticas autorizadas en nuestro país para la producción y consumo. Sin embargo se reconoce que existen otras variedades de cultivos transgénicos aprobados en otros países, de los cuales es imposible afirmar su ausencia en el territorio nacional.

Las evaluaciones de riesgos en salud en el país -para los eventos de soja y maíz-, han avanzado hasta el momento hasta la identificación y analizado algunos aspectos de la caracterización de riesgos. La exposición de la población a esos riesgos, genera aún incertidumbre, ya que no se encuentran identificados niveles de exposición, lo cual

determina que no se ha cuantificado el grado de riesgo. Las indicaciones para las evaluaciones de riesgo, no incluyen hasta el momento el estudio de riesgos asociados al paquete tecnológico de los transgénicos; pero el contexto actual de aumento exponencial de uso de plaguicidas demanda su inclusión.

3.3 Aditivos y alimentos que pueden contener eventos transgénicos en el Uruguay

Algunos ejemplos de ingredientes y aditivos derivados del maíz y de la soja, y por lo tanto probablemente transgénicos, son:

a **Soja:** harina, proteína, aceites y grasas (a menudo se encuentran detrás de la denominación aceites/grasas vegetales), emulgentes (por ejemplo lecitina), mono y diglicéridos de ácidos grasos, ácidos grasos.

b **Maíz:** harina (polenta), almidón, aceite, sémola, glucosa, jarabe de glucosa, fructosa, dextrosa, maltodextrina, isomaltosa, sorbitol, caramelo, grits (ingrediente añadido durante el proceso de elaboración de la cerveza).

Estos aditivos tienen amplios usos, como espesantes, endulzantes y emulsionantes, por lo que son encontrados como ingredientes en una alta gama de productos. Los usos más frecuentes de los aditivos de la soja son el agregado en distintas masas ya que facilitan la manipulación, mejoran la textura de los rellenos, disminuyen la susceptibilidad al enranciamiento, evitan un secado excesivo en los productos horneados, y mejoran el color de la costra en los mismos, por lo que se utilizan en la producción de muchos panificados (panes, tapas para empanadas y tartas saladas, galletas, pastas rellenas). También sirven como sustituto de la carne simulando textura y firmeza, y en carnes y embutidos actúan como gelificantes, emulsificantes y estabilizantes de dichos sistemas alimentarios (jamones, hamburguesas, albóndigas, patés).

Otro uso es en alimentos líquidos (leches, caldos, polvo de productos deshidratados, leche de soja) ya sea aumentando la viscosidad del producto o como sustituto a otros ingredientes.

Los aditivos del maíz son en su amplia mayoría usados como endulzantes (bebidas, galletas, panificados, alfajores, chocolates, bombones, dulces, polvos de productos instantáneos), como emulsionante (en productos dietéticos y precocidos, mayonesas y salsas), o como espesantes (productos cárnicos).

3.4 Riesgos, incertidumbres y controversias

Las evaluaciones de riesgo requieren de análisis caso a caso, pero para su estudio existen dos posiciones antagónicas: el estudio de las incertidumbres desde el enfoque de la “equivalencia sustancial” estimando un nivel de riesgo bajo cuando se cumplen con los requisitos pre-establecidos según dicho enfoque; y la apelación al principio de precaución dada la complejidad e incertidumbre y falta de certezas sobre los efectos de los transgénicos en la salud humana.

El criterio de equivalencia sustancial desde sus orígenes ha propiciado opiniones críticas como: “las comparaciones entre organismos bajo parámetros exclusivamente químicos sólo puede detectar sustancias previstas, pero jamás determinar inocuidad” (Fagan JB, 1998) Asimismo, no existe una definición específica estadística o biológica para definir el concepto de “sustancial”, por lo tanto no hay límites definidos para la preocupación con respecto a las diferencias entre los organismos comparados (Geneticamente Modificado y no Geneticamente Modificado) (Ricroch et al., 2011).

Otro enfoque en cuanto a la evaluación de riesgo es el que apela al principio de precaución. Éste principio se menciona en el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (PCSB). Establece que de conformidad con el enfoque de precaución que figura en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: “...Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente”. (Naciones Unidas Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1992). El ámbito de aplicación de este principio según el PCSB incluye a los Organismos Vivos Modificados destinados a la introducción deliberada en el medio ambiente (semillas, plantines, peces) y a aquellos destinados para uso directo como alimento humano o animal o para procesamiento (maíz, soja o cereales).

Por lo tanto mientras no tengamos mayores argumentos, mantengamos presente el llamado “beneficio de la duda”. El toxicólogo brasileiro Habib en una exposición sobre este tema expresó: “una cosa es la contaminación química, y otra muy distinta la contaminación biotecnológica, contra la primera se pueden tomar medidas preventivas, contra la segunda por ahora no” (Habib M., Jornada de Retema 2010).

En nuestro país, y en general hasta el momento en el mundo, los transgénicos comercializados presentan ventajas potenciales básicamente desde el punto de vista agronómico por resistencia a insectos y/o tolerancia a herbicidas, y ninguna ventaja directa para el consumidor. Por eso, en este capítulo/apartado analizaremos los riesgos potenciales para la población, las incertidumbres y las controversias basados en el principio de precaución.

Los riesgos potenciales en la salud pueden estar vinculados a: 1) la modificación genética del vegetal y 2) al sistema de producción asociado a estos cultivos.

Con respecto a la modificación genética del vegetal, cabe mencionar:

- a) efectos no intencionales de la modificación genética que se le realiza al vegetal
- b) la generación de resistencia a antibióticos
- c) el desarrollo o aumento de alergias asociadas a la exposición al producto del transgen
- d) toxicidad a corto o largo plazo

Con respecto al sistema de producción, los principales riesgos están vinculados al aumento del uso de herbicidas, y son:

- a) una mayor exposición por parte de la población, como sucede con los trabajadores que aplican o preparan las mezclas;
- b) una mayor exposición de las personas que viven o trabajan en las zonas de producción como vecinos, apicultores y las escuelas rurales;
- c) la contaminación de fuentes de agua por deriva y por escorrentía;
- d) la pérdida de la inocuidad de estos alimentos por residuos de herbicidas.

3.4.1 Riesgos identificados: Modificación genética realizada en el vegetal

La modificación genética realizada en un vegetal, específicamente la transgénesis en este caso, opera diferente a la tradicional mejora genética que el hombre ha realizado tradicionalmente como parte del proceso de domesticación de los cultivos para su beneficio productivo y usos alimentarios. La transgénesis, es un proceso de ingeniería genética en el cual se manipulan distintas moléculas de ADN y se transfiere dicho ADN (la mayoría de las veces exógeno) al vegetal, sin el cruzamiento sexual que sí sucede en el caso de los cruzamientos convencionales (aunque artificiales por ser dirigidos por el hombre).

La tecnología de ADN recombinante o ingeniería genética posibilita al ser humano la facultad de reprogramar la vida de cualquier organismo. El avance científico y tecnológico ha posibilitado romper la barrera entre especies. El poder de la tecnología del ADN recombinante aumenta al asociarse con la clonación, cuestión que es objeto de intensos debates. Por no ser un proceso natural de recombinación de ADN y por su gran poder de riesgos aún desconocidos, muchos países reglamentan todas las actividades con los transgénicos. (Nodari R.O., 2009). Sin embargo, cabe destacar las palabras de Kaare Nielsen y Anne Myhr que refieren a “la pugna por el conocimiento científico, y la incertidumbre intrínseca de los procesos biológicos los cuales crean una arena donde la falta de evidencia concluyente puede servir a diferentes intereses” e incluso a intereses encontrados. Especialmente, el último aspecto mencionado, vinculado a la incertidumbre y aleatoriedad de los procesos y sistemas biológicos provocan que existan limitaciones es los paradigmas y modelos propuestos que a su vez son la base para el análisis de diversos aspectos vinculados a la incidencia de los transgénicos sobre la salud de las personas, animales y otros organismos no blancos como parte del ambiente en general. En su concepto más amplio, la evaluación del riesgo de la tecnología de la transgénesis como tal presenta limitaciones, dado que, siendo la “tecnología” definida como el “conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”, las evaluaciones resultan con una alto grado de

incertidumbre a causa de la fragmentación y limitaciones del conocimiento y desarrollo científico vinculado a los sistemas biológicos ampliamente variables, complejos y con un nivel de incertidumbre irreducible.

En el intento de analizar con cierta lógica los riesgos asociados a la tecnología o desarrollo de los transgénicos se identifican riesgos asociados directamente al proceso de la modificación genética y sus productos directos, entre los cuales citamos a continuación:

3.4.1a Riesgos por la inserción de un gen que expresa la característica nueva buscada (transgen) en un organismo vegetal que originalmente no contenía dicho gen

El primer riesgo asociado a la modificación genética de un vegetal o planta comestible, está vinculado a los efectos no predecibles a causa del proceso en sí de la transgénesis. Cuando se persigue el objetivo de conferir a una planta el rasgo específico buscado (efecto intencional) mediante la inserción de secuencias definidas de ADN, en algunos casos puede ocurrir que se adquieran rasgos adicionales o bien se pierdan o modifiquen otras características que la planta poseía (efectos no intencionales). Los efectos no intencionales pueden ser consecuencia de la inserción aleatoria de secuencias de ADN en el genoma de la planta, que puede determinar la perturbación o el silenciamiento de genes existentes, la activación de genes silentes, o modificaciones en la expresión de genes existentes. Asimismo, la influencia de la inserción de ADN foráneo en la expresión de los genes endógenos de la planta puede variar con los factores ambientales locales, el/los sitio/s actual de inserción, el número y la estabilidad de los insertos, los efectos de los promotores transgénicos, los patrones de metilación del/los inserto/s, y las mutaciones post-transformacionales en la codificación de la proteína transgénica así como las secuencias regulatorias (Traavik T., Heinemann J., 2007) . Los efectos no intencionales pueden determinar la formación de patrones metabólicos nuevos o modificados; por ejemplo, la expresión de enzimas en niveles altos podría dar lugar a efectos bioquímicos secundarios o cambios en la regulación de las rutas metabólicas y/o niveles alterados de metabolitos. Los efectos no intencionales de la modificación genética pueden subdividirse en dos grupos: “previsibles” e “inesperados”. Para evaluar los efectos no intencionales se necesita una variedad de datos e información, ya que ningún ensayo es capaz de detectar todos los posibles efectos no intencionales o identificar con certeza los que revisten interés para la salud humana (CAC/GL 45-2003).

Es importante mencionar que las comparaciones implican la evaluación del resultado de los análisis de nutrientes, antinutrientes y otras sustancias de referencia según el cultivo en evaluación para lo cual se utilizan diversas metodologías analíticas. Existe controversia en relación a la metodología a aplicar a los efectos de poder determinar la aparición de proteínas no previstas. El análisis del proteoma, que es la dotación completa de proteínas producidas por un organismo o sistema, implica equipos, instrumental y técnicas analíticas consolidadas relativamente hace poco. Por otra parte el proteoma varía con el tiempo y con requisitos diferentes, o debido al estrés, que sufre

una célula o un organismo por lo cual la interpretación de los resultados de los estudios implica cierta complejidad.

Cabe mencionar un estudio reciente que cuestiona fuertemente el principio de equivalencia sustancial, muestra que variedades de maíz MON810 (en condiciones de campo) presentan hasta 32 proteínas diferencialmente expresadas entre las variedades transgénicas en comparación con las respectivas isogénicas no GM. Las funciones putativas de estas proteínas corresponden al metabolismo energético, el procesamiento de la información genética y la respuesta al stress, todas funciones cruciales en el mantenimiento de la homeostasis del organismo (Agapito-Tenfen et al, 2014).

Otros grupos de científicos, quienes también sostienen que la “equivalencia sustancial consiste en un enfoque reduccionista”, están trabajando en el desarrollo de metodologías apoyadas en la biología de sistemas que permitan entender la complejidad del organismo completo. El trabajo de Ayyadurai S. y Deonikar P. (2015), basado en la biología de sistemas (a partir de lo cual se diseñan algoritmos para luego estimar la incidencia de la modificación genética sobre determinadas otras características del cultivo transgénico), puede proveer de pistas acerca de qué vías metabólicas pueden estar modificadas por ejemplo en los cultivos de soja resistentes al glifosato. Sin embargo, aún está pendiente realizar los experimentos concretos que confirmen la utilidad de esa nueva metodología y sus hallazgos. El mencionado estudio por otra parte podría tener relación con una observación anteriormente mencionada por el Dr. Carrasco como referencia para sus trabajos de investigación, que mostraba que los cultivos resistentes al glifosato acumulan formaldehído en sus tejidos. Estas observaciones, asimismo, podrían explicar algunos de los resultados obtenidos en los ensayos de alimentación de animales con estos vegetales (por ejemplo Seralini *et al*, 2014). Sin embargo, cabe destacar que estaría pendiente elucidar si la acumulación de formaldehído en los tejidos vegetales es consecuencia de la transgénesis para los casos estudiados, o si lo es por la descomposición de los residuos de glifosato en los vegetales tolerantes a este herbicida, el cual se descompone en el ambiente al menos por dos vías de degradación microbiana conocidas, y una de las cuales conduce al formaldehído como producto metabólico final.

3.4.1b Riesgo por la generación de resistencia a antibióticos

Como parte del proceso de la transgénesis, aparecen formando las construcciones genéticas a insertar en el organismo vegetal genes marcadores de resistencia a antibióticos. Ésta incorporación a la planta modificada genéticamente de genes marcadores de resistencia antibióticos (por ejemplo ampicilina) podría aumentar la proliferación de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos y el recrudescimiento de enfermedades infecciosas que afectan a las poblaciones.

Si bien en la evaluación de los vegetales transgénicos para su autorización en cada país, teniendo en cuenta las recomendaciones de guías internacionales, se considera este

aspecto cuando se analizan las características moleculares del transgénico, existen antecedentes en diversos países que han retirado autorizaciones o rechazado eventos a causa de la existencia de estos genes marcadores. Por otra parte, la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) ha establecido en sus directivas que deberán eliminarse de forma progresiva en los OMG los marcadores de resistencia a antibióticos utilizados en tratamientos médicos o veterinarios que puedan tener efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente (Directiva 2001/18/CE). En caso de que esto último se efectivice, y la empresas tomen en cuenta las recomendaciones de los organismos reguladores para el desarrollo de sus variedades transgénicas, es posible, en lo que respecta a este punto, que en una valoración del riesgo, el mismo disminuya.

3.4.1c Riesgo por la incorporación de genes para la expresión de las proteínas Bt, insecticidas.

Cabe destacar que las proteínas insecticidas en las plantas Bt están presentes de forma constitutiva en todos los tejidos de la planta, a diferencia de las plantas convencionales que son asperjadas con el insecticida foliar en los períodos necesarios o pre-establecidos, y que por tanto presentan la proteína insecticida (proteínas Cry) en la superficie del vegetal y de forma esporádica. Existe por tanto una modificación en el nivel de exposición de la población a las proteínas Cry, independientemente de que éstas tengan una historia de uso en la agricultura. Dicha modificación debe ser analizada y tenida en cuenta a la hora de estimar los efectos a largo plazo del consumo de vegetales con genes para proteínas Bt.

Asimismo, existen diferencias en las características moleculares específicas de la toxinas (proteínas Cry) provenientes directamente de las bacterias *Bacillus thuringiensis* (siendo estas un conjunto de proteínas de una misma familia), en comparación a las proteínas Cry recombinantes expresadas en el maíz modificado genéticamente que además implica la expresión de un solo tipo de proteína o a lo sumo dos o tres con características moleculares específicas y diferentes a las de origen natural. Existen diferencias fundamentales entre las prácticas de control de insectos en base a los bioinsecticidas de aplicación externa con proteínas Cry de *B. thuringiensis* y el uso de vegetales con proteínas Cry Bt específicas. El trabajo de Székács, Darvas, (2012)) profundiza en estos aspectos. El ingrediente activo de los bioinsecticidas Bt son protoxinas bacterianas estabilizadas en forma cristalina y que requieren activación enzimática, mientras que las plantas Bt expresan una forma trunca de la protoxina, llamada toxina preactivada. Las particularidades en sus características moleculares específicas, asociado al aumento de la exposición a partir de la alimentación que incluye el consumo de los vegetales GM, requiere que sean analizados los posibles efectos sobre las salud asociados a reacciones adversas por la posible alergenicidad de las proteínas o la toxicidad aguda, subcrónica y crónica.

Existen estudios que demuestran que algunas proteínas Cry aumentan las reacciones inmunes específicas, o presentan características significativas que implican aumento en las posibilidades de inmunoreactividad, e incluso estudios en animales han presentado resultados que indicarían un riesgo real en el aumento en la potencial alergenicidad de los vegetales GM. Algunos de los estudios en esta línea son:

Vázquez-Padrón *et al.*, 1999 b: Estudia la proteína Cry1Ac por sus características como transportador para epítopes en vacunas. Se administró la proteína a ratones por vía intraperitoneal e intragástrica y se observó que Cry1Ac es un potente inmunógeno sistémico y en el caso de Cry1Ac soluble también es inmunógeno por su respuesta asociada a mucosas.

Bernstein *et al.*, 1999: Estudia la alergenicidad de las proteínas Bt, después de evaluar los efectos de la exposición a los biopesticidas Bt de los trabajadores que cosechaban vegetales tratados. Se analizaron diferentes grupos de trabajadores según la diferencia en la exposición. Se observaron anticuerpos IgG e IgE específicos para organismos vegetativos presentes en todos los grupos de trabajadores. La exposición a sprays Bt podría conducir a una sensibilización por reacción alérgica a nivel de la piel e inducción de anticuerpos IgE o IgG, o ambos.

Vázquez-Padrón *et al.*, 1999: Se compararon, mediante un estudio en ratones, los efectos coadyuvantes de las proteínas Cry1Ac y la toxina del cólera (CT) para el antígeno de superficie para la hepatitis B (HBsAg) y la albúmina de suero bovino (BSA). Se concluyó que Cry1Ac es un adyuvante sistémico tan potente como CT, los cuales aumentan mayoritariamente las respuestas de anticuerpos IgG séricas e intestinal, especialmente a nivel del intestino grueso, y sus efectos dependen principalmente de la ruta y el antígeno utilizado.

Vázquez -Padrón *et al.* 2000 b: Se continuó con el estudio en ratones de la respuesta inmune inducida por la proteína Cry1Ac de *Bacillus thuringiensis*. La administración de Cry1Ac indujo una fuerte respuesta inmune a nivel sérico pero en los fluidos del intestino delgado solo fueron detectados anticuerpos anti Cry1 del tipo IgA. Los resultados confirman que la protoxina Cry1Ac es un potente inmunógeno capaz de inducir una respuesta inmune en tejidos mucosos que no ha sido observada en respuesta a la mayoría de otras proteínas.

Moreno- Fierros *et al* 2000: Este trabajo confirma y expande los hallazgos sobre la inmunogenicidad a nivel de las mucosas de Cry1Ac, administrada a ratones por nuevas vías o rutas, y provee evidencia adicional sobre la compartimentalización del sistema inmune a nivel de las mucosas.

Guimaraes *et al.* 2008: estudian la proteína Cry1Ab administrada conjuntamente con extractos de proteína de maní observando que suscita la producción en fase temprana de los leucotrienos y la producción tardía de Th2 y Th17 (citoquinas) y el influjo de eosinófilos/neutrófilos.

Guimaraes *et al.*, 2010: analizan la influencia de factores tales como el pH, la composición SGF, y la relación con pepsina a sustrato sobre la digestión de las proteínas Cry1Ab, lo cual tiene incidencia sobre la potencial alergenicidad de una proteína.

Finamore, *et al.*, 2008: este estudio hace referencia a la necesidad de evaluar, además del potencial alergénico de las proteínas puras recombinantes, también analizar el alimento completo y sus efectos en relación a la respuesta inmune intestinal. Se observa que el consumo de maíz MON 810 (que tiene inserto el transgen que codifica para la proteína Cry1Ab), según fue administrado en este trabajo, induce alteraciones en la respuesta inmune intestinal y periférica de ratones destetados y mayores, siendo necesario realizar más estudios que clarifiquen estos hallazgos y que consideren la respuesta inmune intestinal y periférica así como el cultivo GM completo y la edad de los animales en estudio.

En relación a la toxicidad de las proteínas Bt, también existen estudios en animales (ratones, ratas y cerdos) con resultados que indicarían al menos la necesidad de continuar profundizando en éstas líneas de investigación, además existe al menos un estudio en humanos que evidencia la presencia en sangre de estas toxinas tipo Cry. Algunos de dichos estudios, a saber, son:

Walsh *et al.*, 2011: En este estudio se evalúa el efecto a corto plazo de la alimentación (por 31 días) con maíz GM Bt sobre la respuesta inmune y el crecimiento de cerdos recién destetados. Los cerdos se alimentaron con una dieta conteniendo 38,9% de maíz GM y otro grupo con maíz no-GM de la línea parental isogénica. Si bien se detectaron alteraciones en la respuesta inmune, su relevancia biológica es cuestionable.

Mezzomo *et al.*, 2013: La biodisponibilidad de las toxinas Cry ha sido aumentada desde el advenimiento de las plantas GM Bt. Se evaluaron, en ratones albinos suizos, la hematotoxicidad y la genotoxicidad de 4 proteínas Cry (Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac or Cry2A). Se observó que las administraciones de las esporas cristalinas provocó hematotoxicidad selectiva para 3 tiempos de exposición. También se observaron ciertos signos de citotoxicidad pero no efectos genotóxicos. En general los resultados del estudio sugieren la necesidad de mayores estudios para confirmar y clarificar los mecanismos involucrados en los efectos encontrados en ratones.

Aris *et al.*, 2011: Este estudio tuvo como objetivo evaluar la correlación entre la exposición maternal y fetal a los pesticidas asociados a los alimentos genéticamente modificados (herbicidas como glifosato y glufosinato, y insecticidas como las toxinas bacteriana Bt). Como resultados, entre otros, se observó que las toxinas Bt aparecían en el suero sanguíneo de mujeres embarazadas y sus fetos, y en las mujeres no embarazadas. Este estudio es el primero en revelar la presencia de las toxinas Bt, entre otros productos químicos asociados a los alimentos GM, en la circulación de mujeres, abriendo camino para un nuevo campo en la toxicología reproductiva, incluida la nutrición y la toxicidad útero-placentar.

Mesnage R. *et al.*, 2012: Analiza los efectos combinados de las toxinas Cry1Ab y Cry1Ac (en concentraciones de 10 ppb a 100 ppm) sobre una línea celular embrionaria de riñón

humana, solas y combinadas con *Roundup*. Se realizó la observación a las 24 hs sobre ciertos marcadores a nivel celular (marcadores de alteración de las membranas celulares y efectos apoptóticos). Entre sus conclusiones los autores indican que las toxinas Bt no son inertes sobre células humanas no blanco. Es necesario realizar más estudios para profundizar sobre los posibles efectos citotóxicos evidenciados *in vitro* de las proteínas Cry y evaluar posibles efectos *in vivo*.

3.4.1d Riesgo de desarrollo o aumento de alergias.

Las alergias alimentarias son reacciones adversas a un alimento o a un componente de un alimento, por lo demás inocuo, que entrañan una respuesta anómala del sistema inmunitario del organismo a una o varias proteínas contenidas en éstos. El tipo más común de alergia alimentaria se produce por mediación de anticuerpos de inmunoglobulina E (IgE) contra determinados alérgenos, son reacciones de hipersensibilidad inmediata, ya que los síntomas aparecen entre unos minutos y unas pocas horas después de la ingestión del alimento que causa el daño. Las alergias alimentarias por mediación de la IgE afectan más comúnmente a los lactantes y niños de corta edad que a los adultos; la prevalencia entre niños menores de 3 años puede llegar hasta el 5 - 8 %. En este tipo de alergias alimentarias por mediación de la IgE, el individuo tiene que estar previamente sensibilizado para lo cual debe haber estado expuesto primero al alimento en cuestión. Algunas proteínas alimentarias tienen más probabilidades que otras de provocar una sensibilización alérgica. Existe muy poca información sobre el grado mínimo de exposición a un alimento necesario para provocar una sensibilización alérgica en individuos susceptibles. Los lactantes se sensibilizan con un grado comparativamente bajo de exposición al alimento dañino. La exposición posterior de un individuo sensibilizado a ese alimento provocará probablemente una reacción alérgica. No se conoce con precisión la magnitud de la exposición a una proteína alimentaria alergénica ingerida que es necesaria para provocar una reacción discernible en individuos ya sensibilizados y sumamente sensibles, pero parece ser del orden del microgramo al miligramo. No se ha definido un nivel de umbral por debajo del cual no se producen reacciones alérgicas en individuos sensibles alérgicos a determinado alimento. Por otra parte, las auténticas alergias alimentarias abarcan también reacciones retardadas de hipersensibilidad cuyos mecanismos están menos claros. Entre ellas se incluyen las reacciones celulares, en las que intervienen linfocitos sensibilizados en los tejidos, y no anticuerpos. En las reacciones celulares, la aparición de los síntomas se produce más de ocho horas después de la ingestión del alimento que causa el daño. La prevalencia general de las reacciones celulares inducidas por alimentos sigue siendo incierta (FAO : 2001).

Las alergias alimentarias son causadas por una gran variedad de alimentos. El Comité del Codex sobre Etiquetado de los Alimentos estableció, tras un considerable debate, una lista a nivel mundial de los alimentos alergénicos más comunes asociados con reacciones por mediación de la IgE, que comprenden al maní, soja, leche, huevos,

pescado, crustáceos, trigo y nueces de árbol. Esos alimentos frecuentemente alergénicos son el origen de más del 90 por ciento de todas las reacciones alérgicas a los alimentos entre moderadas y graves, aunque una amplia búsqueda bibliográfica ha revelado que existen más de 160 alimentos asociados con reacciones alérgicas esporádicas. Teóricamente, cualquier alimento que contenga proteína sería capaz de provocar una reacción alérgica, aunque los alimentos varían considerablemente en cuanto a la probabilidad de que produzcan una sensibilización alérgica. Casi todos los alérgenos alimentarios son proteínas, aunque existe la posibilidad de que otros componentes de los alimentos actúen como haptenos (sustancias químicas que al unirse a una proteína transportadora estimula una respuesta inmunitaria, y que actuaría como una parte de un antígeno).

En función a lo que antecede, es evidente la necesidad de considerar la alergenicidad como un riesgo a considerar en la evaluación de la inocuidad de alimentos modificados genéticamente que pueden expresar nuevas proteínas asociadas. Las características de los nuevos productos genéticos (proteínas) así como nuevas proteínas no buscadas que pudieran observarse como resultado de la modificación propiamente, deben valorarse teniendo presentes sus semejanzas con alérgenos alimentarios y ambientales ya conocidos.

En general a nivel internacional, la metodología de evaluación para evaluar la alergenicidad de los transgénicos ha sido consensuada en el denominado “árbol de decisiones” que surge de la Consulta FAO/OMS de Expertos sobre alergenicidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos del año 2001.

En el marco de la aplicación del criterio de la “equivalencia sustancial”, si mediante la comparación del alimento modificado genéticamente con su equivalente convencional se obtienen datos que demuestran que la inserción del gen crea nuevas proteínas suplementarias, entonces deberán evaluarse esas proteínas aplicando el criterio establecido en el árbol de decisión de FAO para determinar su posible alergenicidad.

En base al protocolo del árbol, la evaluación se centra en la nueva proteína expresada en el vegetal a consecuencia del transgen. En teoría, los pasos consisten en: 1) evaluar bioinformáticamente la homología de la secuencia de la proteína en el organismo transgénico con alérgenos conocidos (alimentarios y ambientales), 2) un análisis selectivo del suero para determinar la reactividad cruzada con sueros de pacientes alérgicos a materiales relacionados en términos generales con el material original del gen, 3) un protocolo de resistencia a las pepsinas (es un aspecto para evaluar la digestibilidad de la proteína la cual tiene implicancia en su alergenicidad) y 4) ensayos de inmunogenicidad en modelos animales.

Los estudios que se utilizan actualmente para evaluar la homología de la proteína producto del transgen con otros alérgenos conocidos son de tipo bioinformáticos utilizando bases de datos de referencia las cuales deberían estar actualizadas.

Para los ensayos de determinación de las características fisicoquímicas de las nuevas proteínas, así como la resistencia a la pepsina establecida en el punto 3 del protocolo antes mencionado, existe controversia acerca de la adecuación de utilizar proteínas

obtenidas en sistemas modelo bacterianos en vez la proteína real obtenida del organismo (vegetal) final modificado. Fundamentalmente, la controversia en la aceptación del sistema modelo bacteriano está dada por las diferencias en el proceso de traducción y las modificaciones postraduccionales en los distintos organismos, así como a nivel de la regulación y el estado del arte del conocimiento en este sentido. Por ejemplo, si se obtuviera un gen de una fuente bacteriana, no sería posible un análisis selectivo del suero, ya que no se conoce ninguna población normal de individuos que esté sensibilizada (por mediación de la IgE) a proteínas bacterianas.

La regulación de la expresión de los genes a nivel de la traducción (que se produce en el organismo en que se inserta el transgen) es un proceso importante pero aún no completamente comprendido y la regulación a este nivel permite una importante y rápida respuesta a cambios en el ambiente, condiciones fisiológicas o patológicas (choques térmicos, privación de oxígeno, polución, disruptores endócrinos, privación de nutrientes). (Traavik *et al.*, 2007)

Por otra parte, en algunos casos, la desnaturalización podría afectar la alergenicidad de una proteína debido a la exposición de regiones de naturaleza hidrofóbica responsables de la reactividad con IgE. Por lo anterior, cabe considerar la necesidad de analizar el efecto del calor en condiciones desnaturalizantes para la proteína en estudio así como la interacción con otros componentes del alimento.

En particular, y para aquellos transgénicos que expresan proteínas insecticidas (Cry), y tal como se mencionó anteriormente, existen controversias en relación a sus posibles implicancias a nivel de la alergenicidad. A nivel de la bibliografía científica, se encuentran trabajos que podrían estar indicando cierto riesgo por efectos adversos para la salud humana y animal, pero es necesaria más investigación al respecto para poder concluir en uno u otro sentido.

Podemos agregar que las experiencias con maíz GM *StarLink* (productor de la toxina Cry9c) y con cohortes ocupacionales expuestas a polvos de granos, sugieren que el desarrollo de métodos post-comercialización puede servir para evaluar la salud ocupacional y de los consumidores. Por eso el algoritmo de la FAO/OMS para evaluar riesgos de alergias por alimentos debe ser revisado para incluir pruebas diagnósticas en los grupos de población susceptibles y afrontar los retos técnicos para evaluar las proteínas recién introducidas a la dieta (Bernstein *et al.*, 2003).

3.4.1e Riesgo por el desarrollo o aumento de la toxicidad del alimento.

La toxicidad podría deberse a efectos en el corto, mediano o en el largo plazo (efectos agudos, sub-crónicos o crónicos). En todos los casos, el grado de afectación de la población va a depender del nivel de consumo (distintos aportes según el tipo de dieta y las variedades de vegetales transgénicos autorizados en el país) y de la forma en que se consume (consumo directo del vegetal transgénico o a través de alimentos que contienen algún ingrediente procedente de un vegetal transgénico o un subproducto

del vegetal donde pueden no haber cantidades significativas de proteínas e incluso del genoma de la planta).

Es necesario evaluar la toxicidad de los nuevos alimentos que se van a comercializar, en este caso es el organismo vegetal que va a formar parte del alimento el que cuenta con la característica nueva por haber sido modificado genéticamente.

En general, es esperable que el producto del gen introducido en el organismo vegetal que es parte de la alimentación, por sí mismo, no tenga antecedentes de toxicidad conocida, al menos en los niveles usuales hasta el momento, de exposición, ni tampoco una alta toxicidad aguda. O sea, es poco probable que existan emprendimientos que se dediquen al desarrollo de un nuevo organismo vegetal si de antemano se sabe que la característica que se le está introduciendo lo convierte en tóxico y por tanto imposible de autorizarlo para el consumo humano. De todas formas, productos que cuentan con un historial de uso inocuo en humanos, a veces, no han sido analizados en el nuevo patrón de dosis y nivel de consumo que se asume al incorporarlo como parte intrínseca de un alimento de consumo regular. Éste último sería el caso de los vegetales modificados que son parte de la dieta normal (como maíz) y que incorporan la expresión constante de las toxinas *Bt* (o toxinas *Cry*) que vuelve a la planta resistente a ciertos insectos. También en este caso, cabe destacar, que las proteínas nuevas incorporadas al vegetal a través del transgen, si bien pertenecen a la misma familia no siempre son exactamente idénticas en su estructura primaria a las encontradas en la naturaleza sino que presentan pequeñas variaciones.

Hay que analizar el riesgo de que el vegetal transgénico presente toxicidad tanto a corto como a largo plazo.

- Toxicidad a corto plazo (toxicidad aguda):

De acuerdo a las recomendaciones, se evalúa en primer lugar la existencia de toxinas y factores antinutricionales naturalmente presentes en las especies donantes y receptoras y se realiza un análisis bioinformático para la identificación de la homología de las nuevas proteínas con proteínas de actividad tóxica conocida.

Asimismo, se proponen ensayos en animales para la determinación de la toxicidad aguda, siguiendo los procedimientos establecidos en los correspondientes protocolos de la OECD. A partir de estos ensayos se determinan los límites (concentración máxima) de la proteína transgénica sin efectos observables en la especie ensayada y, teniendo en cuenta ciertos factores de seguridad, se extrapola al humano.

- Toxicidad a largo plazo, efectos crónicos:

Existen pocos estudios realizados que evalúen la toxicidad crónica de las nuevas proteínas expresadas en el organismo modificado o del alimento completo con el componente modificado genéticamente, también son escasos los estudios de carcinogenicidad.

La omisión de estos estudios de toxicidad crónica, los cuales no han sido solicitados hasta el momento por parte de las autoridades sanitarias de los países a las empresas biotecnológica que desarrollan cultivos transgénicos para su autorización para cultivo y consumo, se fundamenta en el criterio de equivalencia sustancial, ya discutido anteriormente, y que no ahonda en las implicancias a nivel de la regulación del genoma de las modificaciones genéticas realizadas. (Ricroch *et al.*, 2011).

Algunos de los estudios a largo plazo publicados, son:

- Velmirov *et al.*, 2008: es un estudio llevado adelante por un grupo austríaco, en que se compara la toxicidad crónica del maíz convencional versus maíz GM. El objetivo del mencionado estudio fue comparar el comportamiento reproductivo entre grupos de ratones de laboratorio alimentados con maíz no-GM y GM. De acuerdo a los autores, los resultados del estudio darían algún indicio de afectación en el comportamiento reproductivo de las ratas alimentadas con maíz transgénico en comparación con las alimentadas con la línea no modificada genéticamente sugiriendo la necesidad de profundizar en estos estudios.

- Séralini GE, *et al.*, 2014: Estudia los efectos sobre la salud en ratas seguidas durante dos años que consumen maíz modificado genéticamente cultivado con y sin uso del herbicida Roundup (el cual sería parte del paquete tecnológico asociado al cultivo transgénico en estudio) y el Roundup aislado (a partir de 0,1 ppb en agua). Los estudios se realizaron sobre grupos de hembras y machos con la existencia de un grupo control. Los resultados obtenidos si bien no demuestran una relación directa entre cantidad de maíz transgénico en la dieta y efectos en la salud, reportan una mayor aparición de tumores y mortalidad elevada en comparación con el grupo control, especialmente para el grupo de las hembras.

Asimismo existen estudios toxicológicos que evidencian posibles signos de toxicidad especialmente vinculado a las funciones del hígado y riñones (Malatesta M. *et al.*, 2002 y Séralin GE *et al.*, 2007).

Por otra parte, algunos autores han realizado una revisión de la toxicidad y valor nutricional de los cultivos genéticamente modificados (revisión de la literatura para examinar la relación entre los cultivos transgénicos y las observaciones histopatológicas en ratas) indicando que deberían ser evaluados como un todo, de forma completa y someterse a evaluaciones exhaustivas de seguridad que no consideren simplemente al alimento GM como compuesto de varias sustancias de seguridad conocida, sino como una nueva entidad que necesita ser evaluada de forma global. (Zdiarski *et al.*, 2014) Entre sus conclusiones, indican que la cantidad de estudios publicados de alimentación en animales (ratas) son pocos, en proporción al número de eventos aprobados hasta la fecha.

Asimismo, la revisión de estudios científicos publicados relacionados a evaluaciones sobre la inocuidad de las plantas genéticamente modificada realizado por Domingo JL y Bordonaba JG en 2011 había llegado a la observación de que existe un equilibrio en el

número de grupos de investigación que sugieren, que los productos transgénicos (principalmente maíz y soja) son tan inocuos y nutritivos como sus pares convencionales, y los grupos que señalan aún serias preocupaciones. Estos mismos autores habían realizado una revisión en 2006 incluyendo los estudios científicos publicados en revistas internacionales desde 2000 hasta dicho año y concluyeron que los estudios relacionados a riesgos toxicológicos en salud humana y animal de las plantas y alimentos OGM eran muy limitados. Para la publicación en 2011, realizaron una revisión desde 2006 (en PubMed y Scopus) de estudios sobre efectos adversos de las plantas GM para consumo humano constatando un aumento en la información disponible fundamentalmente estudios sobre maíz, arroz y soja. Los autores también señalan un notable avance en los estudios publicados en revistas científicas en los últimos años por las empresas de biotecnología lo cual constituye un avance ya que la información de las empresas recientemente es por lo tanto revisada por pares antes de publicarse.

Otra revisión que fue publicada en un informe el mismo año, 2011, fue la llevada a cabo por el Instituto Nacional de Salud de Perú (Solari L *et al.*, 2011). El objetivo del trabajo que llevaron a cabo desde el Instituto consistió en una revisión de literatura científica disponible que abordaba la evaluación de los efectos adversos de los alimentos genéticamente modificados en la salud humana. Se realizó una exploración de la literatura médica, dividida en tres revisiones: acerca de estudios primarios en humanos, una revisión de revisiones y estudios primarios publicados en los dos últimos años no incluidos en las anteriores revisiones.

Las tres revisiones utilizaron la metodología estándar para la búsqueda sistemática de artículos publicados en las bases de datos MEDLINE, LILACS, Cochrane, TOXNET y TRIPdatabase y los artículos identificados fueron evaluados con respecto a su calidad en base a preguntas extraídas de las escalas STROBE y SURE.

Entre los hallazgos de este informe se indica que:

- Son escasos los estudios de buena calidad científica que evalúan la inocuidad de los alimentos genéticamente modificados (AGM).
- En humanos, solo se encontró un ensayo clínico, y no estaba destinado a evaluar efectos adversos.
- No encontramos revisiones sistemáticas que cumplieran con criterios estándar de calidad. La mayoría de estudios primarios en modelos animales tuvieron limitaciones importantes (tamaño muestral insuficiente y tiempo de seguimiento corto).
- Si bien la mayor parte de los estudios revisados no encontraron evidencias de efectos adversos asociados al consumo de AGM, algunos sí hallaron alteraciones significativas a nivel morfológico y funcional de ciertos órganos.

Del análisis de las publicaciones identificadas los autores concluyen que la evidencia científica no es suficiente para determinar que el consumo de los alimentos modificados genéticamente no genera efectos adversos en la salud humana. Es necesario desarrollar estudios de evaluación de la inocuidad de los AGM en humanos y animales de acuerdo a los estándares científicos internacionales

Varios proyectos de investigación a mayor escala, sobre plantas genéticamente modificadas están actualmente en curso o culminando su desarrollo en la Unión Europea, en el marco del 7th Research Framework Programme (FP7): GRACE (GMO Risk Assessment and Communication of Evidence), G-TwYST (GMP Two Year Safety Testing), MARLON (Monitoring of Animals for Feed related Risks in the Long Term), PRICE (Practical Implementation of Coexistence in Europe) y PRESTO (Preparatory steps towards a GMO research ERA-Net).

Existen críticas acerca de las afiliaciones con la industria biotecnológica de varios de los coordinadores de los mencionados proyectos. (Bauer-Panskus A y Then C, 2015). Estas observaciones han sido en algunos casos justificadas, por parte de los involucrados (y por la organización del proyecto en el caso de GRACE). El artículo, de cualquier forma, retoma el tema de la importancia de la independencia de la investigación científica en relación a los cultivos transgénicos.

El proyecto GRACE ya ha publicado sus resultados a partir de lo cual cabe mencionar entre los principales aspectos:

- 1 Para el evento en evaluación en este proyecto (maíz MON810), los resultados obtenidos indicarían que la realización de estudios de seguimiento con animales con el alimento completo a 90 días no proveerían información adicional sobre la inocuidad del evento, en comparación con el análisis de comparación composicional con el maíz convencional en su línea isogénica. Los estudio de alimentación, toxicológicos, inespecíficos, sin una justificación previa a partir de los resultados de los análisis de composición o comportamiento agronómico, no aportarían información científica adicional útil para la evaluación de riesgos. En suma, en relación a lo que es actualmente el protocolo de la Unión Europea, los resultados de GRACE estarían sugiriendo un replanteo de la normativa actual la cual tendería nuevamente a un protocolo para la evaluación de riesgos en la autorización de los OGMs como el que estaba vigente previo al de 2013 (actual EU Regulation Nº 503/2013), sin estudios subcrónicos o crónicos en animales. No se proponen estudios alternativos que sustituyan estos estudios en animales, sino que se analizaron las nuevas tecnologías disponibles (métodos ómicos y cultivos celulares *in vitro* por ejemplo) pero aún no están consensuadas como herramientas adicionales para la evaluación de riesgos. De hecho sobre los enfoques ómicos sobre el material vegetal se indica qe podría informar, a futuro, sobre el desarrollo de una hipótesis enfocada a los efectos de justificar científicamente la realización de estudios de alimentación con animales con el alimento completo y para enfocar el diseño del estudio hacia una concreta preocupación sobre inocuidad (GRACE, 2015).
- 2 En relación a las revisiones sistemáticas como aspectos beneficiosos potenciales se indica que: 1) aumentan la precisión por medio de una síntesis de la información cuantitativa (ej: vía metaanálisis) por lo cual ayuda a clarificar incertidumbres, 2) provee una respuesta robusta a una pregunta específica y aporta información para una discusión basada en evidencia. Sin embargo, se planteó que una pregunta específica enfocada tiene que ser desarrollada y tiene que haber disponible

suficiente investigación primaria disponible para permitir una integración útil de la información. Así, las revisiones sistemáticas se proponen como factibles en una base caso a caso donde la evidencia disponible de base justificaría su realización (GRACE, 2015).

Como se observa, de las principales conclusiones del proyecto GRACE, falta consideración y debate en torno a la metodología para la evaluación de riesgos en salud teniendo en cuenta lo que se conoce como el ‘peso de las pruebas’, este enfoque hace referencia a un conjunto diverso de metodologías en el contexto amplio de la evaluación de riesgos, cuya característica común es la integración de pruebas procedentes de diferentes fuentes con la finalidad de informar la toma de decisiones relacionadas con la protección del ambiente y la salud pública.

Los enfoques del tipo “peso de las pruebas” no eliminan la incertidumbre, en el mejor de los casos pueden reducirla (al integrar la evidencia disponible) en relación con la toma de decisiones. Pero las conclusiones no serán apropiadas si alguna de las líneas de evidencia depende de supuestos equivocados o ha sido directamente manipulada, por lo cual el control de calidad de los datos sigue siendo necesario. (Lujan JL, Todt O., 2008). Por otra parte, no sólo está pendiente revisar el enfoque para la evaluación de riesgos, sino que también para lograr una mayor protección de la salud pública y el ambiente son necesarias otras consideraciones como por ejemplo otorgar mayor importancia a los falsos negativos que a los falsos positivos (orientación contraria a la búsqueda de mayor precisión científica). Ésa es una estrategia útil para hacer frente a los problemas derivados de la fabricación de incertidumbres, siempre que exista alguna evidencia de que una sustancia o proceso podría generar problemas sanitarios o ambientales. (Lujan JL, Todt O., 2008). En suma, es necesario reflexionar acerca de la metodología de evaluación de riesgos vigente y otras alternativas metodológicas como aspecto clave asociado a un enfoque en la valoración de este tema. Ante la generalización del resultado de los estudios toxicológicos a largo plazo con un solo evento, asociado al desaliento a la realización de otros estudios de este tipo habría que promover la discusión sobre si es favorable en el marco de un enfoque de precaución para la salud de la población.

Otro estudio en curso es: FACTOR GMO el cual es un estudio a largo plazo realizado sobre un maíz transgénico y su plaguicida asociado organizado por la Asociación Nacional de Seguridad Genética con apoyo del Instituto de Investigación de Ecología Humana y Salud Medioambiental del Ministerio de Sanidad de la Federación de Rusia. Los científicos que participan en “Factor GMO” pertenecen a sectores “neutrales”. La fase preparatoria del estudio se inició a principios de 2014, y el estudio se proponía comenzar en 2015 y duraría 2 o 3 años.

3.4.2 Riesgos identificados: Sistema de producción asociado a los cultivos de transgénicos

En Uruguay, los cultivos transgénicos han modificado la estructura productiva del campo debido a un aumento del área agrícola y un incremento en la importación de plaguicidas asociados. Hasta el momento, los plaguicidas juegan un importante papel en la producción de muchos cultivos, pero se encuentra en aumento la preocupación a nivel internacional por su uso y los riesgos conexos.

El riesgo es una función de la probabilidad de un efecto adverso en la salud y puede ser evitado o reducido. El enfoque de disminución de riesgos de plaguicidas (FAO, 2010) comprende tres pasos principales: reducir la dependencia respecto a los plaguicidas en la producción, seleccionar plaguicidas que representen el menor riesgo y asegurarse de hacer un uso apropiado de los productos seleccionados en aplicaciones aprobadas y en cumplimiento con los estándares internacionales. Medidas insuficientes para reducir el riesgo hasta niveles aceptables, incluidos el uso inapropiado y medidas inadecuadas de registro y control, pueden provocar efectos adversos por el uso de plaguicidas en la salud.

Los riesgos para la salud por exposición a plaguicidas dependen de las características propias de cada producto, de las formas de uso, la maquinaria utilizada, las condiciones atmosféricas, la aplicación a campo abierto o en ambientes cerrados y de las particularidades de cada persona expuesta. Los riesgos potenciales son: contaminación e intoxicación de usuarios de plaguicidas, trabajadores agrícolas y vecinos de plantaciones; pérdida de la inocuidad por residuos de plaguicidas en alimentos y contaminación de fuentes de agua potable.

Tuvieron que pasar varias décadas para que finalmente fueran reconocidas las diversas patologías causadas por plaguicidas, desde los simples efectos irritativos cutáneo-mucosos a la afectación específica de órganos y sistemas, dando lugar a patologías que hoy son reconocidas a nivel de piel, mucosas del aparato ocular, respiratorio, digestivo, afectación a nivel neuromuscular, del sistema hematopoyético, endócrino, inmunológico, neurológico central y periférico. (Burger, 2012).

Lentamente y en forma progresiva se fueron prohibiendo en varios países, incluido el nuestro, aquellos plaguicidas que demostraban fehacientemente los efectos nocivos a la salud humana e incluso a nivel ambiental, y fueron sustituidos por otros que tuvieran una toxicidad aguda menor. Se comenzó con los organoclorados: Aldrin, Dieldrin, Toxafeno, Clordano, Endrin, Endosulfán, Dodecacloro; y se continuó con algunos organofosforados: Paratión Etílico, Fentión, Triclorfon, Tetamidofos. El herbicida Paraquat se prohibió por sus graves efectos a nivel pulmonar. Esto demuestra que se ha ido reconociendo a partir de la experiencia, que estos productos pueden causar daño en la salud y el ambiente.

Actualmente, otra de las problemáticas con los cultivos de granos transgénicos, es que se utilizan mezclas de plaguicidas, que puede incluir 5 o 6 plaguicidas. Esto hace muy difícil saber cuál puede ser el real impacto de estas mezclas a nivel humano.

Una de las herramientas con que cuenta la medicina humana para avanzar en factores etiológicos son los datos aportados por la Epidemiología y diversos estudios científicos, publicados en revistas arbitradas sobre el efecto en la salud por el uso de plaguicidas.

3.4.2a Generalidades de los plaguicidas

Los plaguicidas asociados al paquete tecnológico utilizados en cultivos transgénicos en Uruguay son hasta el momento: glifosato, glufosinato, 2,4 D, dicamba y atrazinas.

Los análisis realizados por la empresa que los sintetiza son basados principalmente en estudios sobre animales de experimentación y a nivel de toxicidad aguda. Por lo que se hace necesario conocer en profundidad el mecanismo de acción de cada uno de ellos y posibles efectos a largo plazo en la salud humana.

A nivel nacional, el Departamento de CIAT como órgano asesor del MGAP clasifica los plaguicidas teniendo en cuenta: su formulación, su toxicidad aguda y los efectos crónicos conocidos a través de literatura científica internacional tomando como referencia la clasificación de OMS, 2011 (libro I, Ia, Ib, II y III).

El Glifosato, es el principal herbicida utilizado en la plantación de soja transgénica con el fin de combatir las malezas del cultivo. La empresa que sintetizó dicho herbicida manifiesta que es uno de los de menor toxicidad aguda, aunque no presenta datos de los efectos crónicos que podría producir su uso a nivel de salud humana.

3.4.2b Exposición ocupacional y/o por residencia próxima a cultivos transgénicos

A partir de la revisión de historias clínicas de consultas recibidas por el CIAT del Departamento de Toxicología, Fac. De Medicina, por exposición a glifosato se constataron 107 casos a lo largo de 5 años (1998-2002), y su comparación en el año 2008 con un trabajo similar con una revisión de 5 años, se determina que las consultas por Glifosato llegaron a 309, más del doble. La mayoría de los casos son por exposición laboral y/o accidental. (Burger, 2004).

En el año 2005 el Dpto. de Toxicología y el de Salud Ocupacional de la Udelar, llevaron a cabo un trabajo de investigación en la ciudad de Bella Unión, con el objetivo de evaluar enfermedades ocasionadas por el uso de múltiples plaguicidas, entre ellos Glifosato y utilizar como biomarcadores de exposición, los tests de genotoxicidad. Los hallazgos fueron interesantes, como enfermedad aguda se encontró frecuencia aumentada de asma en niños pequeños, y daño genético mediante el ensayo cometa.

Autores argentinos de la Universidad Nacional de Río Cuarto realizaron un estudio comparativo entre niños que viven en zonas urbanas y aquellos expuestos a plaguicidas por vivir en zonas rurales, encontrando en éstos últimos daño genético expresado a través del Test de Micronúcleos en células de la mucosa bucal.

Los estudios llevados a cabo por Seralini et al. (2012) utilizando animales de experimentación (ratas) alimentados con granos transgénicos, mostraron aparición de tumores y otras patologías degenerativas. Aunque este trabajo fue sumamente discutido, este tipo de malformaciones son las que se ven en niños recién nacidos en los llamados “pueblos fumigados” en la provincia de Santa Fé (Argentina). Primer Congreso

Nacional de Medicxs de Pueblos Fumigados, Fac. Ciencias Médicas, Univ. Nal. de Córdoba, Agosto 2010.

Se ha demostrado que el glifosato interfiere con mecanismos moleculares que regulan el desarrollo temprano en ranas y pollos, con afectación de la vía de señalamiento del ácido retinoico, potente morfógeno, y como consecuencia produce deformidades importantes en los embriones (Paganelli et al., 2010). Recientemente, en el 2015, IARC (Agencia Internacional del Cáncer de la OMS), clasifica al Glifosato como “probable cancerígeno humano” basándose en la suficiente evidencia existente en los animales de experimentación (IARC glyphosate Monograph Volume 112, 2015).

Mientras que la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU) en el año 2014 acaba de aprobar el Alistan Duo, que es la asociación de los herbicidas Glifosato y 2,4-D, con el fin de combatir las malezas convertidas en resistentes al glifosato. Según la Academia Nacional de Ciencias de este país las pruebas en que se apoyaron para aprobar este nuevo plaguicida son obsoletas. Es importante señalar que el 2,4-D, derivado del ácido fenoxiacético era uno de los componentes del “Agente Naranja” utilizado como desfoliante en la guerra de Vietnam.

Esta discusión se está dando actualmente en Estados Unidos a nivel de médicos toxicólogos y pediatras, ¿es el alimento transgénico el causante de daños a la salud, o es el alimento transgénico conteniendo mayores residuos de plaguicidas? Esta es la discusión que tiene lugar a nivel de la Academia Nacional de Ciencias de ese país, quien recomienda el desarrollo de nuevas herramientas de evaluación de riesgos, habiendo convocado a una nueva comisión para evaluar específicamente salud, ambiente, economía y aspectos sociales, cuyas conclusiones se conocerán en 2016. (Landrigan Philips, Benbrook Charles, 2015).

3.4.2c Residuos de plaguicidas en alimentos y agua

Señalamos que el cultivo de granos transgénicos en nuestro país, han generado un uso masivo de plaguicidas, sobre todo herbicidas e insecticidas, que entre otras cosas dejan residuos tanto en los granos de soja como en maíz y en las matrices ambientales. (Burger, 2012)

Los plaguicidas presentan otros componentes en su formulación, con el fin de lograr mayor penetración a las plantas, como coadyuvantes, por ejemplo el POEA (surfactante) que acompaña la formulación del glifosato en el *Roundup* y aumenta su efecto irritante.

3.5 Derecho a la alimentación adecuada y derecho a la información: Etiquetado de alimentos que contienen transgénicos.

3.5.1 Derecho a la alimentación adecuada

La alimentación desempeña un papel fundamental en la calidad de vida y puede ser factor protector o de riesgo para la salud.

Ésta es considerada un Derecho Humano fundamental a partir de la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDDHH) (Naciones Unidas: 1948). La DUDDHH por sí misma no presenta ningún valor jurídico a la interna de los países, por lo que en 1966 fueron aprobados dos pactos internacionales los cuales presentan carácter vinculante para los Estados que los firman. Estos fueron el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (PIDCP) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC). El PIDESC propone que los Estados partes adopten las medidas necesarias para mejorar los métodos de producción, conservación y distribución de alimentos haciendo pleno uso de los conocimientos técnicos y científicos, difundiendo el conocimiento de los principios de la nutrición y desarrollando o reformando sistemas agrarios de tal manera que se logre el desarrollo y aprovechamiento más eficiente de los recursos naturales.

La introducción de la utilización de la biotecnología para el mejoramiento nutricional de los alimentos, así como para aumentar el rendimiento en la producción de los mismos han sido algunos de los argumentos expresados para resolver la malnutrición y el hambre en el mundo.

El arroz dorado fue uno de los alimentos modificado genéticamente con el fin de la incorporación de un caroteno precursor de la Vitamina A. De acuerdo con Fernández (2001) y Potrykus (2001), el arroz dorado es un arroz modificado genéticamente para producir hasta 1,6 microgramos de betacarotenos (también llamados provitamina A) por gramo de endospermo, los cuales le dan un característico color dorado, origen de su nombre. (García-González, 2004).

Se señala que la falta de vitamina A en la población infantil tiene graves consecuencias, ya que se estima que anualmente alrededor de medio millón de niños en todo el mundo pierden la vista por falta de suficiente vitamina A en sus dietas, especialmente, en algunas regiones del sudeste de Asia y ciertas áreas de África y Latinoamérica.

Cabe señalar las recomendaciones diarias de este nutriente para niños y adolescentes de 1 a 14 años entre 400 y 600 mg (equivalentes de retinol). (Comité de Nutrición de la Sociedad Uruguaya de Pediatría, 2004).

Según García Gonzalez (2004) partiendo del supuesto que la biodisponibilidad del betacaroteno en el arroz dorado sea tan alta como en las frutas, raíces y tubérculos que disponen de este elemento en forma natural, y partiendo de las recomendaciones

dietéticas diarias para la vitamina A, dadas por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (600microg , tendríamos que para cumplir con éstas:

- Los niños de hasta un año tendrían que consumir 1,3 kg de arroz dorado crudo/día (~ 2,6 kg de arroz cocido/día).
- Los niños de uno a 10 años tendrían que consumir 1,5 kg de arroz dorado crudo/día (~ 3 kg de arroz cocido/día).
- Los hombres de 10 a 13 años tendrían que consumir 1,8 kg de arroz dorado crudo/día (~ 3,6 kg de arroz cocido/día). - Los hombres de más de 13 años tendrían que consumir 2,2 kg de arroz dorado crudo/día (~ 4,4 kg de arroz cocido/día). - Las mujeres de más de 10 años tendrían que consumir 1,8 kg de arroz dorado crudo/día (~ 3,6 kg de arroz cocido/día).
- Las mujeres embarazadas tendrían que consumir 2,2 kg de arroz dorado crudo/día (~ 4,4 kg de arroz cocido/día). - Las mujeres lactantes tendrían que consumir 3,2 kg de arroz dorado crudo/día (~ 6,4 kg de arroz cocido/día) .

En este contexto es necesario analizar que este tipo de respuesta al problema de la malnutrición se torna poco factible.

Solamente en el corto plazo, medidas como la difusión de suplementos y el enriquecimiento de los alimentos, sería mucho más eficaz y económica. (Garcia Gonzalez, 2004). Además esperar que un solo alimento logre satisfacer gran parte de las necesidades nutricionales de la población se contrapone en cierta manera al Derecho de la Alimentación Adecuada, y ésta se ejerce cuando “todo hombre, mujer o niño, ya sea solo o en común con otros, tiene acceso físico y económico, en todo momento, a la alimentación adecuada o a medios para obtenerla.” (Comité de Derechos Económicos, Culturales y Sociales : 1996). Por alimento adecuado se entiende que la alimentación debe satisfacer las necesidades nutricionales teniendo en cuenta la edad de la persona, sus condiciones de vida, salud, ocupación, sexo, además de ser culturalmente aceptable.

La Soberanía Alimentaria y la Seguridad Alimentaria, si bien son conceptos que surgen en forma diferenciada, plantean al Derecho a la Alimentación Adecuada como pilar fundamental en su conceptualización. Estos conceptos presentan diferencias en cuanto a su surgimiento, los elementos centrales que refieren y las posiciones en el proceso político que los enfrenta. En la actualidad son utilizados en forma conexas, no por una disolución de las diferencias sino como un momento de homogeneización de ambos adoptado por los organismos internacionales y los diferentes Estados que los integran.

El concepto de Seguridad Alimentaria es entendido como el derecho de todas las personas a tener una alimentación cultural y nutricionalmente adecuada y suficiente. Para llegar a esta definición, el concepto de Seguridad Alimentaria ha recorrido un largo camino en los últimos 25 años. (Aguirre, 2005). Actualmente se define que “existe seguridad alimentaria y nutricional cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a alimentos inocuos, cuyo consumo es suficiente en

términos de cantidad y calidad para satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias, y se sustenta en un marco de saneamiento, servicios sanitarios y cuidados adecuados que les permiten llevar una vida activa y sana” (Comité de Seguridad Alimentaria Mundial 2012 - FAO).

El concepto de Soberanía Alimentaria se discute y define, por primera vez, en la II Conferencia Internacional de La Vía Campesina²⁷, realizada en Tlaxcala, México, en abril de 1996 y fue expuesto en la CMA de 1996. La Soberanía Alimentaria es definida como “el derecho de los pueblos a alimentos sanos y culturalmente adecuados, producidos mediante métodos sostenibles, así como su derecho a definir sus propios sistemas agrícolas y alimentarios. Desarrolla un modelo de producción campesina sostenible que favorece a las comunidades y su medio ambiente. Sitúa las aspiraciones, necesidades y formas de vida de aquellos que producen, distribuyen y consumen los alimentos en el centro de los sistemas alimentarios y de las políticas alimentarias, por delante de las demandas de mercados y empresas. La soberanía alimentaria da prioridad a la producción y consumo local de alimentos. Proporciona a un país el derecho de proteger a sus productores locales de las importaciones baratas y controlar la producción. Garantiza que los derechos de uso y gestión de tierras, territorios, agua, semillas, ganado y biodiversidad estén en manos de quien produce alimentos y no del sector empresarial. Así, la implementación de una auténtica reforma agraria constituye una de las prioridades del movimiento campesino.” (Vía Campesina : 1996). A partir de esta declaración, el concepto de Soberanía Alimentaria ha ido incorporando nuevos elementos en diferentes instancias internacionales de intercambio.

De esta manera, las organizaciones sociales manifiestan que la Soberanía Alimentaria es la vía para erradicar el hambre y la malnutrición y garantizar la Seguridad Alimentaria duradera y sustentable.

El Derecho a estar informados sobre los alimentos que consumimos es uno de los reclamos que se ha visto fortalecido a partir de la construcción del concepto de Soberanía Alimentaria.

3.5.2 Derecho a la información

En nuestro Derecho la Ley 17.250 sobre la Defensa del Consumidor del Poder Legislativo (2000) que ha consagrado expresamente como básico, el derecho de éstos a la información, así como la responsabilidad del proveedor por incumplimiento de la

²⁷ Vía Campesina es una coalición internacional fundada en 1993, que coordina organizaciones de campesinos de todo el mundo, y que articula organizaciones que nuclean a más de 200 millones de personas. Defiende la agricultura sostenible a pequeña escala como un modo de promover la justicia social y la dignidad. Se opone firmemente a los agronegocios y las multinacionales que están destruyendo los pueblos y la naturaleza.

obligación legal de informar. Por lo tanto, esta ley tiene como objetivo regular las relaciones de consumo, protegiendo a quien adquiere o utiliza productos o servicios como destinatario final en una relación de consumo.

El Artículo 6o establece que: “Son derechos básicos de consumidores”:

A) La protección de la vida, la salud y la seguridad contra los riesgos causados por las prácticas en el suministro de productos y servicios considerados peligrosos o nocivos.

B) La educación y divulgación sobre el consumo adecuado de los productos y servicios, la libertad de elegir y el tratamiento igualitario cuando contrate.

C) La información suficiente, clara, veraz, en idioma español sin perjuicio que puedan emplearse además otros idiomas.

D) La protección contra la publicidad engañosa, los métodos coercitivos o desleales en el suministro de productos y servicios y las cláusulas abusivas en los contratos de adhesión, cada uno de ellos dentro de los términos dispuestos en la presente ley.

La información que requiere la ley debe ser la “Suficiente”, “clara”, y “veraz”, lo que implica no ocultar ningún dato que pueda ser relevante. En consonancia con ello, la propia ley proscribida toda falsedad o engaño, ya sea a través de la publicidad comisiva u omisiva. En este último caso, se omite aportar datos relevantes, induciendo en error al consumidor, conducta que la ley tampoco tolera.

El Artículo 17 indica que: “La oferta de productos debe brindar información clara y fácilmente legible sobre sus características, naturaleza, cantidad, calidad -en los términos y oportunidades que correspondan-, composición, garantía, origen del producto, el precio de acuerdo a lo establecido en el artículo 15, los datos necesarios para la correcta conservación y utilización del producto y, según corresponda, el plazo de validez y los riesgos que presente para la salud y seguridad de los consumidores”.

El Artículo 24 prescribe que: “Toda publicidad debe ser transmitida y divulgada de forma tal que el consumidor la identifique como tal. Queda prohibida cualquier publicidad engañosa.

3.5.3 Etiquetado de alimentos que contienen transgénicos

La sensibilización en cuanto a la complejidad de la temática y la democratización de la información al consumidor permite tomar decisiones informadas por parte de los consumidores.

El etiquetado de los alimentos constituye el principal medio de comunicación entre los productores y vendedores de alimentos, por una parte y, por otra, entre compradores y consumidores; la etiqueta reseña de cualquier tipo de producto (alimenticio, farmacéutico, textil, etc.) es elemento esencial en la identidad del producto y un motivador frente a decisiones de consumo. Proporciona los datos necesarios que los consumidores necesitan para tomar las decisiones referentes a su salud.

La etiqueta debe ser vista como uno de los medios de control trascendental de la seguridad alimentaria; debe ser el principal lenguaje de comunicación entre los productores, comercializadores y consumidores de los productos alimentarios. (Carballo et al , 2012).

Desde este marco normativo, la etiqueta de los alimentos es una herramienta de control para hacer efectivo el Derecho a la Alimentación Adecuada.

Para alcanzar la rastreabilidad de transgénicos es necesaria la identificación en toda la cadena productiva y de distribución, de esta manera se podría identificar a los transgénicos en los alimentos que son comercializados sin etiqueta.

En este sentido, en el año 2014, la Junta Departamental de Montevideo aprueba el decreto municipal N° 35.099 que establece en su artículo D.1774.83 que “Los alimentos que han sido manipulados genéticamente o que contienen uno o más ingredientes provenientes de éstos que superen el 1 % del total de cada ingrediente considerado individualmente, deberán ser etiquetados especialmente conforme lo dispuesto en las presentes normas”.

Esta iniciativa se ha replicado en los Departamentos de Lavalleja (noviembre 2015) y Paysandú (Mayo 2016). En Canelones se ha comenzado a recorrer el proceso para hacer posible el etiquetado. Estos decretos son un gran avance en la identificación de alimentos transgénicos o que los contienen por parte de la población.

Un trabajo de investigación realizado por estudiantes y docentes de la Escuela de Nutrición en el marco del curso de Nutrición Poblacional II del Nivel Avanzado de la Licenciatura en Nutrición, tuvo como objetivo investigar los conocimientos acerca de los alimentos que contienen OGM y la opinión sobre la información que brinda el etiquetado, en la población de la ciudad de Montevideo en el período abril-mayo del 2015.

El estudio fue descriptivo de corte transversal y la población de referencia la conformaron 1560 personas, mayores de 18 años que vivían en los 21 barrios de la ciudad de Montevideo representando a todos los Municipios de la capital del país.

Se destacó que un 60,2% eran de sexo femenino y las edades oscilaban entre los 18 a 90 años y la cuarta parte eran adultos jóvenes. Con respecto a la escolaridad el 50,4% de la población no culminó los estudios secundarios y sólo el 9,8% tenían enseñanza universitaria completa. Con referencia al etiquetado de alimentos se encontró que el 30% de los encuestados no lo leía, no haciendo uso de la herramienta que le permite ejercer su derecho a la información. Entre quienes lo leían, la información que se destacó fue la fecha de duración mínima (31,7%), la denominación de venta (marca) (19,7%), la lista de ingredientes (14,8%) y la información nutricional (13,9%).

Otro aspecto importante fue conocer la opinión que tiene la población sobre la información que brinda el etiquetado de alimentos lo lean o no. En este sentido, el 23,7% respondió que no confiaba, el 15% consideraba que no le era útil y el 25,3% que no lo

comprendía. Entre los encuestados que leían el etiquetado, el 90% lo consideraba útil, el 95% confiable y el 85% comprendía la información brindada, sin embargo quienes no leían el etiquetado, casi el 40% no lo consideraba útil ni confiable y el 51,7% no comprendía la información.

En cuanto al concepto de alimento con OGM el 54,5% de los encuestados seleccionó la definición correcta; dicha proporción varió según los municipios, en los de mayor índice de pobreza fue menor (45,5% y 61% respectivamente). Al seleccionar de una lista de alimentos que podrían contener OGM sólo el 6% los identificó correctamente siendo el más mencionado la soja (69,5%). El 57% lo hizo en forma incorrecta; siendo el tomate el alimento mencionado por el 91,3%. El 29% de los encuestados opinó que no existen consecuencias en la salud por el consumo de alimentos con OGM, mientras que un 60% respondió en forma afirmativa. De éstos últimos el 19% no sabe especificar cuáles son los efectos en la salud, 28% respondió que eran efectos negativos sin aclarar el tipo, el 19% respondió que dicho efecto podría ser cáncer, 7,6% alergias y un 7% consecuencias sobre el aparato digestivo (diarreas, vómitos, náuseas). El 63,7% no sabe o no conoce la existencia de la reglamentación del etiquetado de alimentos con OGM pero en cuanto a la opinión sobre la obligatoriedad de etiquetar estos alimentos, el 72% lo consideró necesario. Estos resultados plantean la necesidad de buscar distintas estrategias para lograr que el consumidor tenga información adecuada, clara y suficiente, que garantice el derecho a la información del consumidor, que le permitan decidir sobre la selección de los alimentos y realizar un consumo responsable, confiable y seguro (Britz et al, 2015).

3.6 Algunas reflexiones sobre los efectos en salud de los cultivos transgénicos

- α)* Si bien los transgénicos están presentes en los alimentos consumidos por varias poblaciones en el mundo, no se ha podido acceder a estudios epidemiológicos ni se conoce a nivel mundial el resultado de algún mecanismo de monitoreo implementado para estos alimentos que permitan afirmar la ausencia de efectos adversos sobre la salud.

- β)* El uso de metodologías analíticas de alta procesividad (genómica, transcriptómica, proteómica, metabolómica, etc.) es un aspecto pendiente, a profundizar por los científicos, de modo de poder determinar con mayor profundidad las similitudes y diferencias entre los cultivos tradicionales y los transgénicos, orientando el análisis en relación a los posibles efectos no intencionales.

- χ) Los estudios mencionados, entre otros, sugieren que es necesario ser cauteloso antes de concluir sobre la inocuidad de la ingesta de proteínas *Bt* de forma rutinaria, dado que éstas podrían actuar como fuentes antigénicas y alergénicas y se necesitan más estudios para profundizar acerca de la aparición en sangre de la toxina en humanos y los efectos hematotóxicos. El monitoreo y seguimiento clínico de los individuos expuestos es fundamental para profundizar en la alergenicidad de los productos *Bt*.

- δ) En relación a la toxicidad de los alimentos transgénicos, si bien los escasos estudios a largo plazo realizados hasta el momento han sido controvertidos a nivel de la comunidad científica, los mismos evidencian la necesidad de profundizar y continuar con ésta línea de estudios a largo plazo los cuales deben estar claramente protocolizados.

- ε) Tal como se indica en las guías de organismos internacionales como la FAO, es importante realizar el seguimiento y monitoreo de los alimentos transgénicos liberados al mercado.

- ϕ) Se necesitan un mayor número de estudios completos y a largo plazo, que determinen las diferentes implicaciones que el consumo de OGMs tiene sobre la salud humana y sobre la capacidad e intensidad de la transferencia genética a humanos. Hasta tanto no haya un adecuado número de estudios completos y resultados de la vigilancia epidemiológica que incluya a los transgénicos, no se pueden establecer conclusiones definitivas sobre el riesgo que los OGMs tienen sobre la salud humana.

- γ) A nivel de los consumidores el etiquetado de los alimentos que contengan ingredientes transgénicos es un paso importante, no sólo en relación a los derechos correspondientes, sino también vinculado a aspectos concernientes a la salud. En nuestro país ya se ha avanzado a nivel departamental, pero resta analizar y establecer la medida a nivel de todo el país.

- η) La asociación entre salud y consumo de alimentos es inobjetable y en relación al consumo de alimentos transgénicos, al igual que con todos los otros, nuestra responsabilidad como consumidores es mantenernos atentos e informados procurando realizar elecciones que favorezcan la salud humana y el medio ambiente.

- ι) La trazabilidad de los transgénicos debe establecerse con una identificación en toda la cadena productiva, desde la comercialización de la semilla hasta la identificación en el mercado como alimento o producto para consumo.

- φ) El etiquetado de alimentos transgénicos permitirá la realización de nuevos estudios epidemiológicos en torno al consumo de los mismos y la casuística de enfermedades.

- κ) Hasta el presente no ha existido una política de abordaje de las enfermedades resultantes de la exposición ambiental a los transgénicos. La georeferenciación de los cultivos transgénicos y los plaguicidas utilizados asociado a las prevalencias de enfermedades por zona o región es un tema pendiente.

- λ) Es de gran importancia generar programas de seguimiento y monitoreo de los niveles de residuos de agroquímicos en maíz y soja, previo y post autorización de los eventos transgénicos para estas variedades.

En suma, es prioritario ser cautos en la aceptación de nuevas tecnología que se aplican sobre sistemas biológicos y que pueden tener impactos directos e indirectos, a corto, mediano y largo plazo, sobre la salud. Como pilares para la evaluación es fundamental:

- promover la investigación independiente
- analizar las tecnologías asociadas (uso de plaguicidas)
- implementar el monitoreo y la trazabilidad a nivel de la producción alimentaria y los impactos en la salud de la población.

Capítulo 3: Referencias bibliográficas

- Agapito-Tenfen Sarah Zanon, Guerra Miguel Pedro, Wikmark Odd-Gunnar, and Onofre Nodari Rubens, *Proteome Science* 2013, 11:46; <http://www.proteomesci.com/content/11/1/46>).
- Aguirre, P. (2005): "Contribución para el diseño de una política alimentaria", trabajo realizado en el marco de la Convocatoria de la Universidad Pública a la Sociedad Argentina: El Plan Fénix en vísperas del segundo centenario: una estrategia nacional de desarrollo con equidad, Buenos Aires (Argentina), agosto de 2005. Disponible en: <http://www.econ.uba.ar/planfenix/docnews/III/Políticas%20alimentarias/Aguirre.pdf>
- Álvarez Molinero, N. (1999), "La evolución de los derechos humanos a partir de 1948: hitos más relevantes", en AA.VV., *La Declaración Universal de Derechos Humanos en su Cincuenta Aniversario. Un Estudio Interdisciplinar*, Universidad de Deusto, Bilbao.
- Aris, A; Leblanc, S. (2011). Maternal and fetal exposure to pesticides associated to genetically modified foods in Eastern Townships of Quebec, Canada. *Reprod Toxicol*, 31(4): 528-33. doi: 10.1016/j.reprotox. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21338670>
- Ayyadurai VAS, Deonikar P. Do GMOs Accumulate Formaldehyde and Disrupt Molecular Systems Equilibria? *Systems Biology May Provide Answers. Agricultural Sciences*, 2015, 6, 630-662 Published Online July 2015 in SciRes. <http://www.scirp.org/journal/as>, <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.67062>.
- Bauer-Pankus A y Then C, The Impact of Industry on publicly funded risk research projects on genetically engineered plants. *Testbiotech e.V. Institute for Independent Impact Assessment in Biotechnology. TestBiotech Background 09-11-2015*.
- Benachour, N., & Seralini, G. E. (2009). Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chemical Research in Toxicology*, 22, 97–105.
- Benbrook, C. M. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – The first sixteen years. *Environmental Science Europe*, 24, 24.
- Bernstein L, Bernstein J A, Miller M, et al (1999). *Immune Responses in Farm Workers after Exposure to Bacillus thuringiensis Pesticides*. *Environmental Health Perspectives* * Volume 107, Number 7.
- Bernstein, López-Revilla, R. y Martínez Debat C. (2003) "Riesgos potenciales no previstos de los alimentos transgénicos", en: "El maíz en peligro ante los transgénicos: un análisis integral sobre el caso de México". Elena R. Álvarez-Buylla, Alma Piñeyro (coordinadoras). UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades (CEIICH), Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad (UCCS), México, Eds. 568 p. – (Colección debate y reflexión). ISBN 978-607-02-4705-7. pp.165-185 (Cap. 5) (2013). Accesible en: http://www.uccs.mx/downloads/visit.php?id=file_53201b4246b59.
- Binimelis, R., Pengue, W., & Monterroso, I. (2009). "Transgenic treadmill": Responses to the emergence and spread of glyphosate-resistant johnsongrass in Argentina. *Geoforum*, 40, 623–633.
- Bohn T., Cuhra M., Traavik T., et. al. (2014) Compositional differences in soybeans on the market: Glyphosate accumulates in Roundup Ready GM soybeans. *Food Chemistry*.
- Britz, Mónica; Cauci, Adriana; Fajardo, Gabriela; Muniz, Florencia; Piñeyro, Cecilia. *Estudiantes del Curso Nutrición Poblacional II del Nivel Avanzado de la Lic. en Nutrición. Conocimientos sobre alimentos con OGM y opiniones sobre el etiquetado de la población de Montevideo. Departamento de Nutrición Poblacional. Escuela de Nutrición. Universidad de la República*.
- Burger M., Fernández S., *Exposición al Herbicida Glifosato: Aspectos Clínicos Toxicológicos. Rev. Med. Del Uruguay*, 2004, 20:202-207.
- CAC/GL 44-2003. *Principios para el análisis de riesgos de alimentos obtenidos por medios biotecnológicos modernos*. Adoptados en 2003. Enmiendas en 2008, 2011.

- CAC/GL 45-2003: Codex Alimentarius (2003). *Directrices para la realización de la evaluación de la inocuidad de los alimentos obtenidos de plantas de ADN recombinante*. Adoptado en 2003. Los Anexos II y III han sido adoptados en 2008.
- Carballo Herrera A. R., Villareal Gómez A., del Toro Martínez J. J. 2012. La etiqueta nutricional, política de Seguridad Alimentaria. investigación y desarrollo vol. 20, n° 1 - issn 2011-7574
- Carman JA, Vliieger HR, Ver Steeg LJ, Sneller VE, Robinson GW, Clinch-Jones CA, Haynes JI, Edwards JW (2013). A long-term toxicology study on pigs fed a combined genetically modified (GM) soy and GM maize diet. *Journal of Organic Systems*, 8(1). ISSN 1177-4258.
- Carrasco, Andrés (2013). Presentación en el Seminario “Transgénicos en el Cono Sur”, Facultad de Ciencias Sociales, Montevideo, Uruguay. 2013. Profesor Titular del Laboratorio de Embriología Molecular de la Facultad de Medicina de la UBA, Argentina.
- CEUTA: Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas (2006). *Agrotóxicos en Uruguay: miradas desde los afectados*. Informe 15 de octubre de 2006. Red de ONGs Ambientalistas. DINAMA – MVOTMA.
- Comité de Nutrición de la Sociedad Uruguaya de Pediatría (2004). Guías de alimentación del niño preescolar y escolar. *Arch Pediatr Urug* 2004; 75(2): 159-163. Disponible en internet en: http://www.suc.org.uy/emcc07/Prevencion%20CV%20en%20ninos_archivos/Guias%20de%20alimentacion%20del%20nino%20preescolar%20y%20escolar.pdf [última consulta: 6 de mayo 2016].
- Domingo JL, Bordonaba JG. (2011). A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environment International*. Volume 37, Issue 4, May 2011, Pages 734–742.
- Ermakova I (2005). Influence of genetically modified soya on the birth-weight and survival of rat pups. *Proceedings of the Conference “Epigenetics, Transgenic Plants & Risk Assessment”*. Institute for Applied Ecology (Denmark)
- Fagan, JB (1998). *The Failings of the Principle of Substantial Equivalence*, USA, PSRAST. USA: District Court for the District of Columbia. Alliance for Bio-integrity et al. vs. Donna Shalala et al. Civil Action 98-1300).
- FACTOR GMO estudio a largo plazo sobre un maíz transgénico y su plaguicida asociado . Asociación Nacional de Seguridad Genética con apoyo del Instituto de Investigación de Ecología Humana y Salud Medioambiental del Ministerio de Sanidad de la Federación de Rusia. Fase preparatoria 2014. (<http://factorgmo.com/es/>).
- FAO (Food and Agriculture Organization). (1974) Declaración Universal sobre la Erradicación del Hambre y la Malnutrición. Roma. Disponible en Internet en: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/librev/rev/derhum/cont/60/pr/pr30.pdf> [última consulta: 9 de febrero 2015].
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2004). El estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. La Biotecnología Agrícola ¿una respuesta a las necesidades de los pobres?
- FAO/OMS (Food and Agriculture Organization). (2001). Evaluación de la alergenicidad de los alimentos modificados genéticamente. Informe de una Consulta FAO/OMS de Expertos sobre alergenicidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos 22 – 25 de enero de 2001.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2009). Evaluación de la inocuidad de los alimentos genéticamente modificados. Instrumento para capacitadores. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Disponible en Internet en: <http://www.fao.org/docrep/007/y0820s/y0820s04.htm>
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2006) Las Directrices sobre el Derecho a la Alimentación documentos informativos y estudios de casos. Roma. Disponible en Internet en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0511s/a0511s.pdf> [última consulta: 9 de febrero 2015].
- FAO (2008). Panorama del hambre en América Latina y Caribe. Oficina Regional de FAO para América Latina y El Caribe, Santiago. Disponible en Internet en: www.rlc.fao.org/iniciativa/panorama.htm [última consulta: 27 de junio 2014].

- FAO (2001) Consulta FAO/OMS de expertos sobre alergenicidad de los alimentos obtenidos por medios biotecnológicos. Ginebra, Suiza 22 al 25 de enero de 2001. Disponible en Internet en: <http://www.fao.org/docrep/007/y0820s/y0820s04.htm> [última consulta: 14 de abril de 2016].
- FAO, (2010). Directrices del Código Internacional de conducta para el manejo de plaguicidas. Recuperado en Internet en: <http://www.fao.org/3/a-a0220s.pdf> [última consulta: 14 de abril de 2016].
- Finamore, A.; Roselli, M.; Britti, S.; Monastra, G.; Ambra, R.; Turrini, A.; Mengheri, E. (2008). Intestinal and peripheral immune response to MON810 maize ingestion in weaning and old mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11533-11539. Disponible en Internet en: http://www.giovannimonastra.info/documenti_pdf/Monastra_J_Agr_Food_Chem_2.pdf [última consulta: 14 de abril de 2016].
- Freese W & Schubert D (2004) Safety Testing and Regulation of Genetically Engineered Foods, *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 21:1, 299-324, DOI: 10.1080/02648725.2004.10648060
- Galeano P. Cambios en el modelo agrario y sus consecuencias sobre el territorio. *Plaguicidas Salud y Ambiente, experiencia en Uruguay*. Cap.8.3, 231-246, 2011.
- García Gonzalez, Jaime (2004). El arroz dorado ¿un debate emocional? *Foro Latinoamericano Acta Académica No.34 - Mayo 2004*. Disponible en Internet en: Disponible en Internet en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vHtg0-jeAkoj:www.biologia.ucr.ac.cr/profesores/Garcia%2520Jaime/TRANSGENICOS/ARROZ%2520DORADO.pdf+&cd=4&hl=es-419&ct=clnk&client=firefox-b-ab> [última consulta: 6 de mayo de 2016].
- Guimaraes, V D, Drumare, M F, Ah-Leung, S, et al., (2008). Comparative study of the adjuvanticity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab protein and cholera toxin on allergic sensitisation and elicitation to peanut. *Food and Agricultural Immunology* 19:325-337.
- Guimaraes, V.; Drumare, M.; Lereclus, D.; Gohar, M.; Lamourette, P.; Nevers, M.; Vaisanen- Tunkelrott, M.; Bernard, H.; Guillon, B.; Créminon, C.; Wal J.; Adel-Patient, K. (2010). In vitro digestion of Cry1Ab proteins and analysis of the impact on their immunoreactivity. *J Agric Food Chem*, 58(5): 3222-3231. Disponible en Internet en : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20136083> [última consulta: 25 de marzo 2015].
- GRACE – GMO Risk Assessment and Communication of Evidence. 2015. Conclusions and recommendations on animal feeding trials and alternative approaches and on evidence maps for GMO impact assessment. 30th November 2015.
- IARC. International Agency for Research on Cancer. (2015) Monographs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. 20 March 2015.
- Mezzomo B P, Miranda-Vilel A L, de Souza Freire I, et al. (2013). *Hematotoxicity of Bacillus thuringiensis Spore-crystal Strains Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac or Cry2Aa in Swiss Albino Mice J Hematol Thromb Dis, vol 1, i 1*. ISAA (acceso 04/04/ 2015): <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/executivesummary/>
- Landrigan Philips, Benbrook Charles (2015) *GMO,s Herbicides and Public Health*, *N.Engl.J Med*. 2015,373:693-695, Aug.20, 2015.
- Lujan JL, Todt O., (2008). Ciencia precautoria y la “fabricación de incertidumbre”. *BIBLID* [0495-4548 (2008) 23: 63; pp. 307-317]
- Malatesta M, Caporaloni C, Gavaudan S, Rocchi MBL, Serafini S, Tiberi C, Gazzanelli G (2002). *Ultrastructural Morphometrical and Immunocytochemical Analyses of Hepatocyte Nuclei from Mice Fed on Genetically Modified Soybean*. *Cell Structure and Function* 27:173-180. Japan Society for Cell Biology.
- Martín López, Miguel Ángel. 2006. Reflexiones sobre el contenido del derecho a la alimentación, Seguridad alimentaria y políticas de lucha contra el hambre.

- Mesnage, R., Bernayc, B., Séralini, G.-E. (2012) Ethoxylated adjuvants of glyphosate-based herbicides are active principles of human cell toxicity. Recuperado en abril de 2016 en: <http://gmoseralini.org/wp-content/uploads/2013/02/Mesnageal>
- Mesnage, R.; Clair, E.; Gress, S.; Then, C; Székács, A.; Séralini, G-E. 2012. Cytotoxicity on human cells of Cry1Ab and Cry1Ac Bt insecticidal toxins alone or with a glyphosate-based herbicide. Journal of Applied Toxicology, DOI: 10.1002/jat.2712. Recuperado en abril de 2016 en: <http://www.gmoseralini.org/wp-content/uploads/2012/11/mesnage2011.pdf>
- Mezzomo, B.; Miranda-Vilela, A.; Freire, I.; Barbosa, L.; Portilho, F.; Lavaca, Z.; Grisolia, C. (2013). Hematotoxicity of Bacillus thuringiensis as spore-crystal strains Cry1Aa, Cry1Ab, Cry1Ac or Cry2Aa in swiss albino mice. Journal of Hematology & Thromboembolic Diseases, 1: 104. doi:10.4172/jhtd.1000104. Disponible en Internet en: <http://www.esciencecentral.org/journals/hematotoxicity-ofbacillus-thuringiensis-as-spore-crystal-strains-cry1aa-cry1ab-cry1ac-or-cry2aa-in-swiss-albinomice-2329-8790.1000104.pdf> [última consulta: 25 de marzo 2015].
- MGAP-DIEA, 2010b. Encuesta Agrícola Primavera 2010.-
- Monsanto. Historia de los Herbicidas a base de Glifosato. Noviembre de 2008. <http://www.monsanto.com/global/ar/productos/documents/1-herbicidas-glifosato.pdf>
- Moreno-Fierros, L, Ruiz-Medina, E J, Esquivel, *et al.* (2003). *Intranasal Cry1Ac protoxin is an effective mucosal and systemic carrier and adjuvant of Streptococcus pneumoniae polysaccharides in mice.* Scandinavian Journal of Immunology 57:45-55.
- Moreno-Fierros, I.; García, N.; Gutiérrez, R.; López-Revilla, R.; Vázquez-Padrón, R. (2000). Intranasal, rectal and intraperitoneal immunization with protoxin Cry1Ac from *Bacillus thuringiensis* induces compartmentalized serum, intestinal, vaginal and pulmonary immune responses in Balb/c mice. Microbes and Infection, 2, 2000, 885–890.
- Nodari R.O. (2009). *Calidad de los análisis de riesgo e inseguridad de los transgénicos para la salud ambiental y humana.* Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. Versión impresa ISSN 1726-4634).
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992) Declaración de Río sobre El Medio Ambiente y el Desarrollo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Disponible en Internet en: <http://www19.iadb.org/intal/intalcdi/PE/2012/11109.pdf> [última consulta: 26 de mayo 2016].
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1948). Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH). Disponible en Internet en: <http://www.un.org/es/documents/udhr/> [última consulta: 25 de marzo 2015].
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Derechos Humanos. Oficina del Alto Comisionado por los Derechos Humanos. El derecho a la alimentación adecuada. Folleto informativo N°34. Disponible en internet: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet34sp.pdf> [última consulta: 25 de marzo 2015].
- Organización de las Naciones Unidas (2004). Recopilación de las observaciones generales y recomendaciones generales adoptadas por órganos creados en virtud de tratados de derechos humanos. Disponible en Internet en: [http://www.unhcr.ch/tbs/doc.nsf/0/3e4492f624f618b2c1256d5000565fcc/\\$FILE/G0441305.pdf](http://www.unhcr.ch/tbs/doc.nsf/0/3e4492f624f618b2c1256d5000565fcc/$FILE/G0441305.pdf) [última consulta: 23 julio de 2013].
- Organización de las Naciones Unidas (1966). Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos (PIDCP). Disponible en Internet en: <http://www.cinu.org.mx/onu/documentos/pidcp.htm> [última consulta: 25 de marzo 2015].
- Organización de las Naciones Unidas (1966). Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC). Disponible en Internet en: <http://www.cinu.org.mx/onu/documentos/pidesc.htm> [última consulta: 25 de marzo 2015].

- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), *Safety Evaluation for Foods Derived by Modern Biotechnology: Concepts and Principles*, Paris, OECD, 1993.
- Paganelli, A., Gnazzo, V., Acosta, H., Lopez, S. L., & Carrasco, A. E. (2010). Glyphosatebased herbicides produce teratogenic effects on vertebrates by impairing retinoic acid signaling. *Chemical Research in Toxicology*, 23, 1586–1595.
- Poder Legislativo (2000). Ley No 17.250. Defensa del consumidor. Disponible en Internet en: <http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=17250&Anchor=> [última consulta: 12 de abril de 2013]
- Primer Congreso Nacional de Medixs de Pueblos Fumigados. Facultad de Ciencias Médicas Univ.Nal. de Córdoba, Agosto 2010.
- Ricroch AE , Jean B. Berge´, Marcel Kuntz (2011). Evaluation of Genetically Engineered Crops Using Transcriptomic, Proteomic, and Metabolomic Profiling Techniques. *Plant Physiology* , April 2011, Vol. 155, pp. 1752–1761, www.plantphysiol.org. American Society of Plant Biologists).
- Rojas-Hernandez, S, Rodriguez-Monroy, M A, Lopez-Revilla, R, et al., (2004). *Intranasal coadministration of the Cry1Ac protoxin with amoebal lysates increases protection against Naegleria fowleri meningoencephalitis*. *Infection and Immunity* 72:4368-4375.
- Ricroch AE , Jean B. Berge´, Marcel Kuntz (2011). Evaluation of Genetically Engineered Crops Using Transcriptomic, Proteomic, and Metabolomic Profiling Techniques. *Plant Physiology* , April 2011, Vol. 155, pp. 1752–1761, www.plantphysiol.org. American Society of Plant Biologists)
- Samsel, Anthony; Seneff, Stephanie. (2013) Glyphosate’s Suppression of Cytochrome P450 Enzymes and Amino Acid Biosynthesis by the Gut Microbiome: Pathways to Modern Diseases. Disponible en Internet en: http://www.mdpi.com/1099-4300/15/4/1416?utm_medium=referral&utm_source=pulseneews [última consulta: 17 abril de 2015].
- Seminario Internacional sobre Seguridad Alimentaria y Lucha contra el Hambre. Oficina de Cooperación Internacional de Desarrollo. Diputación de Córdoba Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba Córdoba.
- Universidad Nal. de Rio Cuarto Archivos Argentinos de Pediatría. “Daño genético en niños expuestos a Plaguicidas” ,
- Séralini GE, Clair E, Mesnage R, Gress S, Defarge N et al. (2012) Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem Toxicol* 50: 4221-4231. doi:10.1016/j.fct.2012.08.005. PubMed: 22999595. View Article PubMed/NCBI Google Scholar
- Séralini, G.E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., Defarge, N., Malatesta, M., et al. (2014) Long Term Toxicity of a Roundup Herbicide and a Roundup-Tolerant Genetically Modified Maize. *Environmental Sciences Europe*, 26, 14.
- Séralin GE, Cellier D, Vendomois JS. (2007) *New Analysis of a Rat Feeding Study with a Genetically Modified Maize Reveals Signs of Hepatorenal Toxicity*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. © Springer Science+Business Media, Inc. 10.1007/s00244-006-0149-5.
- Shiva Ayyadurai V. A. & Deonikar P., (2015). “Do GMOs Accumulate Formaldehyde and Disrupt Molecular Systems Equilibria? Systems Biology May Provide Answers”, *Agricultural Sciences*, 2015, 6, 630-662.
- Solari L, Donaires LF, Hija Guerra G, et al. (2011). *Evaluación de los efectos adversos de los alimentos genéticamente modificados en la salud humana: revisión de la literatura científica*. Lima: INS-UNAGESP. (INS, Serie de Notas Técnicas; 2011-3.
- Strada J , Rojas D , Ricca A, et al. (2012). Niveles de residuos de plaguicidas aplicados en campo y almacenamiento en granos de soja. Ediciones INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Reuniones y Congresos; resúmenes de trabajos presentados. ISSN On line 1851-4987

- Székács A., Darvas B. (2012). *Comparative Aspects of Cry Toxin Usage in Insect Control*. Advanced Technologies for Managing Insect Pests. Chapter 10. I.Ishaaya et al. (eds). Doi: 10.1007/978-94-007-4497-4_10, Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Traavik T., Heinemann J. (2007). *Genetic Engineering and Omitted Health Research: Still No Answers to Ageing Questions*. Third World Network. ISBN: 978-983-2729-76-1
- Vázquez-Padrón, R.; Moreno-Fierros, L.; Neri-Bazan, L. *et al.* (1999). Bacillus thuringiensis Cry1Ac protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant. *Scandinavian Journal of Immunology*, 49(6): 578-84.
- Vazquez-Padron, R I, Moreno-Fierros, L, Neri-Bazan, L. *et al.* (1999 b) *Intragastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from Bacillus Thuringiensis induces systemic and mucosal antibody responses in mice*. *Life Sciences* 64:1897-1912.
- Vazquez-Padron, R I, Gonzales-Cabrera, J, Garcia-Toyar, C, *et al.*, (2000). *Cry1Ac protoxin from Bacillus thuringiensis sp. kurstaki HD73 binds to surface proteins in the mouse small intestine*. *Biochem Biophys Res Commun* 271:54-58.
- Vázquez-Padrón, R.; Moreno-Fierros, L.; Neri-Bazán, L. *et al.* (2000 b). Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from Bacillus thuringiensis HD 73 in mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33, 147-155.
- Velimirov A, Binter C, Zentek J. (2008). *Biological effects of transgenic maize NK603xMON810 fed in long term reproduction studies in mice*.
- Walsh, M.; Buzoianu, S.; Gardiner, G.; Rea, M.; Gelencsér, E.; Jánosi, A.; Epstein, M.; Ross, R.; Lawlor, P. (2011). *Fate of transgenic DNA from orally administered Bt MON810 maize and effects on immune response and growth in pigs*. *PLOS ONE*, 6(11): e27177, doi:10.1371/journal.pone.0027177.)
- Zdziarski I.M., Edwards J.W., Carman J.A. *et al.* (2014). *GM crops and the rat digestive tract: A critical review*. *Environment International* 73: 423–433.
- Zobiole, L. H. S., Bonini, E. A., de Oliveira, R. S., *et al.* (2010). *Glyphosate affects lignin content and amino acid production in glyphosateresistant soybean*. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 831–837.

Capítulo 4: Aspectos socio-económicos

Ignacio Narbondo²⁸, Gabriel Oyhantçabal²⁹

A continuación se desarrollan los principales aspectos que han estado en discusión relativos a los impactos socio-económicos de la expansión de los cultivos transgénicos en Uruguay. Vale la pena enfatizar que el abordaje debe considerar necesariamente los impactos de los cultivos transgénicos como parte de un modelo o forma de producción, y no desde una mirada focalizada estrictamente en la tecnología. La propia naturaleza de la tecnología obliga a este abordaje. Las relaciones técnicas a través de las cuales los seres humanos transforman la naturaleza están siempre atravesadas por las relaciones sociales en el marco de las cuales son generadas, difundidas y utilizadas. Los impactos de aquellas solo pueden comprenderse a la luz de estas. Y esto es especialmente así en el caso de los cultivos transgénicos en Uruguay, puesto que su utilización fue una de las principales condiciones de posibilidad para la expansión de la agricultura extensiva, en especial de la soja, en los últimos 13 años.

En este sentido se aborda el impacto de los cultivos transgénicos como una pieza más de un modelo productivo que varios autores han conceptualizado como agronegocio, más allá de que la tecnología en sí misma pueda utilizarse bajo otra forma productiva (por ejemplo un productor familiar lechero que cultiva maíz transgénico).

Gras y Hernández (2013) definen el agronegocio como una nueva modalidad de producción agrícola que superó al modelo de integración agroindustrial dominante en la segunda mitad del siglo XX. LA nueva modalidad tiene su anclaje en un régimen agroalimentario mundial en el que los países del sur se vuelven “plataformas productivas” proveedoras de materias primas para cadenas globales de valor. A su juicio este modelo se asienta en dos pilares fundamentales: la biotecnología y las tecnologías de información y comunicación por un lado, y la reducción de la capacidad reguladora de los Estados nacionales por otro. Según estas autoras las diferencias con el modelo agroindustrial precedente se asientan en que la expansión capitalista reconfiguró toda la estructura agraria a partir de otra lógica de concentración empresarial, donde aparecen centros de producción y distribución de insumos en manos del capital transnacional y nuevas formas de concentración de la tierra pautadas por la territorialización del capital que excluyen, en vez de refuncionalizar, a la producción familiar y desplazan a formas capitalistas locales. De esta forma el agronegocio no refiere ni a un rubro en especial, ni a un tipo de actor particular, sino a un modelo o lógica de producción globalizada que tiene arreglos locales y nacionales específicos. Se

²⁸ Departamento de Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía

²⁹ SCEAM, UdelAR

trata de un modelo productivo que configura una imagen del campo caracterizada por economías de escala, estandarización de la producción, incorporación continua de tecnologías de insumos y uso de trabajo asalariado (Narbondy y Oyhançabal, 2011).

En el caso uruguayo la expansión de los agronegocios no constituye un fenómeno aislado sino que es resultado de la expansión de las relaciones de producción capitalistas en el agro sudamericano. Arbeletche et al. (2012) describe este proceso como la resultante de tres factores que potenciaron la competitividad de la región: el cambio tecnológico que involucra la siembra directa y los organismos genéticamente modificados, el incremento de la demanda mundial de commodities, y el crecimiento en escala de las empresas agrícolas.

La revisión de trabajos que abordaron aspectos socio-económicos asociados a la expansión de los agronegocios se organizó en tres grupos en función de los focos de estudio y las perspectivas asumidas: (1) aquellos que tienen una “mirada optimista” sobre el proceso; (2) aquellos que analizan las transformaciones de la estructura agraria producidas por la expansión de los agronegocios; y (3) los que estudian la economía política de los agronegocios.

4.1. Las miradas optimistas

4.1.1 Optimismo celebratorio: UCUDAL

La visión optimista más difundida sobre la expansión de los agronegocios la expresa el Programa de Agronegocios de la Universidad Católica del Uruguay, espacio desde el cual se desarrollan cursos de posgrado y líneas de investigación orientada al estudio de los agronegocios en Uruguay. Es interesante destacar que el programa cuenta con el apoyo financiero de empresas del mundo del agronegocio gracias a la Ley 18.803 que permite que las empresas que donen recursos a instituciones educativas deduzcan las mismas de sus contribuciones impositivas (Errea et al., 2011)³⁰.

Una de sus primeras publicaciones es el trabajo de Secco y Errea (2008) que aborda los impactos de la intensificación agrícola en las dinámicas migratorias. Allí afirman que el avance de los agronegocios creó oportunidades inéditas para la población rural impulsando cambios en la estructura agraria, la dinámica poblacional, el empleo y los ingresos rurales. Para los autores estos cambios provocaron “un aumento de la proporción de asalariados y una reducción de la participación de la pequeña empresa agropecuaria tradicional” generando “mayores oportunidades y mejores ingresos” para una población rural que migra a los centros poblados donde “las familias tienen mejores oportunidades de educación, cuidado de la salud, comodidades, esparcimiento y acceso

³⁰Las empresas que aportaron recursos a la investigación fueron: Agronegocios del Plata, Agroterra, Barraca Erro, El Tejar, Frigorífico Marfrig, Frigorífico PUL, Frigorífico San Jacinto, Garmet, Interagrovia, ISUSA, Kilafen, Nidera y Shandy. Asimismo contó con el apoyo de Asociación Rural del Uruguay (ARU), Federación Rural del Uruguay (FRU), Cooperativas Agrarias Federadas (CAF) y Federación Uruguaya de Grupos CREA (FUCREA).

a la cultura” siendo que “todo ello implica un mejoramiento de las condiciones de vida rurales y de las oportunidades de desarrollo personal” (Secco y Errea, 2008: 90). Pasando raya, los cambios que la expansión de los agronegocios provocan en la estructura agraria y social del campo, desplazando a la producción familiar e incrementando el número de asalariados, son positivos para la población que habita en el medio rural o en las localidades del interior en la medida que incrementan sus oportunidades de acceso a una vida más digna, no obstante lo cual asumen que el proceso desplaza a la pequeña producción familiar y que presenta mayores dificultades de re-inserción para la población evejecida.

Un siguiente trabajo de mayor profundidad está sintetizado en la publicación “Transformaciones en el agro uruguayo: nuevas instituciones y modelos de organización empresarial” (Errea et al., 2011). En esta publicación abordan los cambios en el sector agropecuario enmarcando los mismos como parte de las tendencias mundiales de reestructuración del sector. En particular destacan cómo en particular la expansión del agronegocio agrícola fue resultado de la combinación, por un lado, de la generación de excelentes condiciones para la producción de granos en 2002, y por otro la expansión territorial de empresas agrícolas argentinas que encontraron en el Uruguay un territorio óptimo para el desarrollo de sus negocios gracias a la maximización de sus ventajas competitivas: conocimiento del negocio, financiamiento no bancario (fideicomisos), manejo del paquete tecnológico y acceso a tierras y fuerza de trabajo calificada.

Destacan que los principales características de la expansión de este modelo han sido: (i) cambios en la estructura agraria tendiente a la concentración; (ii) expansión geográfica y relocalización de las actividades productivas en el territorio; (iii) un intenso proceso de innovación y cambio técnico; (iv) estrategias de “verticalización” y organización en redes de la producción; (v) tendencia a la industrialización de los procesos productivos; (vi) mayor participación de las empresas corporativas; y (vii) afluencia de inversión extranjera directa (Errea et al., 2011).

En materia de impactos socio-económicos sostienen que en las zonas más vinculadas al agronegocio, tanto rurales como pueblos y ciudades, algunos indicadores de bienestar social, tales como mercado de trabajo, confort, vivienda, salud, transporte e ingreso, han evolucionado de forma positiva superando los promedios nacionales. Para este análisis los autores recurrieron a los datos de la Encuesta Continua de Hogares (ECH) y compararon los departamentos de Soriano, Río Negro y Durazno con el total del país, Montevideo y el resto del interior. En el mismo sentido destacan como impacto positivo la evolución del número de trabajadores registrados en la seguridad social en base a datos del Banco de Previsión Social (BPS) (Errea et al., 2011).

4.1.2 Optimismo con reparos: Vasallo (2011)

En una mirada un tanto más global, descriptiva y menos valorativa, Vasallo (2011) analiza los impactos de los agronegocios en el marco de las transformaciones generales de la dinámica intrasectorial del sector agropecuario. Destaca el crecimiento de la forestación

(desde la década de 1990) y de la agricultura extensiva (desde principios de la década del 2000) como los principales motores de los cambios de los últimos 25 años, y señala algunos de sus principales impactos. En primer lugar subraya el efecto dinamizador que han generado estas transformaciones sobre la economía agropecuaria y su entorno, incrementando la productividad, impulsando nuevas actividades, desarrollando nuevos servicios y reactivando centros poblados. Señala especialmente su efecto sobre el mercado de tierras, cuya demanda y precio han crecido exponencialmente de la mano del aumento de los precios internacionales de los productos agropecuarios, todo lo cual se tradujo en una fuerte competencia entre rubros forzando tanto el desplazamiento como la intensificación productiva de la ganadería y la lechería, rubros que han perdido superficie a manos de la agricultura y la forestación.

Identifica a su vez un conjunto de riesgos asociados a estas transformaciones: a) la pérdida de soberanía asociada al proceso de extranjerización de la tierra, asociada al arribo de capitales de distintos orígenes destinados tanto a la compra de tierras como al desarrollo de emprendimientos agropecuarios y agroindustriales; b) los impactos ambientales, especialmente sobre los suelos, asociados al manejo tecnológico predominante en la agricultura extensiva; c) el desplazamiento de la agricultura familiar con escasa capacidad de inversión y adaptación a la dinámica tecnológica, aspecto especialmente relevante en rubros como la lechería y la ganadería que compiten directamente con la expansión de la agricultura; d) el despoblamiento rural que suponen los procesos combinados de extranjerización, concentración y desplazamiento de la producción de menor escala, con sus potenciales consecuencias sociales de largo plazo (desigualdad y marginación).

4.2 Los cambios en la estructura social agraria

Uno de los principales impactos de la expansión del agronegocio ha sido la transformación de la estructura agraria tanto en los territorios predominantemente agrícolas como en el conjunto del territorio nacional, en la medida que la agricultura se expandió a diversos puntos del país sustituyendo rubros y tipos productivos. En este sentido, varios trabajos y diversos autores han estudiado las características de los cambios en la estructura agraria.

Las investigaciones pioneras en esta dirección fueron las de Pedro Arbetche de la Facultad de Agronomía (UdelaR) en conjunto con diversos co-autores. El primer trabajo a destacar es el de Arbetche y Carballo (2006), en el cual identifican dos grandes tipos de productores agrícolas con sus diferenciaciones internas: los “viejos agricultores”, exponentes típicos de la agricultura previa a los cambios de la década del 2000, y los “nuevos agricultores”, grandes empresas en su mayoría de origen argentino, que arribaron al Uruguay atraídas por las buenas condiciones para la inversión en la agricultura, en particular en el cultivo de soja.

Entre los viejos agricultores los autores identifican dos tipos de productores familiares y tres tipos de productores empresariales. Los familiares incluyen por un lado a los

denominados “medianeros chicos”, productores con poca superficie (su superficie media agrícola era de 294 ha en 2000 y de 464 ha en 2009), netamente agrícolas, y que acceden a tierra fundamentalmente bajo la modalidad de medianería. Por otro lado se identifican los “productores agrícolas familiares”, productores también con poca superficie (su superficie media pasó de 71 ha a 216 ha entre 2000 y 2009) que combinan agricultura extensiva con lechería, sea bajo propiedad o bajo arrendamiento (Arbeletche y Gutiérrez, 2010).

Por su parte los agricultores empresariales incluyen tres tipos: (1) “medianeros grandes”, de escala sensiblemente mayor que los medianeros chicos (1.269 ha de superficie promedio agrícola en 2000 y 1.027 ha en 2009), de orientación fuertemente agrícola pero con superficie de pasturas mejoradas destinadas a la ganadería; (2) “empresarios medios agrícola-ganaderos”, que manejan la mayor parte de su tierra en propiedad, su principal actividad es la ganadería que combinan con la agricultura extensiva, y manejaban una escala agrícola media de 156 ha en el año 2000 y 370 en 2009; (3) “empresarios grandes agrícola-ganaderos”, que combinan agricultura (rubro que ocupa más del 30% de la superficie de esos sistemas) con ganadería de carne y ovinos, y controlaban una superficie agrícola promedio de 1.872 ha en 2000 y 3.380 ha en 2009 en propiedad y arrendamiento en proporciones similares (Arbeletche y Gutiérrez, 2010).

El otro gran grupo identificado por Arbeletche y Carballo (2006) son los nuevos actores empresariales que llegaron de la mano de la expansión de la soja. Entre 2000 y 2009 los “nuevos agricultores” pasaron de no existir a representar el 15% de los productores y a controlar el 57% de la superficie de cultivos agrícolas. Su principal rubro es el cultivo de soja, en el que controlan la mayor parte de la superficie al punto que en 2009 el 1% de los agricultores (12 empresas) controlaba el 35% de la superficie (Arbeletche y Gutiérrez, 2010). Estas empresas llegaron fruto de su expansión territorial (por lo general están presentes en toda la región) y en particular fueron atraídas por las facilidades tributarias, el menor precio de la tierra en comparación con Argentina y el buen “clima de negocios”, que se suman a las buenas condiciones agroecológicas (suelos, régimen hídrico y clima) y de infraestructura (silos, caminería, puertos de embarque cercanos, etcétera) que ofrece Uruguay (Oyhantcabal y Narbondo, 2011).

Entre los nuevos agricultores Arbeletche y Carballo (2006) identifican tres tipos, entre los que destacan los “gerenciadores agrícolas”³¹, grandes empresas cuyas principales características son: operación en grandes superficies con economías de escala, la posesión de escaso o nulo activo fijo, la canalización de fondos de inversión de distintos orígenes, la expansión de su superficie a través de arrendamientos con contratos de corto plazo y/o medianería, la combinación de secuencias de agricultura continua con alta presencia de soja, el desarrollo de la totalidad de las operaciones técnicas mediante

³¹Varias de estas empresas son conocidas como “pools de siembra”: sociedades de inversores (fondos de inversión o fideicomisos) que tienen como objetivo valorizarse aumentando la escala productiva. Se definen como un sistema de producción agraria dinamizado por el capital financiero que se basa en el arrendamiento de grandes extensiones de tierra; la contratación de equipos de siembra, fumigación, cosecha y transporte; la gestión a cargo de equipos profesionales; la toma de seguros contra eventos climáticos y la operación en mercados de futuros (Oyhantcabal y Narbondo, 2011).

contratación de servicios de maquinaria e insumos, el desarrollo de los cultivos en función de planes de producción previamente establecidos, y la reducción de riesgos diversificando geográficamente las siembras. Los otros dos tipos que identifican entre los nuevos agricultores son: los “agricultores muy grandes con ganadería como complemento”, caracterizados por presentar mayores inversiones en activo fijo, utilizar tierras de su propiedad y combinar en sus establecimientos áreas de agricultura continua (sin fase de pasturas) con ganadería en zonas marginales; y los “medianeros de agricultura continua”, que llegaron al Uruguay masivamente a partir del “boom agrícola”, accediendo a tierra a través de arrendamientos y medianerías, desarrollando sistemas de soja continua.

Como es evidente, en un país donde la frontera agrícola está totalmente ocupada desde finales del siglo XIX, la irrupción de nuevos actores en la estructura agraria produjo importantes transformaciones en la fisonomía del agro uruguayo. Así los viejos agricultores, en la tipología de Arbeletche y Carballo (2006), redujeron su participación tanto en la superficie total como en el número de productores. Los más afectados fueron los productores agrícolas familiares que redujeron su participación tanto en términos absolutos como relativos, al punto que alrededor de 600 agricultores familiares abandonaron la producción entre 2000 y 2009, pasando de representar el 15% al 6% del área agrícola (Arbeletche y Gutiérrez, 2010).

En un trabajo posterior Arbeletche (2010) resume los principales impactos socio-económicos de la intensificación agrícola a nivel de los sistemas de producción, la generación de empleo, la concentración productiva, la tercerización de las labores y los efectos en el precio de la tierra. A nivel de los sistemas de producción destaca, retomando trabajos previos, cómo la expansión e intensificación agrícola fue dinamizada por los “nuevos agricultores”, en particular por los que en su tipología denomina “gerenciadores agrícolas”. La contrapartida del avance de estos sistemas de producción fue por un lado el incremento de la concentración de la producción, medida a través del índice de Gini, y por otro lado el desplazamiento de otros sistemas productivos. En particular el autor identifica tres tipos de situaciones: en primer lugar los productores medianeros que producían en campos ajenos, que en general abandonaron la producción, se reconvirtieron en prestadores de servicios o se desplazaron a otras zonas del país; en segundo lugar los productores que tenían campos en propiedad con algo de medianería que tendieron a perder los campos en medianería, vendieron y/o arrendaron sus campos agrícolas en caso de estar endeudados quedándose solamente con el área ganadera; y finalmente las sociedades familiares con campo propio, que tienden a disolverse ante la posibilidad de arrendar y/o vender sus campos a los nuevos agricultores.

Con respecto al empleo, Arbeletche (2010) señala que en términos cuantitativos hay un incremento neto de 609 empleos producto de la expansión agrícola, que estima considerando que la agricultura genera 3 empleos cada 1000 hectáreas, al tiempo que en términos cualitativos hay una mejora con respecto a las condiciones de trabajo y el salario percibido. También destaca el incremento del empleo asociado al desarrollo de las empresas de servicios que se expandieron fuertemente asociadas al avance de la

agricultura como parte de la estrategia de descentralización empresarial que impulsan los grandes agricultores. Por último, destaca como impacto socio-económico la suba del precio de compra-venta y arrendamiento de la tierra como resultado de la mayor demanda de tierras.

El tipo de efectos provocados en los productores presentes antes del “boom agrícola” fue estudiada en detalle por Santos et al. (2012). Estos autores identificaron tres tendencias claramente diferenciadas según tipo de productor: (1) el acoplamiento a la nueva dinámica agrícola, comportamiento característico de los “viejos agricultores” de tipo empresarial; (2) el desplazamiento de la actividad que se realizaba; y (3) la exclusión del acceso a los medios de producción, lo que lleva a la exclusión directa de la actividad agropecuaria en algunos casos, o al cambio de la inserción en el sistema productivo a través de la venta de la fuerza de trabajo.

El acoplamiento a la nueva dinámica agrícola es el proceso que han atravesado la mayoría de los “viejos agricultores” de tipo empresarial, fundamentalmente los empresarios agrícola-ganaderos medios y grandes que se han mantenido en la actividad agrícola y no han cambiado sustancialmente en número, e incluso han tendido a incrementar su superficie agrícola total y el promedio por empresa (Santos et al., 2012).

El desplazamiento, por su parte, ocurre a distintos niveles de profundidad y en diferentes direcciones según el tipo de productor y tiende a focalizarse entre aquellos de tipo familiar dentro de la agricultura extensiva y en otros rubros, principalmente la lechería y la apicultura. Lo que caracteriza este proceso es el desplazamiento del productor del rubro y/o del territorio que ocupaba hacia otros rubros, territorios y/o actividades productivas, pero que no supone un proceso de proletarización en el cual el trabajador es separado de los medios de producción y subsistencia. De esta forma no se trata de un proceso que necesariamente afecta las condiciones de reproducción social de los sujetos sino que el impacto es diferencial y depende fundamentalmente del tipo de re-inserción en la actividad económica que propicia la intensificación de la agricultura (Santos et al., 2012). Así en base a un trabajo de Arbeletche y Carballo (2008) que analiza los motivos del abandono de la actividad agrícola directa, los autores distinguen dos tipos de desplazamiento: uno con reinserción en el complejo agrícola, que afectó a productores familiares de la agricultura extensiva, y el desplazamiento con reducción de escala que sufrieron pequeños productores familiares de rubros que compiten por tierras con la agricultura.

Entre desplazados y reinsertos en el complejo agrícola distinguen a su vez dos situaciones: los medianeros y los propietarios. Los primeros perdieron la tierra al no poder competir por la renta con los grandes agricultores, o porque el campo que arrendaban fue vendido. Tuvieron como principales estrategias de re-inserción la creación de empresas de servicios agrícolas (principalmente de cosecha y siembra), muchas veces financiadas por las mismas empresas que los contratan, y la migración productiva hacia tierras menos fértiles (Arbeletche y Carballo, 2008). Por su parte los propietarios, producto de deudas y/o del alto precio de la tierra, vendieron una parte o todo el campo y se reubicaron en zonas ganaderas, o arrendaron el área agrícola del

campo. Este tipo social asume una modalidad particular de arrendamiento que puede ser caracterizada como medianería en las situaciones donde tercerizan la producción a un gerenciador agrícola que se encarga de todas las operaciones del cultivo y paga un porcentaje según la producción al propietario. En estos tipos la principal fuente de ingresos pasó a ser la renta de la tierra con destino agrícola, que puede ser complementada con ingresos de la ganadería si se mantienen en la producción y/o de la venta de servicios de maquinaria a los arrendatarios/gerenciadores. En estos casos el desplazamiento implica una reinserción en la agricultura, ahora como socios de las grandes empresas capitalistas del sector, ya sea como rentistas o como prestadores de servicios (Santos et al., 2012).

A otro nivel de desplazamiento se encuentran los productores que se vieron obligados a reducir su escala en rubros que compiten por tierras con la agricultura. La creciente demanda por tierras provocada por la expansión agrícola supuso incrementos significativos de su precio, tanto de compra-venta como de arrendamiento. Es el caso concreto de la lechería que entre 2002/03 y 2009/10 redujo su superficie en 130.000 ha. En una situación similar se encuentra la apicultura, aunque en este rubro el desplazamiento territorial es generado por los altos índices de mortandad de colmenas que provoca la aplicación masiva de agrotóxicos en la agricultura y por la afectación de los servicios ecosistémicos necesarios para la producción apícola, obligando a los apicultores a migrar hacia territorios menos afectados por las fumigaciones y la pérdida de ecosistemas (Ríos et al, 2010).

La tercer tendencia que identifican Santos et al. (2012) es la exclusión del sector, modalidad que afectó a aquellos productores que son separados de los medios de producción y subsistencia, y que se re-insertan en la actividad económica como asalariados. La exclusión afectó fundamentalmente a algunas camadas de medianeros chicos o propietarios de tierra previamente endeudados que, ante la expansión de los arrendamientos y el aumento significativo del precio de la tierra, vendieron su capital y/o su tierra, saldaron las deudas y abandonaron la actividad agropecuaria (Arbeletche y Carballo, 2008). Este grupo incluye a productores familiares lecheros arrendatarios en la zona agrícola, a productores familiares ganaderos arrendatarios en zonas tradicionalmente no agrícolas hacia las que se ha expandido esta actividad, como el centro y este del Uruguay, y finalmente los apicultores sin condiciones para migrar territorialmente que debieron abandonar la producción.

Finalmente hay que destacar las investigaciones que abordan los cambios acaecidos en la relación capital-trabajo asociadas a la expansión de los agronegocios. Esta es quizás la dimensión que menos “depende” de los OGMs, en tanto las transformaciones ocurridas en las formas de explotación de la fuerza de trabajo tienen que ver con las formas que ha adquirido el capitalismo en los albores del siglo XXI, más allá de los arreglos tecnológicos más concretos. Se trata del artículo de Carámbula y Piñeiro (2006), las tesis Fernández (2012) y Figueredo (2012), cuyos resultados se encuentran sintetizados en Carámbula et al. (2013). Estos últimos señalan, estudiando los casos de la forestación y la agricultura, que en Uruguay se asiste a un proceso de consolidación de intermediarios en la relación capital-trabajo, resultado de la actual etapa de expansión capitalista en el

sector agropecuario, figura que paulatinamente asume la forma de empresa de servicios que facilita la valorización de capital en tanto permite usos óptimos de la fuerza de trabajo y la maquinaria. Es una forma concreta de externalizar la fuerza de trabajo, que ya no depende de la empresa madre (la dueña del capital y, según el caso, la tierra) en tanto esta descentraliza las tareas en empresas de servicios reduciendo costos y flexibilizando el proceso de producción. Del otro polo, el trabajo asalariado queda sujeto a situaciones de mayor vulnerabilidad, que en el caso de la agricultura de secano Figueredo (2012) conceptualiza como “precariedad encubierta”, asociados a la zafralidad laboral, los procesos de migración inter-departamental, la ausencia de actividad sindical, la prolongación de la jornada laboral (de hasta 16 horas en zafra) y la productividad como criterio central de remuneración salarial.

4.3 La economía política de los OGMs: la expansión de las relaciones sociales capitalistas en el campo

Finalmente en un tercer grupo de trabajos podemos ubicar aquellos que estudian la economía política de los agronegocios o, en otras palabras, analizan este modelo productivo como parte de la expansión de las relaciones sociales de producción capitalistas en el sector agropecuario. Destacamos en particular los trabajos en los que participaron los autores de este capítulo (Blum et al., 2008; Narbono y Oyhantçabal 2011 y 2013; Oyhantçabal y Narbono 2012 y 2014³²; Santos et al., 2012; Soutullo et al., 2013).

En su último trabajo sobre el tema Oyhantçabal y Narbono (2014), resumen y actualizan sus investigaciones sobre la expansión del agronegocio sojero en Uruguay. En el mismo identifican como sus principales impactos socio-económicos el subsidio ecológico, la expulsión de pequeños capitalistas y productores familiares y la tendencia a la concentración de la producción, la tierra y la riqueza.

En el caso del subsidio ecológico, el mismo aparece como una consecuencia de la tendencia a la agricultura continua con abandono de la rotación con pasturas y con alta frecuencia de soja en las secuencias de cultivos, la que supone un alto riesgo de erosión y degradación de los suelos. Como aproximación al impacto económico de este deterioro, los autores estimaron el costo ambiental que provoca la sojización en el suelo a través de la metodología del balance aparente de nutrientes³³ entre las zafras 2005/06 y 2009/10, en función de la extracción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y los aportes por fertilización y fijación biológica de nitrógeno. El resultado del balance arrojó déficits sostenidos tanto para ambos nutrientes en las zafras analizadas. En el caso del Nitrógeno

³²Los trabajos de Narbono y Oyhantçabal, más allá del orden de aparición de los autores, fueron elaborados en estricta co-autoría.

³³Se trata de una metodología que calcula la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el tiempo y el espacio. Se le denomina balance aparente porque no considera las transformaciones de los nutrientes en el sistema suelo-planta, ni las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión, ni los ingresos por deposiciones atmosféricas (Ciampiti y García 2008; Ernst et al. 2012); citados por Oyhantçabal y Narbono 2012).

el déficit en el total del área va desde 32.219 toneladas hasta 101.430 toneladas. Reponer el déficit con fertilizante urea hubiera supuesto entre 45,2 US\$/ha y 87,3 US\$/ha según el año. Para el área total de soja el costo hubiera variado entre US\$ 13,6 millones y US\$ 48,9 millones. En el caso del fósforo el déficit fue menor, y osciló entre 1,4 y 5,5 kg/ha, que representó, para la totalidad del área en cada zafra, entre 909 y 9970 toneladas por año. La eventual reposición de ese déficit con fertilizante 7-40-0 varió entre 2,8 y 15,3 US\$/ha, lo que equivale a un monto que va de US\$ 0,9 millones a US\$ 11,5 millones (Oyhantçabal y Narbondo, 2012).

En cuanto a la distribución de la riqueza los autores señalan que en el caso de la soja se redujo el peso de la masa salarial, que cayó desde un 8% del PBI de la soja en 2005/06, a un 5% en 2008/09. Estimaciones sobre la distribución de la riqueza apropiada en la producción de soja con datos de la zafra 2009/10 muestran que la riqueza apropiada en la fase agrícola del complejo sojero se distribuyó en un 55,8% en medios de producción (insumos y maquinaria) y 44,2% en trabajo nuevo. Del trabajo nuevo, 95,9% (US\$ 275 millones) es excedente apropiado por las diversas fracciones del capital, los terratenientes y el Estado, y 4,1% (US\$ 12 millones) remunera al trabajo generador de valor. Del excedente, la mayor apropiación se da por la clase terrateniente que en esa zafra embolsó US\$ 135 millones (47% del valor nuevo), seguido por el capital productivo (el agronegocio propiamente dicho) con US\$ 84 millones (29,2%), el Estado, que se apropia vía impositiva de US\$ 31 millones (10,7%), y el capital dinerario con US\$ 26 millones (8,9%) (Oyhantçabal y Narbondo, 2014).

Este proceso concentrador de la riqueza tiene su evidente correlato en la tendencia a la concentración y extranjerización de la tierra, lo que no es más que una expresión nacional de un fenómeno que ha adquirido relevancia mundial y se conoce como acaparamiento de tierras o *land grabbing* por su expresión en inglés (Borras et al. 2011, Rulli et al. 2012).

En la agricultura esta tendencia se ha procesado con gran intensidad en los últimos años. Los agricultores con más de 1000 hectáreas han pasado de controlar una escasa proporción de la superficie de chacra en 2000/01 a controlar casi el 75% en 2009/10 (800.000 hectáreas del 1.100.000 hectáreas de chacra). Datos de Arbeletche y Gutiérrez (2010) estiman que el Índice de Gini para la distribución de tierra en la agricultura pasó de 0,596 en 2002 a 0,728 en 2007, lo que refleja lo acelerado del proceso concentrador. En el cultivo de soja la concentración es igual de intensa. En 2007 el Índice de Gini era de 0,73 (Arbeletche y Gutiérrez, 2010), en tanto que en el mismo año 1% de los sojeros manejaban el 37% del área sembrada (Arbeletche y Carballo, 2008).

La presión sobre la tierra, dinamizada por los agronegocios, elevó de forma significativa su precio, lo que no es más que la manifestación del incremento de la renta de la tierra derivada de su carácter monopólico y heterogéneo. El incremento de la renta ha traído como principales consecuencias, por un lado, la emergencia de un nuevo tipo social, el "rentista", es decir aquel productor que, atraído por los altos precios, decide colocar sus tierras en arrendamiento para que sean explotadas por las grandes empresas sojeras, y por otro la agudización de la competencia por tierra en un contexto de fuertes

desigualdades en la distribución de este recurso (Oyhantçabal y Narbondo, 2014).

El proceso de concentración de la tierra es la otra cara de los cambios en la estructura agraria antes reseñados. Así, la expansión de los agronegocios en general, y de la soja transgénica en particular, desplaza a las unidades de producción de menor escala por problemas de competencia lo que está asociado a un proceso de diferenciación social que en lugar de proletarizar a los desplazados (tendencia típica en el Uruguay de 1961 a 2002) los tiende a convertir en rentistas y/o en pequeños capitalistas prestadores de servicios. Este fenómeno está directamente vinculado al hecho de que la propiedad privada de la tierra en Uruguay alcanzó todo el territorio nacional con el alambramiento de los campos hacia finales del siglo XIX. De esta forma, el proceso de centralización de la producción siempre aparece mediado por relaciones mercantiles, de compra/venta o arrendamiento de la tierra, mediante el cual el capital agrario transfiere plusvalor a los propietarios de la tierra. Esta situación tiene dos implicaciones centrales: consolida una fracción de la clase capitalista que vive de la renta de la tierra y, consecuencia de esto, explica la ausencia de conflictos entre los “nuevos” y los “viejos” agricultores. Se configura de esta forma una situación con importantes diferencias con los procesos de expansión agrícola en territorios donde no está consolidada la propiedad privada de la tierra, como es el caso del Noreste argentino o de la Amazonia brasilera, donde esta expansión supone la expulsión violenta de los habitantes (campesinos e indígenas), recreando un proceso de acumulación originaria continuada (Santos et al., 2012).

Por último importa destacar la investigación de Soutullo et al. (2013) que aborda desde una perspectiva interdisciplinaria los impactos socio-ambientales de la expansión agrícola en el departamento de Soriano en el período 2000-2011. Entre sus principales conclusiones a nivel de los impactos en la calidad de vida, trabajando con indicadores de la Encuesta Continua de Hogares del INE, señalan que el proceso de expansión agrícola en Soriano no ha estado asociado a una mejora generalizada en las condiciones de vida, dado que la mayoría de los indicadores evaluados a nivel departamental presentaron tendencias temporales que no se diferenciaron de lo observado a escala nacional. En otras palabras, no hay indicios de una evolución diferencial positiva asociada a la mayor presencia de agricultura en dicho departamento. De todas formas, identificaron algunos impactos positivos asociados a aspectos económicos y laborales, sobre todo entre los sectores más vinculados a la producción agrícola. Esta conclusión difiere de las conclusiones de Errea et al. (2011) antes reseñadas, que los autores asocian a tres factores: (1) la ausencia de análisis estadísticos en las tendencias temporales de las variables, (2) que sólo comparan dos momentos en el tiempo y no se consideran los valores absolutos de los indicadores, y (3) que asumen que el comportamiento de los indicadores se explica linealmente por el crecimiento económico, cuando la evolución de los indicadores lo único que demuestra es el grado de asociación entre dos variables, no causalidad directa.

En otro nivel, Soutullo et al. (2013) tampoco detectaron un aumento neto de los trabajadores en el sector agropecuario a nivel departamental, aunque sí ocurrió un fuerte proceso de formalización (registro en el BPS), acompañando una tendencia general de la economía.

Capítulo 4: Referencias bibliográficas

- Arbeletche, P. y Carballo, C. 2006. Sojización y concentración de la agricultura uruguaya. En XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola Córdoba, Argentina.
- Arbeletche, P. y Carballo, C. 2008. La expansión agrícola en Uruguay: alguna de sus principales consecuencias. En XXXIX Congreso de la Asociación Argentina de Economía Agrícola y Segundo Congreso Regional de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay.
- Arbeletche, P. 2010. Impactos socio-económicos de la expansión agrícola. En: AA.VV. Intensificación Agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Artículo 2: Fondo Universitario para la comprensión pública de temas de interés general. Montevideo, CSIC-UdelaR. pp. 111-126.
- Arbeletche, P. y Gutiérrez, G. 2010. Crecimiento de la agricultura en Uruguay: exclusión social o integración económica en redes. Pampa. 6: 113-138.
- Arbeletche, P.; Coppola, M. y Paladino, C. 2012. Análisis del agro-negocio como forma de gestión empresarial en América del Sur: el caso uruguayo. *Agrociencia* 16 (1): 110-119.
- Blum, A.; Narbondo, I.; Oyhantçabal, G. y Sancho, D. 2008. Soja transgénica y sus impactos en Uruguay. La nueva colonización. Rapal, Montevideo, 196p.
- Borras, S.; Franco, J.; Kay, C. y Spoor, M. 2011. El acaparamiento de tierras en América Latina y el Caribe visto desde una perspectiva internacional más amplia. Roma: FAO.
- Carámbula, M. y Piñeiro, D. 2006. Forestación en Uruguay: cambios demográficos y empleo en tres localidades. *Revista Agrociencia*, 10 (2): 63-75.
- Carámbula, M.; Figueredo, S. y Bianco, M. 2013. Resolviendo las necesidades del capital : del intermediario laboral a la empresa de servicios agrícolas. *Revista de Ciencias Sociales*, DS-FCS, 26 (32): 35-52.
- Errea, E.; Peyrou, J.; Secco, J. y Soutom G. 2011. Transformaciones en el agro uruguayo. Nuevas instituciones y modelos de organización empresarial. Montevideo, Universidad Católica Montevideo. 207 p.
- Fernández, E. 2012. Tercerización laboral en el Uruguay: el contratista rural. Tesis para obtener el título de magíster en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.
- Figueredo, S. 2012. Intermediación laboral y organización del trabajo en el contexto de expansión agrícola uruguayo. Tesis para obtener el título de magíster en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Montevideo.
- Gras, C. Hernández V. 2013. Los pilares del modelo agribusiness y sus estilos empresariales. En: Gras y Hernández (Coord) *El agro como negocio: producción, sociedad y territorios en la globalización*. Buenos Aires: Biblos Sociedad. pp. 17-46.
- Narbondo, I. y Oyhantçabal, G. 2011. Radiografía del agronegocio sojero. Datos actualizados a 2010. Montevideo: REDES-AT.
- Narbondo, I. y Oyhantçabal, G. 2013. El Agronegocio y la expansión del capitalismo en el campo uruguayo. *Rebela*. 2 (3): 409-425.
- Oyhantçabal, G. y Narbondo, I. 2012. Valorización del balance de N y P de la soja en Uruguay. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 19: 54-64.
- Oyhantçabal, G. y Narbondo, I. 2014. Radiografía del agronegocio sojero uruguayo. *Alter-nativa*. 1 (1): 78-107.
- Rulli, M. C.; Savioli, A. y D' Odorico, P. 2012. Global land and water grabbing. *PNAS*. 110 (3): 892-897.
- Santos, C.; Oyhantçabal, G. y Narbondo, I. 2012. La expansión del agronegocio agrícola en Uruguay: impactos, disputas y discursos. En: Congreso 2012 de la Asociación de Estudios Latinoamericanos,

San Francisco, California, del 24 al 26 de mayo de 2012.

- Secco, J. y Errea, E. 2008. Las tendencias de las cadenas agroindustriales y los efectos sobre el empleo, la demografía y las migraciones. En: Calvo y Mieres (Ed.) Sur, migración y después. Propuestas concretas de políticas de población en el Uruguay, RUMBOS-UNFPA, Montevideo.
- Soutullo, A.; Oyhantcabal, G.; Santos, C.; Nin, M.; Arbeletche, P.; Achkar, M.; Faccio, C. y Brazeiro, A. 2013. Impactos socioambientales de la expansión agrícola en Uruguay: una mirada interdisciplinaria al proceso de "sojización". En: Cambios de estado en ecosistemas degradados e impactos sobre los servicios ambientales. Red CYTED N° 410RT0621. Editorial: Buenos Aires.
- Vasallo, M. 2011. Capítulo 10: Conclusiones e interpretación. En: Dinámica y competencia intrasectorial en el agro. 2011. Vasallo, M. (Editor). Universidad de la República. Montevideo.

Análisis de entrevistas a actores clave

Victoria Evia Bertullo³⁴, Patricia Artia

Introducción

Este informe se propone aportar insumos para la comprensión de los cultivos transgénicos en Uruguay a partir de un análisis cualitativo de entrevistas realizadas a actores claves relacionados con este problema. Se parte de la premisa analítica de que la tecnología no es un artefacto neutro sino que cuando el contexto social cambia, las tecnologías tienen distintos efectos, consecuencias y significados (Arza, V, et al 2011) y por ello para tener una comprensión más amplia del problema es importante considerar las perspectivas de actores que se desempeñen en distintos contextos sociales.

Los entrevistados fueron seleccionados a partir de dos talleres del equipo multidisciplinario que ha integrado el proyecto “Cultivos transgénicos en Uruguay.

Aportes para su comprensión desde un abordaje multidisciplinario.” el cual incluye bioquímicos, médicos, ingenieros agrónomos nutricionistas y antropólogos. Tomando como antecedente trabajos que abordan problemáticas sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad nacionales y regionales (Alzugaray et al 2011, Arza et al 2012, Chiape et al. 2011) se consideraron cuatro tipos de actores a ser incluidos: actores del sector productivo, actores estatales, actores del sector I+D (Investigación y Desarrollo) y otros actores afectados por el problema. Se buscó seleccionar representantes de institucionales y de la sociedad civil relevantes en el contexto de la discusión sobre los cultivos transgénicos en Uruguay y que pudieran expresar la postura de la institución u organización que integraban.

Dentro de los actores del sector productivos se distinguen tres subtipos: Industria alimenticia (Cdor. Alejandro Veira, representante de la CIALI), pequeños productores (Sr. Christophe Letiere presidente de la asociación de exportadores de miel, Ing. Agr. Gustavo Cabrera, representante de la Comisión Nacional de Fomento Rural -CNFR-, el Ing. Agr. Alberto Gómez técnico de la Red de agroecología -si bien la red incluye tanto productores agroecológicos como consumidores en la entrevista se priorizó el aporte desde la visión del sector productivo- y el Sr. Guillermo Zanetti, apicultor de la regional este de la Sociedad Apícola del Uruguay) y del sector agroindustrial (el Ing. Agr. Andrés Arotxarena por la Cámara Uruguaya de Semillas, CUS).

Entre los actores estatales se distinguen dos niveles: nivel de gobierno nacional (la Dra. Carmen Ciganda Directora la división de salud ambiental y ocupacional del MSP, el Ing.

³⁴ Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UdelAR

Quim. Alejandro Nario Director de la División Nacial de Medio Ambiente del MVOTMA y el Dr. Faroppa y su equipo de la Institución Nacional de Derechos Humanos. Del nivel municipal se entrevistó al Lic Pablo Anzalone, Director de Salud de la Intendencia de Montevideo -IM- en período 2010 - 2015. Se había previsto entrevistar al Ing. Agr. Benech y al Ing. Agr. Bertoni del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca pero por problemas de agenda no nos concedieron las entrevistas.

Del área de I+D (Investigación y desarrollo) se entrevistó a investigadores de las siguientes áreas: Dra. Martha Chiappe de Ciencias sociales agrarias (FAGRO, UdelaR), Dra. Clara Pritch del área de Genética vegetal (FAGRO, UdelaR), Dra. Leda Roche del área de Biología molecular de la Facultad de Medicina (UdelaR), Dr. Gregory Randall (ex Prorector de investigación de la CSIC, UdelaR) y al Ing. Marco Dalla Rizza del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIA. Entre los otros actores afectados por el problema se entrevistó a Inés Gallzerano, representante de la Asociación Barrial de Consumo (ASOBACO), grupo de consumidores orgánicos de la ciudad de Montevideo y Ciudad de la Costa y al Sr. Marcelo Fagúndez, del colectivo Tierra para todos de Guichón, Paysandú.

Los distintos entrevistados manejaban saberes diferentes en relación a los cultivos transgénicos según su formación, tipo de vínculo con los mismos y el tipo de actividades a las que se dedican. Siguiendo a Menéndez (2009) se entiende que cada sociedad según sus condiciones religiosas, étnicas, económico/políticas, técnicas y científicas han dado lugar al desarrollo de formas y saberes diferenciados, que pueden apelar a formas de conocimiento tanto científicas como populares y que si bien suelen ser considerados antagónicos, pueden coexistir no solo en una misma sociedad sino aún en los propios sujetos.

Encontramos entre nuestros entrevistados saberes técnicos y empíricos y vínculos con la problemática a partir de actividades de consumo, productivas, de desarrollo e investigación en áreas como las ciencias sociales, la biología molecular, la ingeniería genética o las políticas científicas así como tareas de implementación y diseño de políticas públicas. Partimos de la premisa de que los distintos saberes respecto de la problemática son valiosos y es necesario tenerlos en cuenta para un debate plural sobre la misma.

Metodología

Se realizaron en total 17 entrevistas semi estructuradas. De los entrevistados 12 fueron hombres y 5 mujeres. La gran mayoría de las entrevistas fueron registradas con grabador digital con consentimiento de los entrevistados y desgrabadas para su análisis. En tres casos por motivos de agenda de los entrevistados no fue posible concertar la entrevista personalmente y las preguntas y respuestas fueron enviadas por escrito (lo cual reconocemos disminuye la riqueza de las respuestas). Las entrevistas fueron concertadas, la realizadas y desgrabadas por la Dra. Patricia Artía. El tratamiento y análisis de la información fue realizado por la Mag. Victoria Evia.

El análisis y tratamiento de los datos fue realizado siguiendo la metodología de la teoría fundamentada (Emerson et.al1995; Straus y Corbin 1998; Auberbach y Siverstein 2003) y con apoyo del software NVIVO (trial version). Se realizó la codificación de las entrevistas, siguiendo el procedimiento establecido por esta metodología que implica en una primer fase la revisión de todo el material y la selección de texto relevante (Auberbach y Siverstein 2003). Luego se identifican las categorías que emergen de los materiales empíricos, en este caso las entrevistas, como ideas relevantes (Straus y Corbin 1998, Auberbach y Siverstein 2003). Mediante este procedimiento se buscan categorías inductivas del tipo emic (Goodenoug 1970, Straus y Corbin 1998, Auberbach y Siverstein 2003). Luego de identificar las ideas repetidas en todo el corpus las mismas se agrupan en temas y luego en constructos teóricos mediante los cuales el investigador, apoyado en la bibliografía de referencia en el área y en lo que emerge del material empírico procura dar sentido (explicar) el material analizado.

Controversia

El problema abordado: "Los cultivos transgénicos en Uruguay" se reconoce como polémico por la gran mayoría de los entrevistados. Afirmamos que los transgénicos en general, y en el caso de Uruguay pueden ser entendidos como un tema de controversia socio-científica.

De manera general, entendemos por controversia socio-científica un asunto de opinión científico y/o tecnológico en el cual existe discrepancia entre los diversos actores y fuerzas sociales que participan en el proceso. Este tipo de dilemas tienen en su base nociones científicas pero que además se relacionan con otros campos: sociales, éticos, políticos y ambientales (Díaz Moreno y Jiménez 2011).

Se destacan tres dimensiones de la controversia que emergen de las entrevistas a los distintos actores: una serie de temas que fueron identificados como controversiales en relación a los cultivos transgénicos, el papel atribuido a la tecnología y el papel atribuido a la ciencia en la controversia.

Los temas que se identifican como problemáticos en la controversia son:

- Existe incertidumbre en relación al impacto de los cultivos transgénicos en la **salud humana**. Mencionamos este aspecto en primer lugar ya que fue señalado por todos los tipos de actores considerados: productivos, estatales, I+D y otros afectados por la problemática (consumidores y vecinos de zonas donde se producen cultivos transgénicos. La incertidumbre respecto de los efectos de los cultivos transgénicos se dividen en dos grandes áreas: consumo de alimentos y efectos de los plaguicidas de uso agropecuario asociados al paquete técnico productivo en la salud humana.
- En relación a los **alimentos transgénicos** hay dos problemas, por un lado, si contienen más residuos de plaguicidas que los alimentos "convencionales" debido al sistema técnico productivo asociado a su producción o no (esto varía según se trate de Soja o Maiz) y por otro, lado si el transgen es nocivo para la salud o no. Otro aspecto que amplía

este punto de controversia es que el mismo se sitúa en la discusión más amplia modelos de producción de alimentos en el mundo, que incluye la discusión sobre la posibilidad de sistemas agrícolas más sustentables (agricultura agroecológica).

- En relación a los **plaguicidas de uso agropecuario** (también denominados por los entrevistados como agrotóxicos), mientras que representantes del sector agroindustrial postulan que los mismos no están asociados necesariamente a la producción de cultivos transgénicos sino que son parte de un sistema de producción más amplio, representantes del sector estatal, de pequeños productores y vecinos y consumidores asocian a los "agrotóxicos" que son utilizados en los cultivos principalmente de soja transgénica con afectación a la salud humana debido tanto a fumigaciones de poblaciones, residuos en alimentos así como derivas principalmente a cursos de agua.

- El problema de la **posibilidad de coexistencia** de sistemas productivos de cultivos transgénicos con cultivos no transgénicos y/o agroecológicos es colocado en el debate tanto por parte de actores del sector productivo (tanto agroindustrial como por pequeños productores) así como por actores del sector I+D. La cuestión que se plantea es si es posible la coexistencia, cuáles son las reglamentaciones y distancias necesarias entre sistemas productivos para que fuera posible la coexistencia de dichos sistemas sin afectar el derecho del más débil (pequeños productores, especialmente productores agroecológicos y apicultores) y qué papel debe jugar el Estado en relación a este punto. Este aspecto se complejiza aún más si consideramos que desde el área de la ingeniería genética, se plantea que en la actualidad es poco lo que se sabe sobre la recombinación recombinación legítima e ilegítima en plantas, y de los procesos de inestabilidad genómica.

- Otro dos aspecto colocado fundamentalmente por actores del sector I+D y de pequeños productores es la posible **afectación ambiental** que estos sistemas productivos implican, especialmente en términos de pérdida de biodiversidad y afectación a las matrices de suelo y agua principalmente.

- Por último, tanto por actores estatales, productivos y de I+D se señala una **dimensión ética** en el diseño, uso y control de las tecnologías y el riesgo que las mismas implican.

Este último punto se conecta directamente con el papel que le es atribuido a la tecnología en la controversia. Esta tecnología es descrita por los entrevistados con adjetivos como "poderosa", "incierta", "riesgosa", "inédita" y son esas características las que, para muchos, hacen necesario la discusión informada sobre la misma.

En este sentido, rescatamos las palabras de uno de los entrevistados *"Cualquier instrumento tan poderoso como la ingeniería genética tiene que estar sometido a procesos y a debates que democratizen las decisiones, que permitan que las decisiones se hagan conociendo los riesgos, conociendo los beneficios, estableciendo las posibilidades. No son procesos naturales y obvios de un desarrollo económico-científico."* (Entrevistado sector estatal).

La idea de riesgo implica vivir con la certeza de la posibilidad del accidente. Este tipo de posturas se pueden ubicar dentro de lo que Lujan y López Cerezo (2003)

denominan como “teorías de las catástrofes normales” de la tecnología. Para esta corriente, los modernos sistemas tecnológicos tienen dos características que conducen a catástrofes normales: las interacciones complejas y las interacciones rígidas entre sus elementos, debido a lo cual las garantías de que todo funcione como se espera nunca son completas. En este sentido, los riesgos se presentarían como características constitutivas de los sistemas sociotécnicos. Frente a situaciones de incertidumbre tecnológica se ha propuesto el principio de precaución como guía para la elaboración de políticas públicas que regulen el riesgo tecnológico. “La mayoría de formulaciones del principio de precaución coinciden en definirlo como una demanda de acción protectora hacia el entorno o la salud pública, incluso cuando no haya evidencia científica fuerte para establecer una relación entre causa y efectos.” (López Cerezo 2003:57). La incertidumbre nos ubica frente a la pregunta de cómo nuestro país (o no) discutiendo sobre qué riesgos se quieren asumir como sociedad, quiénes participan de esos sistemas de toma de decisiones, qué mecanismos institucionales existen y cuáles pueden imaginarse.

En la mayoría de los entrevistados encontramos la noción de que ante la incertidumbre o falta de información conclusiva sobre ciertos problemas es necesaria más investigación científica, lo cual coloca ciertas expectativas sobre el papel de la ciencia en la controversia. Esta investigación debería ser “neutral” e independiente. Se destaca especialmente la importancia de la independencia de los financiamientos de la investigación de intereses empresariales o corporativos. En términos de uno de los entrevistados:

“(…)digamos, neutrales, no interesados, porque muchas de las informaciones que hay, si bien son de universidades o de investigadores que están dentro de universidades muchas veces son financiadas por las propias empresas de transgénicos, o sea que tiene un sesgo que es positivo para ellos. O sea que tiene que haber seguridad que es investigación neutra” (Entrevistado Sector Productivo, pequeños productores)

La idea de neutralidad de la ciencia va acompañada en ciertos casos de una expectativa de que sería mediante el conocimiento científico que debiera saldarse el debate. *“Creo que no hemos juntado las puntas de las cosas. Unos hablan de una cosa, otros de otra. Entonces cada uno habla de lo que siente, es muy válido y me parece extraordinario. Pero creo que la academia debe crear esa comunidad científica. Estamos de acuerdo o no estamos de acuerdo, y bueno, salimos empatados. Entonces bueno, se acabó la historia. O no, son buenos o no, son malos, son malos por esto...”* (Entrevistado Sector Productivo, sector agroindustrial).

Sin embargo, justamente uno de los problemas que se pone en juego en los casos de controversia socio-científica es que el campo del debate trasciende lo estrictamente técnico y se ponen en juego principios y valores sociales, prioridades, juicios éticos y morales y por lo tanto no puede saldarse simplemente mediante un juicio técnico sino que tienen que promoverse espacios de diálogos plurales y en condiciones de equidad para la participación de los distintos actores implicados.

Impactos positivos y negativos de los cultivos transgénicos en Uruguay identificados por los entrevistados

Al analizar las valoraciones y sentidos dados a los cultivos transgénicos en nuestro país por los entrevistados es importante establecer una distinción que la mayoría de ellos realizaron entre los "transgénicos en si" y el "paquete tecnológico" asociado a dichos cultivos.

Esta distinción se basa en la idea de que los cultivos transgénicos no son simplemente una tecnología aislada sino que son desarrollados mediante un "paquete tecnológico". En los términos en que este es entendido por la mayoría de los entrevistados del sector productivo, I+D, estatal y afectados nos referimos a dos aspectos: las prácticas técnicas y productivas asociadas a estos sistemas productivos así como las relaciones de producción establecidos por los mismos.

"Está claro que lo que hoy decimos transgénico está atado también a un modelo que es de siembra directa, uso de glifosato; y quienes te proveen de esos insumos, también hay atrás un complejo industrial que es el que empuja eso."
(Entrevistado sector productivo).

Desde el equipo de investigadores que desarrollamos la presente investigación entendemos que es necesario abordar la problemática desde una perspectiva que relacione ambos aspectos del problema y por tanto es importante señalar estas dos dimensiones del problema, ya que dicha distinción también lo era para nuestros informantes.

Se clasificarán los impactos positivos y negativos, distinguiendo cuando corresponda los que refieren al "paquete tecnológico" y los que refieren a los "transgénicos en si", pero teniendo en cuenta que ambos forman parte del mismo fenómeno de la realidad. Los tipos de impactos identificados varían según la perspectiva de los actores, por lo cual se aclarará por qué tipo de actor fue identificado cada uno.

Impactos positivos:

Ambientales

Para el sector agroindustrial el paquete tecnológico asociado a la producción de cultivos transgénicos tiene impactos ambientales positivos, especialmente en relación al sistema de siembra directa (en oposición al laboreo convencional) y la mejora de propiedades físico químicas del suelo y al menor uso de plaguicidas en los transgénicos BT.

Socio- económico-productivos

Para actores del sector agroindustrial y actores estatales el principal impacto positivo es que la expansión agrícola se vincula directamente con el crecimiento económico del país gracias al incremento de las exportaciones, crecimiento del producto bruto y la mejora de la actividad económica en el interior del país. En relación a los empleos generados el representante de la CUS afirma que "el empleo generó entre el 2013 y el 2014, según la elasticidad que hay entre producto y demanda de trabajo unos 25000 y 28000 puestos de trabajo nuevo." Esta expansión, afirma, no hubiese sido posible sin el "paquete tecnológico" asociado a este sistema productivo, especialmente la posibilidad de siembra directa. "Se estima que más o menos -por año- la venta de OGM a nivel nacional ocupa un 3.3% del PBI anual lo cual sin duda es algo que un país como Uruguay que netamente vive de productos agrícolas es importante promover el desarrollo." (Sector agroindustrial).

Salud y alimentación

Para los actores vinculados a la industria alimentaria, gracias a los transgénicos "el mundo ha podido comer, ha podido exportar, ha podido trabajar más, a través de transgénicos como la berenjena, el algodón. Maíz y soja por supuesto."

No se identifican impactos positivos en las áreas de salud en relación a los cultivos transgénicos, aunque sí se menciona la potencialidad de la tecnología de los transgénicos en desarrollos vinculados con el área de las ciencias de la salud y alimentación.

Impactos negativos:

Ambientales

Se identifican por la gran mayoría de los actores entrevistados impactos ambientales: uniformización de los paisajes, empobrecimiento ecológico y pérdida de diversidad en flora nativa y fauna nativa (Pequeños productores y consumidoras); mal uso del suelo y consecuencias como compactación o encostramiento, erosión (sector productivo, I+D, actores estatales); pérdida de campo natural (CNFR), contaminación de aguas superficiales y subterráneas que también ha afectado (al menos en ciertos momentos con consecuencias visibles) el agua para consumo humano tanto en el medio rural como en las ciudades (CNFR, I+D, sector estatal). Técnicos estatales y que asesoran a organizaciones de productores destacan también los problemas con plaguicidas en poblaciones y cursos de agua, además de que se han encontrado ejemplos de desarrollo de resistencias en malezas lo cual puede suponer el uso de plaguicidas aún más potentes como el 24D.

Socio- económico-productivos

Para los productores apícolas, desde el punto de vista del paquete tecnológico, la muerte de colmenas debido a los plaguicidas de uso agropecuario es una de las principales preocupaciones, llegando a temer algunos por la posibilidad de supervivencia del sector. Sin embargo que reconocen que el problema con plaguicidas no se limita a los cultivos transgénicos. Otro gran problema que han tenido directamente relacionados con los cultivos transgénicos es que se han encontrado trazas de polen transgénico en la miel, lo cual les ha ocasionado problemas ya que deben realizar costosos estudios para la exportación de la miel (especialmente a Alemania) y les ha impedido continuar con un programa de certificación de miel orgánica.

"Nuestra empresa también tiene un programa de miel orgánica, ahí nos complica muchísimo, en ese sentido, bueno, todos los análisis, prácticamente el 99% daban presencia de transgénicos en Uruguay, y eso ha impedido que el programa pueda seguir normalmente; tuvimos hasta 35 apicultores ahora nos quedan 6, por esa razón nada más, de los transgénicos. Desde ese punto de vista ha sido un problema para seguir un programa que le agrega valor a la miel." (Apicultor)

Otro sector que ha sido afectado negativamente son los productores hortícolas que han iniciado un camino de transición de su producción hacia un modelo que implique menos utilización de insumos o que incluso llegan a proponerse una certificación como productores orgánicos ya debido a las posibles derivas de plaguicidas que, "(...) te plantean que en algunos casos sus derechos son avasallados porque ellos deciden sobre lo que ellos pueden producir en sus predios pero después hay un entorno que los invade y que no les permite tomar un camino propio y una opción propia de poder producir sin contaminación." (Representante CNFR). Otro aspecto que ha afectado a la producción agroecológica (o en vías de) es la contaminación del maíz convencional con maíz transgénico.

En relación a la semilla transgénica, actores del sector académico señalan que una dimensión importante a considerar es la pérdida de autonomía de los productores en la selección y conservación de la semilla de ciclo al siguiente, ocasionando mayor dependencia de los productores de insumos externos (Sector I+D).

Otro rubro que se menciona como afectado negativamente es, en el caso de Guichón, es el del eco turismo ya que en dicha zona existen regiones de paisajes de interés natural y cultural que estarían siendo afectados por este tipo de producción (Representante agrupación "Tierra para todos").

Algunos actores académicos así como vecinos organizados plantean que este modelo productivo no genera un beneficio para toda la sociedad, sino que por el contrario contribuye a concentrar la riqueza en las manos de unos pocos. Tanto el avance del monocultivo de la soja como el de la industria forestal son visualizados como factores que han contribuido al despoblamiento de la campaña. *"Desde nuestro punto de vista no tiene positivo, si le ven las multinacionales nosotros vemos que concentra tierra, la ganancia va para unos pocos, se ve al agua y a la tierra como una mercancía, afecta el suelo." (Representante del colectivo "Tierra para todos")*

Salud y alimentación

El principal impacto negativo del modelo productivo que está asociado a los cultivos transgénicos por pequeños productores, actores del área de I+D e incluso con actores estatales son los plaguicidas de uso agropecuario o "agrotóxicos" (como son nombrados por la mayoría de los entrevistados).

Si bien se reconoce que el uso de plaguicidas agropecuarios no es exclusivo de los cultivos transgénicos, sí se señala un mayor uso de estas sustancias y sobre todo la incertidumbre respecto a los residuos en alimentos así como una especial preocupación por la afectación a los cursos de agua debido a la deriva. La preocupación por los residuos de plaguicidas en alimentos es expresada por actores de todos los tiempos (productivos, estatales, I+D) pero es especialmente resaltada por los consumidores. En relación a que la manipulación genética de los alimentos tengan consecuencias en la salud humana, los entrevistados del sector I+D o bien no se expresan respecto al tema o bien afirman que no consideran que hay daño en ese nivel.

Otro aspecto preocupante en relación a la intensificación en el uso de plaguicidas son los casos de exposiciones tóxicas en personas (vecinos, niños en escuelas) debido a malas prácticas en el proceso de aplicación de los productos ("fumigaciones") sobre personas, terrenos de uso doméstico y/o productivo y cursos de agua. En algunos casos los afectados han realizado denuncias ante los entes del estado competentes.

Como explica la directora de la División Salud Ambiental y Ocupacional del MSP hay tres principales formas de exposición a plaguicidas: los casos de los trabajadores que manipulan los mismos (fraccionamiento y aplicación), población que vive en zonas donde se encuentran estos sistemas productivos y la exposición que puede tener toda la población a partir del consumo de alimentos que contengan residuos de plaguicidas.

Los casos que se han evidenciado como más relevantes en relación al problema de los cultivos transgénicos hasta el momento son los dos primeros: *"Los trabajadores que directamente manipulan, fraccionan, aplican. Que trabajan con plaguicidas, es una población altamente vulnerable porque está directamente expuesta al producto eso es un caso que tenemos sí denuncias. Luego tenemos las comunidades circundantes que viven cerca de las zonas donde se están produciendo productos agrícolas, por lo tanto la forma de aplicación aérea o terrestre tenemos denuncias cada vez más porque se aplica lindero a sus viviendas, porque se aplica lindero a aguas, porque se aplica sobre centros poblados, sobre escuelas. (...) sienten afectación a su salud. Fundamentalmente los síntomas que nos reportan son: el olor, la presencia en el ambiente, la irritación ocular, broncoespasmo, tos, alteraciones de la piel, que en realidad es como una alergia, podría ser dada por el sol, por otro alimento, fotosensibilidad pero también es producida por el contacto directamente del plaguicida con la piel entonces esas son las denuncias que hemos tenido."* (Directora División de Salud Ambiental y Ocupacional)

Sin embargo, como señala el representante del grupo "Tierra para todos", el problema no está circunscrito al medio rural o a poblaciones concretas ya que la afectación a los cursos de agua podría impactar a toda la población urbana y rural.

"Con las fumigaciones mas concretamente nosotros desde el 2011 empezamos a denunciar las fumigaciones aéreas, cuando el avión andaba arriba del pueblo, el olor en ese momento todavía se utilizaba el Endosulfar. (...) Vemos nosotros porque vivimos en una localidad de 5000 habitantes vemos, advertimos y nos llama la atención en periodo de fumigación muchos vecinos con problemas respiratorios, con problemas que los médicos los detectan y también algo mas grave que también lo advertimos que es la perdida de embarazo en vecinas de la localidad. (...) y quizá ahora como hace un año llegó a Montevideo el problema del agua, pero nosotros desde el 2011 que estamos viendo que de alguna manera se están viendo afectadas las comunidades por la fumigaciones con agro tóxicos."

Por último, mencionamos las potencialidades esperadas respecto de los cultivos transgénicos, se destaca por parte de actores estatales y del ámbito de I+D que la expectativa de que estas tecnologías puedan levantar restricciones productivas referidas a sequía y resistencias a enfermedades así como que constituyan un aporte a la salud y alimentación humanas. En relación a la salud se refieren desarrollos de medicamentos y vacunas y en relación a la alimentación las posibilidades de desarrollar alimentos mejorados. *"(...) las posibilidades enormes que se abren si la sociedad pudiera usar estas tecnologías para fines beneficiosos, por ejemplo hay un arroz dorado se llama que es un arroz que está enriquecido en un nutriente, en una vitamina. Que lo están usando en una población que está carenciada en esa vitamina. Eso es un ejemplo, es decir cómo podríamos usar realmente esta tecnología para solucionar los problemas de la alimentación, de la salud."* (Sector I+D)

Cuadro 1: Síntesis de impactos positivos y negativos de los cultivos transgénicos en Uruguay según entrevistas a actores clave

DIMENSIÓN	IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS
<i>Ambiental</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Protección del suelo (siembra directa) ● Menor uso de plaguicidas (Cultivos Bt) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Uniformización de los paisajes ●●● Empobrecimiento ecológico y pérdida de biodiversidad ●●● Degradación del suelo (agricultura continua) ● Pérdida de campo natural ●●● Contaminación de aguas superficiales y subterráneas ●● Problemas en el uso de plaguicidas y resistencia de malezas
<i>Socio-económica y productiva</i>	<ul style="list-style-type: none"> ●● Crecimiento económico ●● Incremento de las exportaciones ●● Generación de empleo ●● Aumento de la superficie bajo cultivo ● Mejora de la actividad económica en el interior del país ●●● Potencialidad de desarrollar variedades con mayor tolerancia a sequías, inundaciones, heladas y otros factores ambientales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Muerte de colmenas y trazas de polen transgénico en miel ● Afectación a la producción agroecológica o en transición (plaguicidas y contaminación de maíz) ●● Pérdida de autonomía de gestión de la semilla ●● Coexistencia de diversas formas de producción cuestionada ● Eco-turismo ●●● Concentración de la riqueza
<i>Salud y alimentación</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de la producción de alimentos ●●● Potencialidad de desarrollar alimentos enriquecidos nutricionalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> ●●● Intensificación en el uso de plaguicidas ●●● Residuos de plaguicidas en alimentos ●● Exposiciones tóxicas de trabajadores y vecinos de zonas agrícolas por malas prácticas

● PRODUCTIVO
 ● ESTADO
 ● ACADEMIA
 ● SOCIEDAD CIVIL

Significados en torno al etiquetado de alimentos transgénicos

En Uruguay el uso de transgénicos se encuentra regulado por normas específicas, siendo el Gabinete Nacional de Bioseguridad la estructura orgánica a través de la cual se canalizan las solicitudes de autorización. A nivel departamental, La Junta Departamental de Montevideo, aprobó en 2013 y 2014 los Decretos N° 34.901 y 35.099 respectivamente que establecen el etiquetado obligatorio de alimentos transgénicos. Más de 500 Productos fueron declarados hasta octubre de 2015 ante el Servicio de Regulación Alimentaria y continúan presentándose otros (IM 2015).

Se indagó con los entrevistados su postura en relación al etiquetado de alimentos que contienen OGM y se encontraron dos grandes posturas.

A la primera la denominamos como “etiquetar, pero con cuidado” y a la segunda “etiquetado como derecho”. La primera postura es detentada principalmente por los representantes de la industria alimentaria y del sector agroindustrial. La postura del “etiquetado como derecho” fue manifestada por pequeños productores y técnicos asesores, consumidores y vecinos de zonas afectadas, actores estatales y actores del sector de I+D.

La postura de “**etiquetar, pero con cuidado**” parte del supuesto de que la “gente común” no tiene información sobre los alimentos transgénicos o que la información que tiene es errónea, lo cual implica una actitud de miedo a priori al enfrentarse con una etiqueta cuyo significado desconoce. Asimismo, critican las características de diseño de la etiqueta vigente (T negra en triángulo amarillo y negro) ya que la misma tiene connotaciones semánticas de peligro, asociada a cartelera de avisos de advertencia. Desde esta perspectiva, la información sobre alimentos OGM debería incluirse en el recuadro que contiene la información nutricional general de los alimentos. En síntesis, el planteo de estos actores es que la información debe darse “adecuadamente” y de forma “cuidadosa” para no generar efectos indeseados en el comportamiento de los consumidores y de los productores de alimentos.

La postura de “**etiquetado como derecho**” parte del principio de que el consumidor tiene el derecho al manejo de la información. Como en el primer caso, muchos actores que sostienen la idea del “etiquetado como derecho” suponen que los consumidores pueden no tener información sobre los alimentos transgénicos o incluso que la información que manejen sea parcial o errónea. Sin embargo, suponen que el hecho de incluir la etiqueta puede operar como una motivación para que las personas se interroguen sobre el tema. “(...) ¿Por qué se etiqueta? ¿Qué opción tengo?” (Actor estatal). En palabras de la Representante de asociación de consumidores “(...) *es importante el etiquetado para que los que tenemos la información podamos tomar decisiones acordes a nuestros intereses y para que aquellos que no tienen la información comiencen a cuestionarla y reclamarla.*”. Se agrega que los principios de derecho y buen gobierno suponen que la gente tiene derecho a acceder a toda la información (actores

estatales). Por último, tanto desde actores estatales, productivos y consumidores se afirma que el etiquetado debería ser a nivel nacional y no solo municipal.

Por último, encontramos además una tercer postura entre actores del sector I+D que, partiendo del “etiquetado como derecho” sealan la importancia de garantizar la inocuidad de los alimentos y la trazabilidad de los mismos en diversos aspectos, de entre los cuales los alimentos OGM serían sólo una parte.

Referencias

- Alzugaray, S., Mederos, L., & Sutz, J. (2011). La investigación científica contribuyendo a la inclusión social. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 6(17), 11-30.
- Arza, V., Goldberg, L., & Vazquez, C. (2012). Argentina: Difusión del algodón GM e impacto en la rentabilidad de los pequeños productores de la Provincia del Chaco. *Revista de la CEPAL*, (107), 137.
- Aubergach, C. Y Silverstein, S. (2003). *Qualitative Data. An introduction to Coding and analysis*. N.Y: Ney York University Press
- Chiappe, M., Bianco, M., & Almeida, J. (2011). Intereses en disputa en torno a la agrobiotecnología: un análisis comparativo entre Uruguay y el sur de Brasil. *PAMPA*, 1(7), 121-139.
- Díaz Moreno, N., & Jiménez Liso, M. (2011). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 9(1).
- Goodenough, W. (1970). “Describing a culture” en *Description and comparison in cultural anthropology*. Cambridge. The Cambridge University Press
- IM (2015) Informe sobre implementación de los Decretos N° 34.901 y 35.099 sobre etiquetado obligatorio de alimentos transgénicos disponible en: <http://www.montevideo.gub.uy/empresas/regulacion-alimentaria/informe-sobre-etiquetado-obligatorio-de-alimentos-transgenicos> Consultado 12 de marzo de 2016
- Luján, J., & López Cerezo, J. (2003). La dimensión social de la tecnología y el principio de precaución. *Política Y Sociedad*, 40(3), 53.
- Menéndez, E. L. (2009). *De sujetos, saberes y estructuras: Introducción al enfoque relacional en el estudio de la salud colectiva*. Lugar Editorial.
- Strauss, A. Y Corbin, J. (1998) “7 Grounded theory methodology: An Overview” en: Denzin, N. Y Lincoln (eds) *Strategies of qualitative inquiry*. Thoasands Oaks, California, Sage Publications