

ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE EN AMÉRICA. IMPACTOS AMBIENTALES, SANITARIOS Y SOCIOECONÓMICOS DE ESTOS CULTIVOS¹

GENETIC MODIFIED ORGANISMS IN AMERICA. ENVIRONMENTAL, SANITARY AND SOCIOECONOMIC IMPACTS OF THESE CROPS

Ignacio Bachmann Fuentes²

ribachmann@upo.es

Universidad Pablo de Olavide

Sevilla, España

RESUMEN

En este artículo se analizan hechos constatados por investigaciones científicas en el periodo que abarca desde 1996 hasta 2016, sobre los impactos medioambientales, sanitarios y socioeconómicos de los cultivos de Organismos Modificados Genéticamente (OMG). Atendiendo a la historia reciente y a la gravedad de estos riesgos, cabe plantear la necesidad de adoptar medidas para evitar que esta situación, que beneficia a unas pocas empresas y afecta a la gran mayoría de la población de países americanos, se prolongue en el tiempo.

Palabras claves: América, cultivos de OMG, medio ambiente, salud humana y animal, impactos socioeconómicos.

ABSTRACT

In this article are analyzed facts verified by scientific research in the period from 1996 to 2016, about the environmental, health and socioeconomic impacts of Genetically Modified Organisms (GMOs) crops. Considering the recent history and the seriousness of these risks, it should consider the need to take measures to avoid his situation that benefits a few companies and harms most of the population of American countries, it is prolonged in time.

Key words: America, GMO crops, environment, human and animal health, socio-economic impacts.

Introducción

Con la aparición de los primeros cultivos experimentales de Organismos Modificados Genéticamente (OMG) en la década de los ochenta del siglo pasado, se originó un profundo debate en torno a los beneficios y riesgos de algunas aplicaciones de la biotecnología moderna, específicamente, las derivadas de las técnicas de ADN recombinante.

* Artículo recibido el 10 de noviembre de 2016; aceptado el 7 de marzo de 2017.

¹ Este artículo forma parte de una investigación realizada en el marco del postgrado en Derecho Ambiental de las Universidades de Huelva e Internacional de Andalucía, realizada por el autor.

² Máster en Derecho Ambiental; Máster en Filosofía, Ciencia y Valores; Doctor en Derechos Fundamentales y Poderes Públicos. Actualmente profesor interino del Departamento de Derecho Público de la Universidad Pablo de Olavide, impartiendo asignaturas en las áreas de Derecho Administrativo y Filosofía del Derecho.

Por una parte, se ha sostenido que los OMG cuentan con atributos provechosos para la productividad agrícola, tales como: una mayor resistencia a los agentes externos, la obtención de alimentos más nutritivos; beneficios ambientales como mayor rendimiento en menos superficie, la reducción del uso de inputs y la rehabilitación de tierras degradadas mediante la rehabilitación biológica.

A su vez, se publicitaban potenciales utilidades para una mejor conservación de los alimentos, para la producción de biocombustibles y también beneficios para la salud humana mediante la producción de plantas a partir de las cuales pueden obtenerse vacunas, proteínas u otros productos farmacéuticos y la eliminación de genes alergénicos. De hecho, la utilización de estas variedades en las últimas tres décadas ha revolucionado el mercado de la agroindustria.

Por la otra, están quienes rechazan el cultivo, producción y consumo de estas variedades, sobre la base de que no existe un verdadero conocimiento respecto a los posibles efectos que los OMG tienen sobre la salud humana, animal y en el medio ambiente y cuestionan los supuestos atributos de estos productos biotecnológicos.

Las preocupaciones se refieren sobre todo a la imposibilidad de eliminar los riesgos de contaminaciones entre cultivos por posibles polinizaciones cruzadas y a la incertidumbre científica respecto a los efectos de la interacción de OMG con el medio ambiente. Esta preocupación social es mayor en aquellos territorios caracterizados por una importante fragmentación agrícola y por la valorización de los sistemas de producción tradicionales o ecológicos (Urrutia, 2010, p. 136).

Así mismo, íntimamente vinculada al cultivo de los OMG se encuentra la agricultura intensiva, que ha contribuido al aumento de la contaminación ambiental y al cambio del comportamiento de plagas como consecuencia del uso intensivo y generalizado de agrotóxicos, por cuanto la regulación del uso de estas sustancias y la presión social influyeron para que las empresas invirtieran en la generación de OMG. Pero estas innovaciones no resolvieron el problema, entre otras razones, porque el esquema para autorización de uso de OMG es el mismo que el aplicado para los agroquímicos, en cuanto a que son procesos generales y que valoran los impactos en espacios y tiempos limitados (Arriaga y Linares, 2013, p. 40).

A pesar de todas estas objeciones, en las últimas tres décadas se ha experimentado un aumento de los cultivos de OMG a nivel mundial y continental. En el año 1996 se contabilizaban 1,7 millones de hectáreas de cultivos OMG en todo el planeta (ISAAA, 2014, p. 181). En el año 2017, esta cifra fue de 189,8 millones de hectáreas (ISAAA, 2017, p. 3).

De hecho, Estados Unidos, Brasil, Argentina y Canadá son los mayores productores de OMG a nivel mundial. También se encuentran dentro de los diez primeros productores del planeta, Paraguay y Bolivia (ISAA, 2017, p. 8).

Las primeras variedades transgénicas de soja, maíz y algodón estuvieron disponibles en el mercado de Estados Unidos a partir de 1996, año en el cual los agricultores norteamericanos comenzaron a cultivarlas (Fernández y Caswell, 2006, p. 8). Por su parte, Argentina autorizó la comercialización de las primeras variedades de OMG en el año 1995, las que fueron pasadas por contrabando a Brasil y Paraguay, hasta que estos gobiernos las autorizaron entre 2003 y 2005. Durante este periodo, un grupo de empresas transnacionales como Monsanto, Syngenta y DuPont/Pioneer, comenzaron a dominar el mercado de las semillas de soja y de insumos agroquímicos en el continente (Oliveira y Hecht, 2016, p. 254).

En la actualidad, los cultivos de OMG mayormente empleados en el agro americano son: la soja, el maíz, la colza o raps, el algodón, alfalfa y remolacha azucarera. En Estados Unidos se cultivan otras variedades transgénicas, como la papaya y el chayote.

Tabla 1

Superficie (millones de hectáreas) y cultivos en América

País	1996	2010	2016	Cultivos
Estados Unidos	1,5	66,8	72,9	Maíz, soja, algodón, colza, alfalfa, papaya, remolacha, chayote
Brasil	Sin datos	25,4	49,1	Soja, maíz, algodón
Argentina	0,1	22,9	23,8	Soja, maíz, algodón
Canadá	0,1	8,8	11,6	Colza, maíz, soja, remolacha
Paraguay	Sin datos	2,6	3,6	Soja, maíz, algodón
Bolivia	Sin datos	0,9	1,2	Soja
Uruguay	Sin datos	1,1	1,3	Soja, maíz
México	0,05	0,1	0,1	Algodón, soja
Colombia	Sin datos	0,05	0,1	Algodón, maíz
Chile	Sin datos	0,05	0,05	Maíz, soja, colza
Honduras	Sin datos	0,05	0,05	Maíz
Costa Rica	Sin datos	0,05	0,05	Algodón, soja

Fuente: ISAAA, 1997, 2010, 2016.

Esta expansión fue promovida por las empresas de la agroindustria -y secundada por los Estados- mediante un discurso lleno de promesas que conjugaba una serie de beneficios tales como el progreso agrícola, el crecimiento económico, desarrollo científico-tecnológico, etc. (Folguera, Carrizo y Massarini, 2014, p. 103). Todo ello respaldado por las cuantiosas ganancias del sector agroindustrial, que sólo en el año 2016, ascendieron a las siguientes cantidades (en millones de dólares estadounidenses): Estados Unidos, \$7.300.000.000; Brasil, \$3.800.000.000; Argentina, \$2.100.000.000; Canadá, \$820.000.000 (ISAAA, 2017, p. 8).

A su vez, la estrategia argumentativa de las empresas abordaba otros aspectos que en algún momento fueron cuestionados, como la negación de la incertidumbre y de los riesgos que estos cultivos conllevan, la autoridad del conocimiento científico y tecnológico por ellos promovido, una visión economicista de relación humano-naturaleza, rechazo a la intervención estatal o la obtención de beneficios sin conflicto, entre otros (Folguera, Carrizo y Massarini, 2014, p. 103).

Por otra parte, el discurso que promocionaba esta tecnología a nivel global daba a entender que la intervención del Estado ya sea regulando, restringiendo o prohibiendo la utilización de estos cultivos, constituía una traba a la innovación científica (Holm y Harris, 1999, p. 398). Mientras tanto, la información sobre los efectos nocivos que estos cultivos fueron causando sobre el medio ambiente, la salud humana y animal, así como los impactos socioeconómicos derivados de este modelo, no han sido objeto de la misma atención por parte de las Administraciones Públicas ni por la Academia.

Junto a la poca cobertura que se le da a este tipo de informaciones, se ha emprendido una campaña mediante la cual se desacredita el carácter científico de las evidencias que existen en la actualidad, que en su mayoría provienen de investigaciones independientes (Ewen y Pusztai 1999; Quist y Chapela, 2001; Séralini *et al.*, 2012).³ A su vez, al existir una gran variedad de grupos que se oponen al uso de esta tecnología, también existe una amplia gama de argumentos en contra, entre los cuales existen algunos extremadamente emocionales o de conservacionistas ambientales (Tastsakis *et al.*, 2017, p. 4), circunstancia que ha sido utilizada por parte de los defensores para descalificar de forma general a los opositores.

Pero los riesgos no solo amenazan al medio ambiente y la salud humana y animal, sino que también trascienden de los aspectos propiamente biológicos, puesto que como se verá en el desarrollo de este artículo, la problemática engloba aspectos geográficos, culturales, sociales y económicos. Por ello, a fin de conocer el verdadero alcance y gravedad de los potenciales riesgos que se derivan de los cultivos de OMG, el objetivo de este trabajo es revisar y analizar las experiencias documentadas en la historia reciente de América.

Riesgos derivados de los OMG. Impactos sobre el medio ambiente y la biodiversidad

A continuación, se realizará un análisis de los riesgos derivados del cultivo y consumo de estos organismos, que han sido constatados y estudiados principalmente en los distintos países de América, sin perjuicio de otras experiencias acaecidas en otros continentes, que serán aludidas a modo complementario. Como podrá apreciarse, los hechos documentados y sus circunstancias, los daños se extienden a una dimensión socioeconómica, lo que aporta una mayor complejidad a la cuestión.

A pesar de que los debates sobre los riesgos se han concentrado principalmente en torno al uso de alimentos y piensos modificados genéticamente y sus efectos sobre la salud humana, existen otros efectos relacionados con la perturbación de la biodiversidad y los ecosistemas, que han sido objeto de un menor número estudios (Tastsakis *et al.*, 2017, p. 11). Estos riesgos, también llamados ecológicos, son aquellos que derivan de la interacción de los OMG con otros organismos convencionales:

Erosión genética.

Se entiende por erosión genética el proceso de pérdida de variabilidad genética, la que puede afectar tanto a especies animales terrestres o acuáticos, como a vegetales y a microorganismos. La principal causa de erosión genética es la imposición de la uniformidad, tanto biológica como cultural (González Gutiérrez, 2007, p. 161). Uno de los principales efectos de los cultivos de OMG es que intensifican el modelo de monocultivo reforzados a partir de la revolución verde y las políticas agrícolas neoliberales. El desplazamiento de las variedades de cultivo autóctonas y los sistemas de cultivo biodiversos, aumenta la vulnerabilidad ante plagas y enfermedades, agota el suelo, incrementa la dependencia de fertilizantes sintéticos y biocidas tales como pesticidas o herbicidas y acrecienta la probabilidad de pérdidas catastróficas de cosechas. Así entonces, el cultivo de OMG es intrínsecamente incompatible con la biodiversidad necesaria para promover la producción de alimentos sostenible y ecológica (González, 2007, p. 23).

³ Los casos más conocidos son los de Arpad Pusztai, Ignacio Chapela y Eric Séralini. Dichos estudios serán analizados en el presente trabajo, puesto que aportaron interesantes antecedentes respecto de los efectos sanitarios y ambientales de los OMG.

Dentro de la biodiversidad en general, existe un subconjunto denominado biodiversidad agrícola o agrobiodiversidad, la que ha sido definida como:

la variedad o variabilidad de animales, plantas y microorganismos los cuales son necesarios para mantener en funcionamiento el agroecosistema, para su estructura y sus procesos y en sustento de la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Abarca la diversidad de especies, la diversidad dentro de cada especie y la diversidad de ecosistemas (Winter, 2010, p. 236).

Esta biodiversidad agrícola es fruto de una prolongada y continuada interrelación entre las personas y su medio ambiente. Por tanto, tiene una doble dimensión: una natural y otra social y difícilmente puede ser comprendida sin considerar las dinámicas entre ambas dimensiones y sus consecuencias, lo que algunos autores han denominado coevolución (Norgaard y Sikor, 1997, p. 34).

Dentro de esta agrobiodiversidad, se consideran las variedades modernas y las variedades tradicionales o de los agricultores. Las modernas son el resultado del mejoramiento científico y se caracterizan por sus altos rendimientos y por su alto nivel de uniformidad genética. Por el contrario, las variedades tradicionales o *landraces* son el producto del mejoramiento o selección llevada a cabo por los agricultores y estas representan mayores niveles de diversidad genética (FAO, Consulta: 6 de agosto de 2016).

Sin embargo, la expansión de los cultivos de OMG sí amenaza la diversidad biológica al promover la simplificación de los sistemas de cultivo al acentuar la erosión genética (Altieri y Nicholls, 2000, pp.135 y 136).

La contaminación genética y el desarrollo de supermalezas.

Otros riesgos asociados al cultivo de OMG son: la transferencia de genes desde los cultivos transgénicos a cultivos convencionales y el desarrollo de supermalezas resistentes a herbicidas o resistentes a los insectos. La primera posibilidad es que los mismos cultivos de OMG se conviertan en supermalezas, por ejemplo, semillas de algodón tolerantes a herbicidas que quedan en los campos de la temporada anterior, pueden germinar entre la cosecha posterior de trigo, para lo cual se requeriría de la aplicación de un herbicida mucho más potente (González, 2007, p. 19). En efecto, hay especies cuyas semillas pueden permanecer en estado latente y germinar después de 10 años o más. Esto supone la contaminación de cualquier cultivo distinto que el inicial, ya sea de otra especie u otra variedad de la especie inicial. Esto ha sucedido, por ejemplo, con semillas de colza modificada genéticamente, que ha germinado en tierras sembradas con variedades convencionales y ha contaminado la cosecha (Ecologista en Acción, 2010, p. 9).

Para los defensores de los cultivos resistentes a herbicidas, esta tecnología constituye una herramienta que permite a los agricultores simplificar las tareas de control de malezas, al reducir el uso de estos químicos a situaciones de post-emergencia, usando un sólo herbicida de amplio espectro que se descompone con relativa rapidez en el suelo. Sin embargo, está probado que cuando se utiliza un sólo herbicida reiteradamente sobre un determinado cultivo, aumentan

considerablemente las posibilidades de que la población de malezas desarrolle resistencia a éste (Altieri y Nicholls, 2000, p. 138).

Ante este panorama, se plantea otra posibilidad, cual es, que los cultivos de OMG transmitan su resistencia a herbicidas a determinados insectos o a otras plantas que luego podrían convertirse en supermalezas inmunes a los herbicidas y a los insectos depredadores. Y como se indicó en el caso anterior, se requeriría de la aplicación de herbicidas mucho más potentes, lo que derivaría en mayores costes para los agricultores y en un mayor daño ambiental. Este riesgo de transferencia se intensifica para las variedades silvestres que crecen próximas a los cultivos de OMG (Ecologista en Acción, 2010, p. 4).⁴ Si bien existe consenso científico en que los cultivos de OMG pueden con el tiempo transferir sus genes modificados a parientes silvestres, no hay acuerdo en la gravedad de las consecuencias resultantes (González, 2007, p. 24).

En general, existen una serie de vías por las cuales una planta puede aparecer en un cultivo sin haber sido sembrada o plantada. Además de las posibilidades ya expresadas, hay que considerar a aquellas plantas que pueden reproducirse además de forma vegetativa, o sea, a partir de tubérculos o bulbos, como la patata: al cosechar patatas puede ocurrir que uno o varios tubérculos queden en la tierra y se desarrollen posteriormente dando lugar a la aparición de plantas adventicias; la diseminación por agentes naturales como aves, insectos o roedores o por la mera acción del agua o del viento y la diseminación inadvertida de información genética por gestión humana, como el vertido indebido, la mezcla indeseada o persistencia inadvertida de cualquier componente reproductivo de plantas en cualquier lugar donde puede germinar o cualquier otro componente de la planta que puede ser empleado como alimento (Ecologistas en Acción, 2010, p. 10).

David Quist e Ignacio Chapela (2001), ambos investigadores de la Universidad de California, Berkeley, descubrieron material transgénico en muestras de maíz tomadas de una zona remota de Oaxaca, México. El hallazgo fue sorprendente porque el gobierno mexicano hasta ese momento nunca había concedido la aprobación para el cultivo de maíz modificado genéticamente. Una posible fuente se identificó: los envíos de maíz desde los Estados Unidos, que contenían granos convencionales y OMG, que habían sido distribuidos ampliamente en todo el campo mexicano (Quist y Chapela, 2001, p. 541).

Desde entonces, el flujo de transgénicos o la mezcla genética de OMG y los cultivos convencionales se ha convertido en un tema que divide a México. La controversia puso a los productores de maíz a pequeña escala, ambientalistas y otros críticos del maíz transgénico -que afirman que la contaminación genética pone en peligro la biodiversidad, los medios de vida económicos, la cultura y tradición- en contra de las autoridades del gobierno de México y de la industria transnacional de la biotecnología que sostienen que el maíz modificado genéticamente beneficiará a México y que los riesgos a la biodiversidad pueden ser minimizados (Quist y Chapela, 2001, p. 542).

En otras investigaciones posteriores, esta contaminación se ha detectado en otros cultivos como el arroz, la cebada, la colza, el algodón y los frijoles (Tastsakis *et al.*, 2017, p. 6).

⁴ La polinización cruzada se produce cuando las plantas alógamas necesitan recibir polen de distintas flores para ser fecundadas. Las plantas dióicas (sexuadas) necesitan forzosamente recibir polen de otras plantas para desarrollar las semillas. En la mayoría de los casos, el polen se transfiere entre plantas de la misma variedad de una especie o entre plantas de diferentes variedades, pero de la misma especie.

Aceleración de la resistencia a los herbicidas y pesticidas.

Los defensores de la biotecnología agraria afirman que los cultivos de OMG beneficiarían al medioambiente reduciendo el uso de herbicidas y pesticidas. Los detractores, en cambio, sostienen que los cultivos de OMG aceleran la resistencia a estos herbicidas y pesticidas, por lo que cada vez se requiere de la aplicación de mayores cantidades de estas sustancias. Un estudio de la organización *Friends of the Earth International* (FOEI, 2007, p. 6), concluyó que los cultivos de OMG en los Estados Unidos ha dado lugar a un significativo aumento en el uso de biocidas y una de las principales razones fue la evolución de la resistencia a los herbicidas de las malezas, lo que obligó a los agricultores a aplicar productos más tóxicos.

Los autores de este estudio sugirieron que el considerable aumento en el número de malezas resistentes al *RoundUp* de Monsanto es consecuencia directa del mayor y más frecuente uso de este herbicida asociado a los cultivos de soja, algodón y maíz, todos resistentes al *RoundUp*. Por tanto, lejos de haberse reducido el uso de biocidas debido al uso de semillas resistentes al herbicida, ha contribuido al aumento del uso en cantidad y toxicidad de estas sustancias (González, 2007, p. 21).

Como ejemplos de malezas resistentes se suelen citar el amaranto (*Amaranthus palmeri*) y la coniza o erigeron (*Conyza canadensis* y *Conyza bonariensis*). La primera se ha extendido rápidamente por el sur de Estados Unidos desde que las primeras poblaciones resistentes al glifosato (principio activo del herbicida *Round Up*) fueran confirmadas en 2005, la que actualmente representa una grave amenaza para la producción de algodón. La segunda, es la maleza resistente al glifosato más extendida en Estados Unidos (FOEI, COAG, Ecologistas en Acción, Greenpeace y CECU, 2009, p. 32). Al año 2014, la *Conyza canadensis* se había extendido por todo el valle del sur del Estado de California, mientras que la *Conyza bonariensis* se había extendido por todo el valle, ya que esta última ha demostrado mayor diversidad genotípica y mayor potencial evolutivo en lapsos más cortos (Okada *et al.*, 2015, p. 174). Su expansión ha alcanzado a 16 Estados del sur y del medio oeste de Estados Unidos, lo que ha llevado a utilizar el *Paraquat* y el *2.4D*, componentes del Agente Naranja utilizado en la guerra de Vietnam (FOEI, COAG, Ecologistas en Acción, Greenpeace y CECU, 2009, p. 32).

Lo mismo podría suceder con algunos insectos debido al uso generalizado de variedades con el gen de resistencia Bt -*Bacillus thuringiensis*- (Encyclopedia, 2011),⁵ lo que llevaría a acelerar el desarrollo de la resistencia a este pesticida, lo que derivaría en el uso de mayores cantidades de pesticidas cada vez más tóxicos.

El desarrollo de la resistencia al Bt por parte de los insectos no solo perjudicaría a los agricultores que cultivan estas variedades, sino también a los vecinos que aplican Bt microbiana como un insecticida natural en los cultivos convencionales (González, 2007, p. 24). Para mantener la efectividad insecticida de las plantas, se requiere aplicar estrategias de manejo de

⁵*Bacillus thuringiensis* (Bt) es una de las distintas especies de bacterias que se han utilizado como biocidas para el control de insectos. La bacteria produce un cristal paraesporal proteináceo dentro de la célula cuando esporula que es tóxico sólo para un insecto huésped específico. La proteína cristalina es inofensiva en su estado natural, volviéndose tóxica sólo cuando se escinde por proteasas específicas. Una vez que la bacteria ha sido ingerida por el insecto objetivo, las secreciones alcalinas dentro del intestino medio del insecto activan el carácter tóxico del cuerpo cristalino. La toxina se une a las células intestinales, lo que resulta en la formación de poros y la fuga de nutrientes desde el intestino, y el insecto muere entre tres a cinco días. La capacidad de la bacteria para esporular también proporciona un medio para propagar el organismo como un aerosol. Algunos tratamientos comerciales utilizan el cuerpo cristalino en sí, que se pulveriza sobre las plantas. También se ha conseguido a través de la ingeniería genética introducir el gen que codifica el cuerpo cristalino directamente en el genoma de la planta.

la resistencia para así retrasar o prevenir la adaptación de las plagas. La principal estrategia utilizada en cultivos Bt es la conocida como *dosis alta/refugio* que consiste en el uso de plantas que expresan la toxina a un nivel muy alto para matar a los insectos resistentes y la existencia de refugios de plantas convencionales en las cuales los insectos resistentes puedan cruzarse con otros no resistentes.

Un estudio realizado en Argentina en el año 2014 concluyó que 550 distintas especies de artrópodos plaga pueden desarrollar a través de un proceso micro evolutivo, la capacidad para tolerar las restricciones biológicas que impone la tecnología Bt. Esta resistencia constituye una amenaza para la salud pública y la agricultura a nivel mundial (Trumper, 2014, p. 110).

El daño a organismos no objetivo.

Los cultivos OMG pueden dañar a otros organismos beneficiosos, como aquellos que viven en el suelo y aquellos depredadores naturales de las plagas de insectos. Esto también va en directo perjuicio de aquellos agricultores que no quieren o no pueden permitirse el uso de pesticidas ya que, al desaparecer los depredadores naturales, sus cultivos quedan expuestos. Lo mismo ocurre con la desaparición de la biota, ya que estos agricultores no utilizan fertilizantes químicos. En consecuencia, es probable que el uso de pesticidas y de agroquímicos sirva para controlar plagas y para reponer la fertilidad del suelo, pero sin duda conlleva daños para el medio ambiente y la salud humana y animal, además de las implicaciones socioeconómicas antes indicadas (González, 2007, p. 25).

Un caso estudiado en Estados Unidos en el año 1999 fue el de las larvas de la Mariposa Monarca (*Danaus plexippus*) las cuales experimentaron un crecimiento más lento y una altísima mortalidad, debido a que el polen de una variedad de maíz Bt se dispersaba por acción del viento en un perímetro de 60 metros, por lo que el polen que contenía la toxina Bt se depositó sobre las hojas del algodoncillo (Losey, Rayor, Carter, 1999, p. 214).

Pese a lo antes señalado, parte de la comunidad científica considera muy ventajosa la tecnología Bt, puesto que aparentemente no tendría efectos sobre vertebrados y seres humanos o el entorno ecológico; un bajo impacto en organismos no objetivo y que no afectaría a las hojas, principal alimento de los lepidópteros (mariposas), entre otras ventajas (Roh *et al.*, 2007, p. 548).

Riesgos para la salud humana y animal

El uso de tecnología de ADN recombinante en el sector alimenticio ha generado una serie de cuestionamientos sobre su seguridad. Esto abarca tanto a los OMG en sí mismos, como los que contienen un ingrediente derivado de un OMG y también aquellos alimentos que han sido producidos con la utilización de enzimas u otros productos auxiliares en el procesamiento (Almodóvar, 2001). Lo mismo ocurre para el caso de piensos de animales destinados al consumo humano.

Desmejoramiento de la nutrición por la reducción del consumo de alimentos variados.

Los defensores de los OMG ponen como ejemplo de los beneficios de esta tecnología al arroz dorado transgénico que produce beta-caroteno, sustancia que el cuerpo puede convertir en vitamina A. Sin embargo, los críticos han planteado varias inquietudes en el contexto del arroz dorado que son relevantes para todas las variedades de OMG diseñados para mejorar la calidad nutricional.

En primer lugar, no queda claro si los individuos desnutridos tienen la grasa suficiente para poder metabolizar el betacaroteno del arroz dorado. En segundo lugar, el color amarillo del arroz produjo que, por razones culturales fuera rechazado por ciertos grupos. En tercer lugar, la deficiencia de vitamina A se debe a la disminución de cultivos y a la pérdida de diversidad alimentaria. Por tanto, en vez de alterar genéticamente una variedad de arroz, sería más efectivo abordar el problema de fondo a través de la introducción de múltiples cultivos (González, 2007, p. 22).

Al igual que otras variedades de arroz utilizadas durante la revolución verde, el arroz dorado es producido mediante técnicas de monocultivo, lo que conlleva efectos adversos en los ecosistemas locales, como la pérdida de biodiversidad (Stone y Glover, 2016, p. 88). En efecto, los monocultivos requieren de fertilizantes, pesticidas y riego intenso, produciendo por tanto alteraciones en los ciclos de nitrógeno y fósforo y escasez de agua (IAASTD, 2009, p. 522).

Aumento de la transmisión de enfermedades infecciosas debido a la pérdida de biodiversidad.

La pérdida de biodiversidad de los ecosistemas conlleva serias consecuencias para la salud humana. Así lo afirma un informe realizado conjuntamente por el Programa para el Medio Ambiente de la ONU (UNEP por sus siglas en inglés), la Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica y la Organización Mundial de la Salud, titulado "*Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. A State of Knowledge Review*", que concluye que la pérdida de biodiversidad incide en el incremento de transmisiones de enfermedades infecciosas, como por ejemplo la enfermedad de Chagas, ya que las vinchucas (el insecto que lo transmite) crecen más y mejor cuando la vegetación nativa es reemplazada por cultivos comerciales; en la región amazónica aumentaron nueve veces las mordidas de murciélagos, consecuencia directa de la deforestación y, en Estados de Brasil como Pará se multiplicó por cuarenta. Algo similar ocurre con el aumento del mosquito *Anopheles* que transmite la malaria y el hantavirus en el cono sur de América, transmitido por roedores (UNEP, CDB, OMS, 2015, p. 137).

Aparición de nuevas alergias por introducción de nuevas proteínas en los alimentos.

En el año 1996, se publicó un estudio que causó gran revuelo debido a que se demostró que la empresa *Pioneer Hi-Bred International* había introducido en una variedad de soja modificada genéticamente (*Glycinemax*), la proteína albúmina 2S rica en metionina proveniente de la nuez amazónica (*Bertholletia excelsa*) con el fin de mejorar la calidad nutricional de la primera. Dado que la nuez amazónica o semilla de Brasil es conocida por su alta alergenicidad, se evaluó la proteína albúmina 2S, la que dio un resultado positivo (Nordlee *et al.*, 1999, p. 688).

Años más tarde, un Grupo Asesor Científico (SAP por sus siglas en inglés) entregó a la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos, un Informe sobre la capacidad alergénica potencial de la variedad de maíz *Starlink* en el cual concluyó que existía una probabilidad media de que la proteína del *Starlink* sea un potencial alérgeno para los seres humanos (Informe del SAP, Consulta: 6 de mayo de 2017).

En las pruebas de digestión artificial realizadas, la proteína Cry9C había tardado más que la Cry1A en descomponerse y por ello despertó las sospechas de los inspectores de la *Environmental Protection Agency* de los Estados Unidos (EPA) ya que además presentaba otras características de los alérgenos. Como finalmente no se resolvió la cuestión en relación a

la proteína Cry9C, la EPA otorgó el permiso para producir el maíz siempre y cuando no fuera destinado al consumo humano.

Por tanto, la cosecha de esta variedad se siguió realizando, pero utilizado como pienso; los productores simplemente debían asegurarse de que el maíz *Starlink* no fuera canalizado para la producción de alimentos humanos (Buchinni y Goldman, 2002, p. 6). Este maíz fue encontrado en tortillas y otros productos alimenticios, los cuales fueron retirados del mercado y la Compañía *Aventis*, responsable de la comercialización de esta variedad de maíz Bt, accedió a indemnizar a todos los productores que se vieron perjudicados por la retirada de los productos del mercado (Gillisand y Schneider, 2001).

Aparición de resistencias a antibióticos en bacterias patógenas para el ser humano.

Ocasionalmente, se utilizan en el proceso de recombinación de ADN genes marcadores con resistencia a ciertos antibióticos. La cuestión radica en que esa resistencia llegue a las bacterias del organismo humano, lo que generaría una resistencia a los antibióticos que pondría en riesgo la salud pública (Almodóvar, 2001).

Los suelos agrícolas son plataformas versátiles de intercambio de genes, proporcionando la matriz física para cerrar el ciclo de la transferencia bidireccional de genes de resistencia a antibióticos entre humano-animales-suelo y bacterias asociadas a las plantas.

La aplicación de estiércol, fangos cloacales o aguas residuales vertidos sobre los campos, actúan como conductores para la transferencia de genes resistentes y el intercambio de patógenos. En el caso de los desechos humanos, están generalmente contaminados con agentes antimicrobianos procedentes de tratamientos con antibióticos. Estos antibióticos de origen antropogénico que aparecen en concentraciones mayores a las normalmente encontradas en el suelo son considerados contaminantes. Asimismo, las bacterias resistentes a los antibióticos pueden considerarse como contaminantes del medio ambiente si contienen genes de resistencia a antibióticos y se introducen en ecosistemas no expuestos, por la actividad humana.

Tal es el caso, por ejemplo, de los genes *aminoglucósido fosfotransferasa nptII* y *nptIII*, que son los más usados como marcadores de resistencia a antibióticos en plantas transgénicas. El gen *nptII* inactiva la *kanamicina* y la *neomicina*, ambos recientemente clasificados como de fundamental importancia para los seres humanos y animales. Por su parte, el gen *nptIII* inactiva la *amikacina* que es un antimicrobiano crucial para el tratamiento de infecciones graves en humanos (Woegerbauer *et al.*, 2015, p. 350).

El maíz transgénico Bt176 contiene el gen *blaTEM 116* el cual pertenece a la familia de antibióticos beta lactama, por cuanto codifica resistencia a la ampicilina que es ampliamente utilizada en la medicina. Se ha comprobado que estos genes marcadores se transfieren a las bacterias del suelo en donde ha sido cultivada esta variedad de maíz (Dèmanèche *et al.*, 2015, p. 3958).

La aparición de posibles patologías en animales y seres humanos.

En el año 1999, se publicó en la revista *The Lancet*, un estudio encabezado por Arpad Pusztai, titulado "*Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing*" en el cual se concluyó que en los experimentos realizados se habrían evidenciado efectos nocivos en la

salud de las ratas que fueron alimentadas con variedades de patatas transgénicas. Los experimentos consistieron en lo siguiente: se formaron 3 grupos de ratas.

Las primeras, como grupo de control, fueron alimentadas con patatas convencionales; el segundo grupo fue alimentado con patatas convencionales, pero a éstas se les agregó externamente la proteína *Galantus Nivalis Agglutini* (GNA) y el tercero, fue alimentado con patatas transgénicas que contenían en su ADN la proteína GNA. Luego de 110 días de experimentación, las ratas alimentadas con patatas transgénicas tanto crudas como cocidas, habrían sufrido alteraciones anómalas de algunos órganos esenciales para el sistema inmunológico, así como un crecimiento retardado de dichos órganos (Ewen y Pusztai, 1999, p. 2).

Tras 10 días de ser alimentadas con estas patatas, experimentaron un debilitamiento en su sistema inmunológico además de una atrofia del corazón, hígado, riñones y cerebro (Larrión, 2010, p. 217).

El debate respecto de la seguridad de los OMG como alimento quedó silenciado por más de una década, hasta que en 2012 fue publicado el estudio *Long term toxicity of a RoundUp herbicide and a RoundUp- tolerant genetically modified maize*, realizado por un grupo de investigadores encabezados por Gilles-Eric Séralini, el cual consistió en alimentar a distintos grupos de ratas de ambos sexos con maíz transgénico NK603, maíz NK603 más *RoundUp* y otro con herbicida *RoundUp* (Séralini *et al.*, 2012, pp. 4221-4231).

Durante los dos años de investigación, se consideraron parámetros bioquímicos y biológicos: hepáticos, sanguíneos, urinarios y hormonales, por cuanto ha significado toda una novedad en lo que respecta a este tipo de estudios con ratas alimentadas con OMG. En cuanto al herbicida *RoundUp*, en experimentos anteriores sólo se había evaluado su principio activo, el Glifosato, mientras que en esta ocasión se utilizó la fórmula completa, es decir, el herbicida en la forma que se comercializa. La razón de ello es que la fórmula incluye coadyuvantes que podrían resultar más nocivos para las ratas que el principio activo (Portal Web).⁶

El objetivo de esta investigación se centró en entender cómo las dietas basadas en el consumo de herbicida *RoundUp*, de OMG y de OMG más *RoundUp*, podrían incidir sobre el metabolismo de las ratas, especialmente, en el desarrollo de tumores. El estudio arrojó importantes resultados: la mortalidad en los tres grupos experimentales fue mayor que la mortalidad del grupo de control (consistente en una población de ratas que recibió una dieta normal); pero la mortalidad de las hembras de los grupos experimentales fue hasta tres veces mayor que las del grupo de control y además murieron mucho antes que éstas. Asimismo, desarrollaron grandes tumores mamarios.

Por su parte, los machos de los grupos experimentales desarrollaron nefropatías graves, congestión hepática, necrosis y desarrollo de grandes tumores. Los datos bioquímicos confirmaron importantes deficiencias renales crónicas en todos los grupos experimentales y en

⁶ El Comité de *Recherche et d'information indépendantes sur le Génie Génétique* (CRIIGEN) afirmó que en los experimentos anteriormente realizados por la empresa Monsanto con ratas alimentadas con OMG, no aplicaban rigurosamente las normas internacionales para estos efectos. Así, las investigaciones no sobrepasaron en ningún caso los 90 días, hecho curioso ya que en este experimento los tumores comenzaron a generarse en las ratas al cuarto mes; también se excluían antecedentes debido a la exclusión de los parámetros hormonales. Respecto al herbicida *Roundup*, afirman que solamente se habían investigado los efectos de su principio activo, el glifosato, sin considerar coadyuvantes aplicados para facilitar la absorción de la toxina.

ambos sexos. La principal conclusión a la que arribó el grupo de investigación fue que la transgénesis de la planta parecía causar trastornos hormonales.

Cabe destacar que ambos estudios provocaron fuertes reacciones por parte del sector agroalimentario. En el caso de Pusztai, tuvo que soportar un acoso por parte de sectores pro OMG y hasta fue destituido de su puesto como investigador (Larrión, 2010, p. 219); Séralini fue sometido a una agresiva campaña de desprestigio y su artículo fue retirado por la revista *Food and Chemical Toxicology* (Bachmann, 2013, p. 18).

Impactos en la salud reproductiva masculina.

Es sabido que Argentina es uno de los mayores productores de OMG del mundo. Por esta razón, se han realizado una serie de estudios para constatar los efectos del cultivo de OMG en la población. Un grupo de científicos de la Universidad Nacional de Rosario constató que los monocultivos de transgénicos rociados con biocidas (como los herbicidas fenoxi, los organofosforados, los carbamatos y las piretinas, entre otros) impactan negativamente en la salud reproductiva masculina, puesto que incrementan el riesgo de infertilidad presentando membrana disfuncional, mayor fragmentación del ADN y alteraciones en morfología, movilidad y concentración espermáticas (Pavesi *et al.*, 2017, p. 19).

Efectos del glifosato sobre animales y humanos.

El glifosato altera el ciclo celular y los mecanismos de reparación del ADN, induce la apoptosis o muerte celular, penetra la barrera placentaria e induce genotoxicidad. Se han observado malformaciones producidas por el glifosato en ranas *Xenopus*, pollos y también en mamíferos. En Paraguay, se ha detectado un aumento de malformaciones en humanos, sobre todo en zonas aledañas a zonas donde se produce la soja transgénica y se realiza un uso intensivo de este herbicida (Carrasco, 2011, p. 129).

Existen otros estudios sobre el caso de los peces de la especie *Poecilia Reticulata* "rebistes", que han evidenciado toxicidad aguda (mortalidad) y toxicidad crónica debido a la contaminación de las aguas con dos herbicidas comerciales formulados a base de glifosato, utilizados en los monocultivos de soja transgénica en Argentina. La formulación *RoundUp*, que la utilizada para los monocultivos y por tanto de forma extensiva, resultó ser la más tóxica (Álvarez *et al.*, 2012, p. 12).

Riegos socioeconómicos

Debido a los impactos de los OMG en la diversidad biológica, pueden verse en peligro los medios de vida rurales, el conocimiento tradicional, las opciones de mercado e incluso las economías nacionales, etc. (Catacora-Vargas, 2012, p. 25). En efecto, los sistemas agrícolas son muy complejos, puesto que abarcan parámetros económicos, biofísicos y socioculturales, entre otros. La interdependencia entre construcciones sociales y sistemas naturales frágiles es un elemento básico de la agricultura (IAASTD, 2009, p. 20).

El cuestionamiento principal que subyace detrás de las reivindicaciones de agricultores y otros grupos de la sociedad civil plantea que el proceso de autorización de las variedades de OMG se basa únicamente en el comportamiento tecnológico de estos organismos, lo que supone excluir del análisis de riesgos otros aspectos de la vida cotidiana, que son muy relevantes que un resultado puramente tecnocientífico (FOEI, COAG, Ecologistas en Acción, Greenpeace y CECU, p. 3).

A continuación, se desarrollan dos de los principales aspectos socioeconómicos denunciados en los últimos años:

La marginación de los pequeños agricultores.

Aparte de los riesgos ambientales y a la salud humana y animal que implica el uso de la biotecnología, la introducción de cultivos de OMG amenaza con incrementar la pobreza y la desigualdad mediante la repetición del sesgo anti-pobres que impuso la revolución verde. Efectivamente, los cultivos de OMG benefician a los grandes agricultores ya que la mayoría de los agricultores pobres no tendrán los medios para comprar semillas patentadas y los insumos químicos necesarios para su cultivo.

Asimismo, la obligación de comprar nuevas semillas cada año en lugar de poder guardar parte de las semillas para replantar, conculca los derechos de los agricultores a guardar e intercambiar semillas, lo que también resulta prohibitivo. En consecuencia, los pequeños agricultores que se endeuden para poder adquirir las semillas y los insumos corren el riesgo de irse a la quiebra si los rendimientos no cumplen las expectativas o los precios de la producción disminuyen e incluso, aunque no compren ni cultiven variedades de OMG, si los grandes agricultores aumentan sus rendimientos pueden hacer caer los precios a tal punto de hacerlos quebrar.

A todo esto, debe agregarse el hecho que los cultivos transgénicos permiten a los grandes agricultores prescindir de mano de obra, toda vez que los cultivos tolerantes a herbicidas reducen la necesidad del deshierbe manual, lo que obviamente exacerbaría la pobreza rural (González, 2007, p. 26).

Por otro lado, esta marginación implica la pérdida del derecho a elegir el modelo productivo agrario como, asimismo, el derecho a elegir qué cultivar por parte de los agricultores y a su vez, se trata de una transferencia masiva de poder y dinero desde el sector agrario hacia las empresas que controlan el mercado de la ingeniería genética (FOEI, COAG, Ecologistas en Acción Greenpeace y CECU, *op. cit.*, p. 42).

Impactos en los derechos de la población consumidora.

El informe *Konzernatlas, Daten und Fakten über die Agrar- und Lebensmittelindustrie 2017*, denuncia que la producción mundial de semillas y pesticidas está controlada por siete empresas transnacionales pero que, debido a las megafusiones producidas entre estas empresas, como Bayer-Monsanto, Dow-Dupont, Syngenta-Chem China, la concentración será cada vez mayor (Fundación Heinrich Böll *et al.*, 2017, p. 7).

Por otra parte, advierte este informe, cuatro consorcios que controlan la comercialización transporte y elaboración de materias primas como el trigo, maíz y soja. Estas empresas serían: Archer Daniels, Midland, Bunge, Cargill y Louis Dreyfus Company, que en conjunto poseen una cuota del 70% del mercado mundial. A su vez, estas empresas entregan sus materias primas a grandes productores de alimentos, como Unilever, Nestlé, Heinz, Mars, Kellog's y Tschibo (Fundación Heinrich Böll *et al.*, 2017, p. 36).

Con tanta concentración de poder en mercados tan estratégicos como la alimentación y la agricultura, resulta evidente que los derechos de la población consumidora se vean limitados; especialmente, la libertad de elegir qué alimentos consumir.

Por estas y otras razones, hay quienes consideran que estamos frente a una imposición tecnológica sin precedentes en la historia de la humanidad, la que a su vez implica un ataque contra la libertad de elección de los ciudadanos y en general, se trata de un déficit democrático general en nuestras sociedades, puesto que la alianza capital-tecnociencia se impone ante la voluntad social (FOEI, COAG, Ecologistas en Acción, Greenpeace y CECU, p. 40).

A este respecto, se hace pertinente recordar lo establecido en la Observación General n.º 12 sobre el Derecho a una Alimentación Adecuada del Comité Derechos Económicos, Sociales y Culturales, adoptada durante 20º periodo de sesiones realizado entre abril y mayo de 1999, en el cual se adopta una interpretación del artículo 11 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Específicamente, en su párrafo 11 señala:

Que los alimentos deban ser aceptables para una cultura o unos consumidores determinados significa que hay que tener también en cuenta, en la medida de lo posible, los valores no relacionados con la nutrición que se asocian a los alimentos y el consumo de alimentos, así como las preocupaciones fundamentadas de los consumidores acerca de la naturaleza de los alimentos disponibles (Observación general n.º 11, 1999, p. 4).

Por tanto, las condiciones del mercado agrícola-ganadero o alimentario no pueden en ningún caso plantear imposiciones que vulneren el derecho de las personas a elegir su alimentación conforme a su cultura y costumbres.

Conclusiones

De la historia reciente de los países americanos, se colige que la agroindustria basada en el cultivo de variedades de OMG constituye una actividad potencialmente riesgosa, que además de afectar gravemente al medio ambiente, la salud humana y animal, impacta negativamente en los sistemas agrícolas y en los derechos de la población consumidora. Estos riesgos se han asumido en aras de las millonarias ganancias del sector agroindustrial y las compañías transnacionales que comercializan tanto las variedades de OMG como los insumos agroquímicos. Es decir, los riesgos son soportados por la inmensa mayoría de la población de estos países, especialmente la población rural, mientras que las ingentes ganancias benefician a un puñado de productores y a las compañías que controlan el mercado.

De estas experiencias recientes que se aplican a nuestro presente, se aprecia que la ciencia es -al mismo tiempo- fuente de solución y origen de problemas, ésta debe someterse a un proceso de redefinición, el cual cobra un interés preponderante en el debate sobre cómo deben desarrollarse los resultados científico-tecnológicos y sobre el tipo de ciencia necesaria para hacer frente a los efectos negativos de su desarrollo. Por tanto, se hace necesario y urgente que los países americanos fortalezcan el desarrollo de la ciencia independiente y de alto nivel, ajena a las presiones de la gran industria biotecnológica transnacional y el poder político. Como es sabido, la industria financia muy bien a sus científicos y ejerce una enorme presión sobre aquellos que realizan investigaciones cuyos resultados podrían afectar a sus intereses.

A su vez, se hace evidente la necesidad que los Estados adopten sistemas de gobernanza tecnocientífica, agrícola y ambiental, que permitan un mayor flujo de información; la

participación de los distintos sectores interesados en la toma de decisiones relativas a la autorización de estos cultivos y la incorporación de consideraciones socioeconómicas en el análisis de riesgos que se realice de los OMG, puesto que la causa final de todos los problemas expuestos en este trabajo, se originan en los déficits democráticos que actualmente afectan a las naciones americanas.

En consecuencia, cabría pedir una rendición de cuentas a los gobiernos, autoridades encargadas de la autorización y fiscalización, así como a las empresas transnacionales y a productores nacionales, a fin de establecer las responsabilidades y concentrar los esfuerzos en revertir y reparar los riesgos a la brevedad posible, como también velar por el respecto a los derechos de la población y el restablecimiento de los sistemas agrícolas tradicionales.

Referencias

- Almodóvar Iñesta, María. (2001). Aspectos jurídicos de la biotecnología agroalimentaria. *Revista interdisciplinaria de Gestión Ambiental*, 1 (28).
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: PNUMA.
- Álvarez, M.; Giménez, I.; Saitua, H.; Enriz, R.; y, Giannini, F. (2012). Toxicidad en peces de herbicidas formulados con glifosato. *Acta toxicológica argentina*, 20 (1), 12.
- Arriaga Arellano, E. y Linares Salgado, J. (2013). La evaluación del riesgo de las plantas transgénicas: de la regulación a la bioética. *Revista de Bioética y Derecho*, (27), 40.
- Bachmann Fuentes, R. I. (2013). Normas de seguridad alimentaria de la Unión Europea. Presumiendo la inocuidad de los organismos modificados genéticamente. *Actualidad Jurídica Ambiental*, (1), 18.
- Buchinni, L. y Goldman, L. (2002). Starlink Corn: A Risk Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 110 (1), 6.
- Carrasco, A. (2011). Glyphosate: part of eugenics model? *Salud colectiva*, 7 (2), 129.
- Catacora-Vargas, G. (2012). *Socioeconomic Considerations in GMO Decision-Making* (Conferencia). Advancing the Understanding of Biosafety GMO Risk Assessment, Independent Biosafety Research and Holistic Analysis, Hyderabad, 25.
- Demanèche, S.; Sanguin, H.; Poté, J.; Navarro, E.; Bernillon, D.; Mavingui, P.; Wildi, W.; Vogel, T.; y, Simonet, P. (2008). Antibiotic-resistant soil bacteria in Transgenic plant fields, *PNAS*, 105 (10), 3958.
- Ecologistas en Acción. (2010). *Petición de dictamen al Defensor del Pueblo sobre: a) la imposibilidad de garantizar la futura alimentación y agricultura libre de OMG, b) en su caso, las reformas legales necesarias para ampararlas*. Recuperado de: <https://bit.ly/2Cq9NvN>
- Encyclopedia of Environmental Issues. (2011). Revised Edition. Salem Press.
- Ewen, S. y Pusztai, A. (1999). Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing Galanthus nivalis lectin on rat small intestine. *The Lancet*, 354, 2.
- FAO. (2016). Semillas, Diversidad y Desarrollo. *Glosario de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*. Recuperado de: <http://bit.ly/1Q6D0tC>
- Fernández Cornejo, J. y Caswell, M. (2006). First Decade Of Genetically Engineered Crops in the United States. *USDA, Bulletin* (11), 8. Recuperado de: <https://bit.ly/2Q4pFa9>
- Folguera, G.; Carrizo, E.; y, Massarini, A. (2014). Análisis de los aspectos epistemológicos y sociales presentes en el discurso tecno-científico referido a los organismos genéticamente modificados (OGM) cultivados en la Argentina. *Revista CTS*, 9 (25), 103.
- FOEI, COAG, Ecologistas en Acción, Greenpeace y CECU. (2009). *Implicaciones socio-económicas de la introducción de OMGs en el mercado para su cultivo*. Madrid.
- Friends of the Earth International (FOEI). (2007). *Who benefits from GM crops? An analysis of the global performance of GM crops (1996-2006)*. Amsterdam. Recuperado de: <https://bit.ly/2M39HKc>
- Fundación Heinrich Böll, Rosa Luxemburg Stiftung, Friends of the Earth Germany, Oxfam Deutschland, Germanwatch, Le Monde Diplomatique. (2017). *Konzernatlas. Daten und Fakten über Agrar-und Lebensmittelindustrie*. Munich: Atlas Manufaktur Ed. Recuperado de: <https://bit.ly/2F2VV6w>
- Gillisand, J. y Schneider, G. (24 de enero de 2001). Firm will pay corn farmers. *Washington Post*.
- González, C. (2007). Genetically Modified Organisms and Justice: The International Environmental Justice Implications of Biotechnology. *Georgetown International Environmental Law Review*.
- González Gutiérrez, J. (2016). Biodiversidad agrícola y erosión genética. En: *Especies exóticas invasoras en Andalucía* (p. 161). Sevilla: Talleres provinciales 2002-2006.
- Holm, S. y Harris, J. (1999). Precautionary principle stifles discovery. *Nature*, 400 (6743), 398.
- Informe del SAP y las recomendaciones de la EPA. Recuperado de: <http://1.usa.gov/11FLAsS>
- International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development (IAASTD). (2009). *Agriculture at a Crossroads. Global Report*. Washington: Island Press.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2014. *ISAAA, Informe* (49), 181.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2014). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. *ISAAA Briefs*, Brief 53, 3.
- Larrión Cartujo, J. (2010). La resistencia a las razones de Pusztai. El conocimiento y la incertidumbre en la polémica sobre los organismos modificados genéticamente. *Política y Sociedad*, 47 (1), 217.
- Losey, J.; Rayor, L.; y, Maureen Carter. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, 399, 214.

- Nordlee, J.; Taylor, S.; Townsend, J.; Thomas, L.; y, Bush, R. (1996). Identification of a Brazil-Nut Allergen in Transgenic Soybeans. *The New England Journal of Medicine*, 334 (11), 688.
- Norgaard, R. y Sikor, T. (1997). Metodología y práctica de la agroecología. En: *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*. La Habana: CLADES/ACAO.
- Observación General n.º 11. (1999). Párrafo 11, p. 4. Recuperado de: <https://bit.ly/2Q9SrGj> [Consulta: 29 de mayo de 2017].
- Okada, M.; Hanson, B.; Hembree, J.; Peng, Y.; Shresta, A.; Stewart, C.; Wright, S.; y, Jasieniuk, M. (2015). Evolution and spread of glyphosate resistance in *Conyza bonariensis* in California and a comparison with closely related *Conyza canadensis*. *Weed Research*, 55 (2), 174.
- Oliveira, G. y Hecht, S. (2016). Sacred groves, sacrifice zones and soy production: globalization, intensification and neo-nature in South America. *The Journal of Peasant Studies*, 43 (2), 254.
- Pavesi, A.; Provenzal, O.; Ombrella, A.; Bouvet, B.; y, Paparella, C. (2017). Infertilidad masculina. Exposición laboral a factores ambientales y su efecto sobre la calidad seminal. *Revista Uruguaya de Medicina Interna*, (2), 19.
- Portal Web. <http://www.criigen.org/>
- Quist, D. y Chapela, I. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, México. *Nature*, 414, 541.
- Roh, J.; Choi, J.; Li, M.; Jin, B.; y, Je, Y. (2007). *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17 (4), 548.
- Séralini, G-E.; Clair, E.; Mesnage, R.; Gress, S.; Defarge, N.; Malatesta, M.; Hennequin, D.; y, Spiroux de Vendomois, J. (2012). Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food and Chemical Toxicology*, 50 (11), 4221-4231. (Publicación original que sería posteriormente retirada).
- Stone, G. y Glover, D. (2016). Disembedding grain: Golden Rice, the green revolution, and heirloom seeds in the Philippines. *Agriculture and Human Values*, 34 (1), 88.
- Trumper, E. (2014). Resistencia de insectos a cultivos transgénicos con propiedades insecticidas. Teoría, estado del arte y desafíos para la República Argentina. *Agriscientia*, 31 (2), 110.
- Tsatsakis, A.; Nawaz, M. A.; Tutelyan, V.; Golokhvast, K.; Kalantzi, O.; Chung, D. H.; Kang, S. J.; Koleman, M.; Tyshko, N.; Jang, S. H.; y, Chung, G. (2017). Impact on environment, ecosystem, diversity and Health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food and Chemical Toxicology*, 107, parte A, 4.
- UNEP, CDB, OMS. (2015). *Connecting Global Priorities: Biodiversity and Human Health. A State of Knowledge Review*. Ginebra: OMS Library.
- Urrutia Libarona, I. (2010). Agricultura biotecnológica y coexistencia de cultivos. *Revista Aranzadi de Derecho Ambiental*, (17), 136.
- Winter, L. (2010). Cultivating Farmer's rights: Reconciling Food Security, Indigenous agriculture and TRIPS. *Vanderbilt Journal of Transnational Law*, 43, 236.
- Woegerbauer, M.; Zeininger, J.; Gottsberger, R.; Pascher, K.; Hufnagl, P.; Indra, A.; Fuchs, R.; Hofrichter, J.; Kopacka, I.; Korschineck, I.; Scheiler, C.; Schwarz, M.; Steinwider, J.; Springer, B.; Allerberger, F.; Nielsen, K.; y, Fuchs, K. (2015). Antibiotic resistance marker genes as environmental pollutants in GMO-pristine agricultural soils in Austria. *Environmental Pollution*, (206), 350.