

ORGANISMOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE (OMG)

GENETICALLY MODIFIED ORGANISMS (GMO)

Ronald Javier Ticona Cárdenas¹ & Fredy Luciano Cárdenas Ramos²

Doctorado en Ciencias Ambientales de la Escuela de Posgrado, C.E: ronaldjtc@hotmail.com

Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann –Tacna, C.E: frelucardenas@yahoo.es

Resumen

Durante los últimos diez años los términos biotecnología, organismo modificado genéticamente (OMG) o transgénico han irrumpido en la vida cotidiana de los ciudadanos de nuestro país. En mayo de 1994 se inició la comercialización en todo el mundo del tomate Flavr Savr™, y para el año 2012, en 170 millones de hectáreas se plantaron cultivos modificados genéticamente, como la soja, maíz y algodón. No cabe duda de que el empleo de los OMG en la agricultura y la alimentación está siendo objeto de un intenso debate en el mundo, en particular en los países desarrollados, debate que se sitúa en el marco más amplio de los nuevos riesgos que pueden derivarse de los avances científicos y tecnológicos. A la vista de la concurrencia de intereses diversos, no siempre coincidentes, y a la vista también, de que la biotecnología y la ingeniería genética no están exentas de riesgos, como ocurre por lo demás con cualquier actividad humana y en particular con cualquier desarrollo tecnológico, los autores coinciden que la aplicación de estas tecnologías en el sector agroalimentario debe desarrollarse en un marco adecuado que surja a partir de las reflexiones éticas y asegure una protección jurídica.

Palabras clave: cultivos genéticamente modificados, organismos genéticamente modificados,

Abstract

During the last ten years the terms biotechnology, genetically modified organism (GMO) or GM have broken into the daily lives of the citizens of our country. In May 1994, the marketing worldwide of tomato Flavr Savr™ began, and for 2012, 170 million hectares of genetically modified, such as soybeans, corn and cotton crops were planted. There is no doubt that the use of GMOs in food and agriculture is still the subject of intense debate in the world, particularly in developed countries, a debate which is located in the broader framework of the new risks which may arise of scientific and technological advances. In view of the concurrence of diverse interests do not always coincide, and it is noticeable that biotechnology and genetic engineering are not out of risks, as it happens with any human activity and in particular with any technological development, The authors agree that the application of these technologies in the food industry should be developed in a framework arising from ethical considerations and ensure legal protection.

Keywords: Genetically modified crops, genetically modified organisms, GMO.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define a los Organismos Modificados Genéticamente (OMG) como aquellos organismos en los cuales el material genético (ADN) ha sido alterado de un modo artificial (WHO 2002; Ahmed 2002a). Esta tecnología generalmente se denomina “biotecnología moderna” o “ingeniería genética”. Ésta permite transferir genes seleccionados individualmente de un organismo a otro (Soltész *et al.* 2013; Wang 2013), también entre especies no relacionadas (Ortiz & Ezcurra 2001; Nombela *et al.* 2005). Las técnicas de la ingeniería genética y la consiguiente generación de OMG tienen aplicaciones en diversos sectores (Middelhoff *et al.* 2011; Carstens *et al.* 2012) que van desde la producción de fármacos transgénicos hasta la generación de cultivos MG capaces de eliminar contaminantes ambientales (Drobná 1999; Saylor & Ripp 2000) o generar nuevos alimentos, creándose diversos OMG (Yu *et al.* 2012; Busch *et al.* 2004).

La intención de la modificación genética es proporcionarle al organismo una nueva propiedad. Muchas de las implicaciones fisiológicas de un OMG se pueden estudiar en laboratorio (Deisingh & Badrie 2005; Li *et al.* 2009). Sin embargo, las respuestas a las combinaciones posibles de las condiciones abióticas (clima, suelo), con el contexto biótico son muy variables, así como las implicaciones para las interacciones a gran escala no pueden analizarse por completo a través de experimentos en laboratorio (Tamis *et al.* 2009; Breckling *et al.* 2011). En cualquier análisis anticipado de los efectos ambientales de OMG,

se requiere comprender tanto las relaciones fisiológicas como las relaciones ecológicas (Bartley & Hallerman 1995; Goedhart *et al.* 2014).

La tecnología que produce los OMG avanza rápidamente, así como el rango de posibles modificaciones genéticas (Fu & Liu 2013; Devos *et al.* 2012). El objetivo inicial del desarrollo de vegetales sobre la base de OMG, fue aumentar la protección de los cultivos (Devos *et al.* 2012; Constable *et al.* 2007). Los cultivos modificados genéticamente actualmente en el mercado tienen como objetivo principal aumentar el nivel de protección de los cultivos mediante la introducción de resistencia a enfermedades causadas por insectos, incorporando a la planta alimenticia el gen productor de toxinas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) (Pardo-López *et al.* 2013; Ortiz & Ezcurra 2001). También se busca la resistencia a virus (Qaim & Kouser 2013; Dewar 2009) y una mayor tolerancia a los herbicidas (Tabashnik *et al.* 2013; WHO 2002; Carstens *et al.* 2012; Wang *et al.* 2013, Brookes & Barfoot 2013).

Las posibles modificaciones genéticas que se pueden usar incluyen la mutación, inserción y delección de genes. Otras técnicas aprovechan la habilidad de ciertos organismos como los lentivirus o algunas bacterias como la *Agrobacterium tumefaciens* para transferir material genético (Lee & Gelvin 2008; Park 2007). En las plantas, la transformación mediada por *Agrobacterium tumefaciens* es el sistema más utilizado de la ingeniería genética (Kawakatsu *et al.* 2013).

El objetivo fue difundir la información actualizada recopilada que servirá como fuente en la toma de decisiones de las autoridades responsables sobre los Organismos Modificados Genéticamente y su impacto en el ambiente y la salud.

MÉTODOS

La obtención de la información se efectuó mediante la utilización de buscadores como Google, utilizándose las bases de datos en inglés y en español tales como Redalyc, ScienceDirect, Google Académico, Scielo. Se utilizó las facilidades de la biblioteca virtual que ofrece el Concytec para los investigadores inscritos. Utilizamos los siguientes "términos clave" para la búsqueda: (a) organismos modificados genéticamente, (b) genetically modified organism, (c) genetically modified crops, y (d) transgénicos.

La información obtenida fue archivada en la base de datos del programa Mendeley lo cual permite la identificación de los párrafos citados y el almacenamiento de los artículos consultados; así como realizar un adecuado y automático ordenamiento de las referencias bibliográficas consultadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El primer alimento modificado genéticamente para consumo humano y que obtuvo el permiso de comercialización en todo el mundo fue el tomate Flavr Savr™, en mayo de 1994. Desde entonces la cantidad de cultivos modificados genéticamente se ha incrementado significativamente. El 81% de las plantas MG cultivadas en el mundo actualmente incorporan

una tolerancia a un herbicida químico, a insectos y a infecciones microbianas (Broekgaarden *et al.* 2011; Brookes & Barfoot 2013; Devos *et al.* 2012; Dewar 2009; Pardo-López *et al.* 2013; Qaim & Kouser 2013; Sainsbury *et al.* 2012; Spendeler 2005; Tabashnik *et al.* 2013; Yu *et al.* 2012). Este hecho tiene consecuencias evidentes para el medio ambiente, como la contaminación de suelos, de acuíferos; así como la destrucción de la biodiversidad. Por ello, las investigaciones actuales se concentran en el efecto potencialmente perjudicial sobre los insectos beneficiosos o una inducción más rápida de insectos resistentes, la generación potencial de nuevos patógenos vegetales, las potenciales consecuencias perjudiciales para la biodiversidad vegetal y la vida silvestre, y un menor uso de la práctica importante de rotación de cultivos en ciertas situaciones locales; así como, el desplazamiento de genes de resistencia a los herbicidas a otros vegetales (WHO 2002).

En el caso de la pesquería y acuicultura, la necesidad de contar con mayores recursos acuáticos debido al crecimiento poblacional, fomenta el uso de organismos acuáticos modificados genéticamente, lo cual debe ser considerado dentro de la perspectiva del país en el cual se planifica su uso (Bartley & Hallerman 1995). En algunas áreas de biotecnología ambiental, los OMG y sus productos son cada vez más predominantes, como las enzimas actuales utilizadas, alrededor de 60%. Esta nueva tecnología también puede tener potenciales efectos que no son inmediatamente observables (Dommelen & Snoo 2009). Los productos alimenticios

producidos a través de los métodos modernos de la biotecnología, como las técnicas de ADN recombinante y la fusión celular están saliendo de la investigación y el desarrollo en el mercado. La Comisión Europea se refiere a estos alimentos como los OMG (Nageswara-Rao *et al.* 2013).

A nivel mundial el maíz y la soya, son los OMG más cultivados. Sin embargo, la sequía y las heladas son las condiciones abióticas que limitan su producción en zonas templadas. Estos cereales tienen que aclimatarse a temperaturas bajo cero y desarrollar tolerancias a las heladas. A través de la disección molecular multigénico podría cultivarse cereales modificados genéticamente que soporten cambios climáticos extremos en un futuro próximo (Soltész *et al.* 2013).

Erradicar el hambre es una parte central de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas. Pero, ¿cómo lograr este objetivo de debate polémico? Los cultivos modificados genéticamente se mencionan para un desarrollo y el uso de estos cultivos como clave para reducir el hambre, mientras que otros consideran que esta tecnología como un riesgo adicional para la seguridad alimentaria (Bartley & Hallerman 1995; Aguilera *et al.* 2013; Breckling *et al.* 2011).

En el 2012, 170 millones de hectáreas que es alrededor del 12% de la tierra cultivable mundial fueron plantadas con cultivos modificados genéticamente, como la soja, maíz, algodón y canola, pero la mayoría de estos cultivos no fueron destinados para uso directo alimentario. Mientras que los precios de los productos básicos agrícolas serían mayores

utilizando la mayor productividad de la tecnología de los OMG y los impactos en la disponibilidad de alimentos podrían ser más grandes si hubiera más alimentos modificados genéticamente cultivados, que fueran comercializados. La falta de aceptación de la población es una de las principales razones por la que no se ha desarrollado más ampliamente (Qaim & Kouser 2013; Middelhoff *et al.* 2011).

La mitad de la superficie mundial de cultivo MG se encuentra en los países en desarrollo, mucho de esto se refiere a las grandes granjas en los países de América del Sur. Una excepción notable es *Bacillus thuringiensis* (Bt) de algodón, que cultivan alrededor de 15 millones de pequeños agricultores en la India, China, Pakistán, y algunos otros en los países en desarrollo. El Algodón Bt proporciona resistencia a la plagas de insectos importantes, especialmente gusanos de la cápsula de algodón. Varios estudios han demostrado que el cultivo del algodón Bt reduce el uso de plaguicidas químicos y aumenta los rendimientos en los campos de los agricultores. Por otra parte, el algodón es un cultivo comercial no alimentario, por lo que el impacto en la nutrición de las personas es impreciso (Qaim & Kouser 2013).

En los últimos años, por el uso y la comercialización de OMG, dos áreas principales de preocupación han surgido, el riesgo para el medio ambiente y el riesgo para la salud humana. Aproximadamente 15 años han pasado desde la introducción de alimentos modificados genéticamente. Sin embargo, hace diez años que no hay información publicada sobre seguridad de los alimentos modificados

genéticamente en general, y de las plantas MG en particular. Los estudios acerca de la seguridad frente al uso potencial de papas, maíz, soja, arroz, pepino, tomate, pimiento, guisantes, y las plantas de canola para alimentos y piensos fueron revisados. El número de referencias que se encontraron en las bases de datos fue sorprendentemente limitado y si existía, estos no habían sido reportados en revistas científicas, y por lo tanto, no estaban a disposición de la opinión científica en general (Domingo & Bordonaba 2011).

Los cultivos modificados genéticamente que se cultivan son: canola, maíz, algodón y soja, que representaron el 44% de las plantaciones mundiales en el año 2011. Además, remolacha azucarera modificada genéticamente (aprobadas en los EE.UU. y Canadá desde 2008), papaya (en los EE.UU. desde 1999 y China desde el año 2008), alfalfa (en los EE.UU. desde 2005) (Brookes & Barfoot 2013). Estos cultivos se caracterizan por la tolerancia a herbicidas y resistencia a las plagas principalmente en la raíz, tallo y fruto de insectos específicos (Broekgaarden *et al.* 2011; Brookes & Barfoot 2013; Devos *et al.* 2012; Dewar 2009; Pardo-López *et al.* 2013; Qaim & Kouser 2013; Sainsbury *et al.* 2012; Spendeler 2005; Tabashnik *et al.* 2013; Yu *et al.* 2012).

El análisis del impacto ambiental se centra en los cambios en la cantidad de insecticidas y herbicidas aplicados a los cultivos MG en relación a las alternativas de cultivo convencional y la contribución de estos cultivos MG en la reducción global de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Es ampliamente aceptado que los aumentos en los

niveles atmosféricos de GEI tales como el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso son perjudiciales para el medio ambiente mundial. Por lo tanto, si adoptamos la biotecnología de estos cultivos contribuiría a una reducción en el nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura, esta representa un desarrollo positivo para el mundo (Brookes & Barfoot 2013).

Todo lo anterior ha impulsado la detección e identificación de los OMG que representan un área relativamente nueva de diagnóstico en el que ya se ha logrado mucho progreso con métodos basados en ADN y proteínas. Existen diversas necesidades y limitaciones que obstaculizan nuevos avances en el área de detección de OMG actuales. Necesidades obvias son: (1) la información sobre los OMG desarrollados en todo el mundo, (2) la disponibilidad de material para fines declarados, y (3) la transparencia de la información (Miraglia *et al.* 2004; Ahmed 2002b).

En la Unión Europea, el etiquetado es obligatorio para los productos que contengan Organismos Genéticamente Modificados. La legislación también considera el problema de la contaminación accidental de los alimentos convencionales con material Genéticamente Modificado. Se introduce un umbral mínimo de un 1% para ADN o proteína proveniente de modificación genética, debajo del cual no se requiere etiqueta (Figura 1).

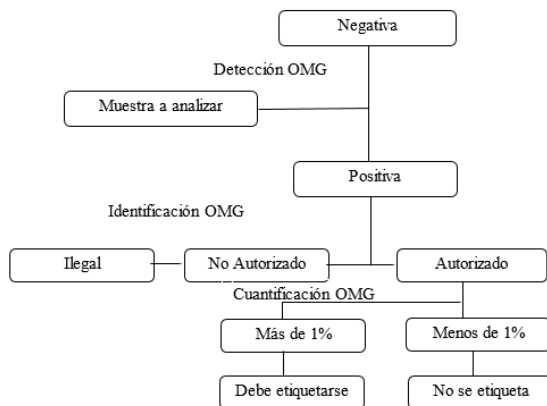


Figura 1. Elaborado según Deisingh & Badrie (2005)

Biocientíficamente hay reducción de los costos, aumentan la producción disminuyendo las pérdidas producidas por insectos y malezas, que finalmente habrá un abaratamiento en la producción de cultivos (Ellwanger & Hausser 2013; Hammond *et al.* 2013; Rosales-Mendoza *et al.* 2012; Webster & Thomas 2012), así como la reducción en el nivel de las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la agricultura (Brookes & Barfoot (2013). Sin embargo la aparición de resistencia en la agricultura obliga a utilizar pesticidas cada vez más fuertes, la contaminación de otros cultivos y la dependencia de los agricultores hacia unas pocas multinacionales, están actuando sobre el mercado de semillas y productos agroquímicos. En lo que se refiere al mercado de las semillas MG, las ventas están monopolizadas por las cinco mayores compañías agroquímicas del mundo: Syngenta, Bayer CropScience, Monsanto, DuPont y Dow.

En cuanto a la proteína Bt, el 26% de los cultivos MG la incorporan. A través de

las raíces de las plantas, el polen o los restos de cosecha, la presencia de la toxina puede llegar a ser suficientemente alta como para poner en peligro organismos, insectos beneficiosos y otros tipos de animales como las lombrices (Ellwanger & Hausser 2013; Hammond *et al.* 2013; Rosales-Mendoza *et al.* 2012; Webster & Thomas 2012). Este modelo implica impactos importantes como la desaparición de la biodiversidad agrícola, la contaminación del suelo, la contaminación del agua, la contaminación de la atmósfera, etc., repercutiendo todo ello sobre la seguridad alimentaria, aunque sea de forma indirecta.

La demanda mundial de pescado nativo es ahora mucho más grande y más de 100 especies tienden a desaparecer de los Océanos, las poblaciones de peces podrían agotarse dentro de 40 años si se extraen al ritmo actual. Debido a la preocupación por la capacidad y la sostenibilidad de las pesquerías naturales para satisfacer aumento de la demanda de ácidos grasos omega-3 (EPA y DHA) se ha hecho esfuerzos hacia la producción con base en tierra, incluidos los peces de cultivo, plantas MG y la producción a gran escala de microalgas. El valor de mercado estimado para productos envasados que contengan EPA y DHA se ha estimado que pueden llegar a \$ 34.7 mil millones para el año 2016 (Adarme-Vega *et al.* 2014).

Se ha cuestionado la validez de las evaluaciones de riesgos, tanto en relación los riesgos para la salud de los consumidores como para el medio ambiente, concentrándose principalmente en los

efectos a largo plazo, donde los impactos sobre la salud humana es muy poco conocido. Sin embargo, se ha ido detectando algunos efectos; tales como, la presencia de nuevas alergias por introducción de nuevas proteínas en los alimentos, resistencias a antibióticos, nuevos tóxicos en los alimentos y los efectos nutricionales asociados con la MG, siendo preocupación de diversos investigadores (Spendeler 2005; Domingo & Bordonaba 2011).

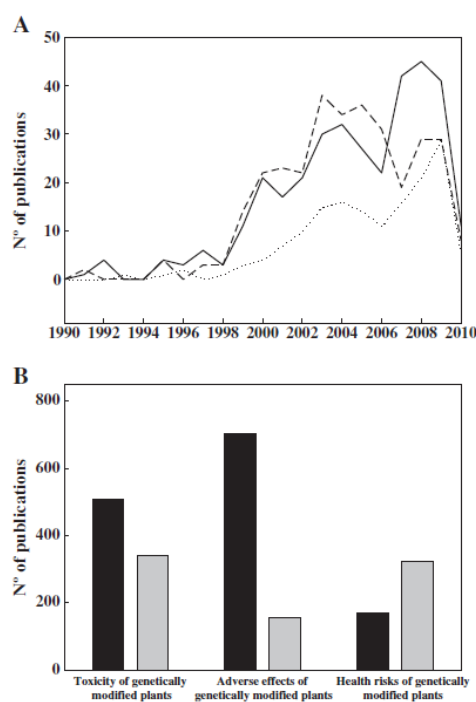


Figura 2. (A) Número de publicaciones por año, desde 1990 hasta el 2010, en referencia a toxicidad de las plantas modificadas genéticamente (—), los efectos adversos de las plantas modificadas genéticamente (···) y los riesgos para la salud de las plantas modificadas genéticamente (---), utilizando la base de datos Pubmed. (B) Comparación entre el número total de publicaciones que utilizan diferentes palabras clave con bases de datos de Scopus (■) y PubMed (▣). Fuente: Domingo & Bordonaba (2011).

El objetivo principal de la revisión de artículos científicos de Domingo y Bordonaba (2011), fue evaluar críticamente la publicación científica sobre los posibles riesgos de los efectos tóxicos para la salud, de las plantas modificadas genéticamente, teniendo en cuenta el número total de referencias generales sobre los OMG en alimentos en general, y que se encuentra en las bases de datos PubMed y Scopus, que ha aumentado considerablemente entre 2006 y 2010 (Figura 2). En términos generales, estos autores remarcan la necesidad de más esfuerzos científicos con el fin de fomentar la confianza en la evaluación y aceptación de los alimentos MG, tanto para el científico, la comunidad, como para el público en general. Estos autores también concluyeron que el uso de OMG en los animales debe ser reexaminado ya que se ha demostrado que aumenta el IGF-1 y que, a su vez, puede promover el cáncer.

En lo relacionado a los usos en biorremediación, los Microorganismos Genéticamente Modificados (MGM) han demostrado un potencial para aplicaciones de biorremediación en el suelo, el agua subterránea, y en ambientes de lodos activados, que exhiben una mayor capacidad de degradación y que abarcan una amplia gama de contaminantes químicos. Además, la gran mayoría de los estudios relativos a la biorremediación microbiana manipulada genéticamente son compatibles con los datos experimentales obtenidos por el laboratorio (Drobnôâ 1999).

En general, existen relativamente pocos ejemplos de aplicaciones de los MGM en los ecosistemas ambientales. Desafortunadamente, la única manera de abordar plenamente la competencia de los MGM en los esfuerzos de biorremediación es a través de los estudios de campo de liberación a largo plazo (Sayler & Ripp 2000). Por lo tanto, es esencial que se realicen estudios de campo para adquirir la información necesaria para determinar la eficacia y los riesgos asociados a la introducción de MGM en los ecosistemas naturales en general (Yu *et al.* 2012; Busch *et al.* 2004).

La evaluación de inocuidad de los alimentos GM generalmente investiga: (a) los efectos directos sobre la salud (toxicidad), (b) las tendencias a provocar una reacción alérgica (alergenicidad), (c) los componentes específicos con sospecha de tener propiedades nutricionales o tóxicas; (d) la estabilidad del gen insertado, (e) los efectos nutricionales asociados con la modificación genética; y (f) cualquier efecto no deseado que podría producirse por la inserción genética. Si bien las discusiones teóricas han abarcado una amplia gama de aspectos, los tres temas principales debatidos son las tendencias a provocar una reacción alérgica (alergenicidad), la transferencia de genes y el cruzamiento lejano (*outcrossing*) (WHO 2002, Soltész *et al.* 2013; Wang 2013).

Varios investigadores han detectado una serie de riesgos potenciales al ambiente asociados con la liberación al campo de los

OMG. Estos riesgos se pueden explorar a nivel genómico, de individuos y poblaciones y de ecosistemas. Además, se deben considerar efectos a corto, mediano y largo plazo (Ortiz & Ezcurra 2001).

De los 27 países que sembraron cultivos biotecnológicos en 2013 (Figura 3), 19 fueron países en desarrollo y ocho industrializados. Cada uno de los diez primeros países cultivó más de un millón de hectáreas, proporcionando una base mundial amplia para el crecimiento diversificado en el futuro. Más de la mitad de la población del mundo, 60% o ~4.000 millones de personas, viven en los 27 países que siembran cultivos biotecnológicos (James 2012). EE.UU. continúa siendo el principal productor de cultivos biotecnológicos en el mundo, con 70.1 millones de hectáreas (40% del total mundial). India cultivó un récord de 11.0 millones de hectáreas de algodón Bt, mientras que 7.5 millones de pequeños agricultores de escasos recursos en China cultivaron 4.2 millones de hectáreas de algodón Bt, cultivando en promedio 0.5 hectáreas por agricultor.

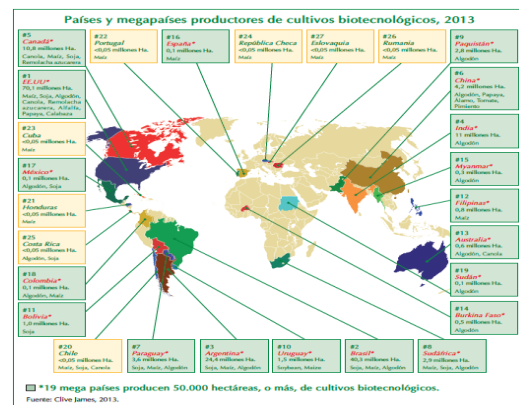


Figura 3. Países y mega países productores de cultivos biotecnológicos, 2013. Fuente: James 2012.

La falta de sistemas regulatorios apropiados, científicos y efectivos desde el punto de vista de costo/tiempo continúa siendo el principal obstáculo para la adopción. Se necesita una regulación responsable, rigurosa, pero no onerosa para los países con menos recursos, que se ven “excluidos” por completo dado el alto costo de desarrollo y aprobación de cultivos biotecnológicos (James 2012).

CONCLUSIONES

El uso de los OMG debe hacerse con una seria evaluación de los riesgos que puedan representar para el medio ambiente, la biodiversidad y la salud humana. Además, estas evaluaciones deben considerar todos los componentes involucrados: el organismo receptor y su biología, los organismos donadores, el método de inserción, la composición completa de la construcción, la etapa de la estabilización, las condiciones del ambiente en donde se quieren liberar y las interacciones de los organismos con su entorno biótico y abiótico.

Las decisiones deben tomarse “caso por caso y paso por paso”, y de conformidad al compromiso de conservar y proteger la gran biodiversidad biológica de nuestro país, un legado invaluable para la humanidad. Asimismo la rápida expansión de los cultivos modificados genéticamente en algunas partes del mundo contrasta con el poco conocimiento que tenemos en la actualidad de su impacto socio-económico, para la salud y para el medio ambiente.

Sobre los mecanismos biológicos permanecen muchas incógnitas y nadie es capaz de predecir todos los efectos de la inserción de un gen en un organismo extraño, sobre todo cuando este organismo se libera al medio ambiente. Si un organismo modificado genéticamente resultase perjudicial para la salud, no lo podríamos detectar por falta de mecanismos adecuados, en particular por las deficiencias del sistema de etiquetado.

LITERATURA CITADA

- ADAME-VEGA, T.C.; THOMAS-HALL, S.R. & SCHENK, P.M. 2014. Towards sustainable sources for omega-3 fatty acids production. *Current Opinion in Biotechnology*, 26:14-8.
- AGUILERA, J.; GOMES, A.R. & OLARU, I. 2013. Principles for the risk assessment of genetically modified microorganisms and their food products in the European Union. *International Journal of food Microbiology*, 167(1):2-7.
- AHMED, F.E. 2002a. Detection of genetically modified organisms in foods. *Trends in Biotechnology*, 20(5):215-233.
- AHMED, F.E. 2002b. Identification of Genetically Modified Organisms. *Molecular Diagnostics*, 431.

- BARTLEY, D.M. & HALLERMAN, E.M. 1995. A global perspective on the utilization of genetically modified organisms in aquaculture and fisheries. *Aquaculture*, 137:1-7.
- BRECKLING, B.; REUTER, H.; MIDDELHOFF, U.; GLEMNITZ, M.; WURBS, A.; SCHMIDT, G. & SCHRO, W. 2011. Risk indication of genetically modified organisms (GMO): Modelling environmental exposure and dispersal across different scales oilseed rape in Northern Germany as an integrated case study. *Ecological indicators*, 11:936-941.
- Broekgaarden, C.; Snoeren, T.L.; Dicke, M. & Vosman, B. 2011. Exploiting natural variation to identify insect resistance genes. *Plant Biotechnology Journal*, 9(8):819-825.
- BOOKES, G. & BARFOOT, P. 2013. Key environmental impacts of global genetically modified (GM) crop use. *Crops & Food*, 4(2):109-219.
- BUCH, U.; PECORARO, S.; POSTHOFF, K. & ESTENDORFER-RINNER, S. 2004. First time detection of a genetically modified of a genetically modified papaya in Europe – Official complaint of a non-authorized genetically modified organism within the EU. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 100:377-380.
- CARSTENS, K.; ANDERSON, J.; BACHMAN, P.; DE SCHRIJVER, A.; DRIVERY, G.; FEDERICI, B.; HAMER, M.; GIELKENS, M.; JENSEN, P.; LAMP, W.; RAUSCHEN, S.; RIDLEY, G.; ROMEIS, J.; WAGGONER, A. 2012. Genetically modified crops and aquatic ecosystems: Considerations for environmental risk assessment and non-target organism testing. *Transgenic Research*, 21:813-842.
- CONSTABLE, A.; JONAS, D.; COCKBURN, A.; DAVI, A.; EDWARDS, G. & HEPBURN, P. 2007. History of safe use as applied to the safety assessment of novel foods and foods derived from genetically modified organisms. *Food Chem Toxicol*, 45:2513-2525.
- DEISINGH, A.K. & BADRIE, N. 2005. Detection approaches for genetically modified organisms of foods. *Food research International*, 38(6): 639-649.
- DEVOS, Y.; HAILS, R.S.; MESSÉAN, A.; PERRY, J.N. & SQUIRE, G.R. 2012. Genetically modified herbicide tolerant oilseed rape from seed import spills: are concerns scientifically justified? *Transgenic Research*, 21(1):1-21.
- DEWAR, A.M. 2009. Weed control in glyphosate-tolerant maize in Europe. *Pest Management Science*, 65(10):1047-1058.

- DOMINGO, J.L. 2007. Toxicity studies of genetically modified plants: a review of the published literature. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(8): 721-733.
- DOMINGO, J.L. & BORDONABA, J.G. 2011. A literature review on the safety assessment of genetically modified plants. *Environment International*, 37(4):734-742.
- DROBNOA, J. 1999. Genetically Modified Organisms (GMO). *Bioremediation and legislation*, 44:4-7.
- ELLWANGER, K. & HAUSSER, A. 2013. Physiological functions of protein kinase D in vivo. *IUBMB Life*, 63(2):98-107.
- FU, X. & LIU, J. 2013. Orange (*Citrus sinensis* Osbeck). Constitutively Overexpressing a Spermidine Synthase. *Gene*, 2013.
- GENG, S.; LI, A.; TANG, L.; YIN, L.; WU, L.; LEI, C.; MAO, L. 2013. TaCPK2-A, a calcium-dependent protein kinase gene that is required for wheat powdery mildew resistance enhances bacterial blight resistance in transgenic rice. *Journal of Experimental Botany*, 64(11):3125-3136.
- GOEDHART, P.W.; VOET, H.; BALDACCHINO, F. & ARPAIA, S. 2014. A statistical simulation model for field tasting of non-target organisms in environmental risk assessment of genetically modified plants. *Ecol Evol*, 4(8):1267-1283.
- HAMMOND, B.; KOUGH, J.; HEROUET-GUICHENEY, C. & JEZ, J.M. 2013. Toxicological evaluation of proteins introduced into food crops. *Critical reviews in Toxicology*, 43(2):25-42.
- HUANG, H.; CHENG, F.; WANG, R.; ZHANG, D. & YANG, L. 2013. Evaluation of four endogenous reference genes and their real-time PCR assays for common wheat quantification in GMOs detection. *PloSOne*, 8(9).
- JAMES, C. 2012. Situación mundial de los cultivos biotecnológicos. Resumen Ejecutivo. www.isaaa.org.
- KAWAKATSU, T.; KAWAHARA, Y.; ITOH, T. & TAKAIWA, F. A whole-genome analysis of a transgenic rice seed-based edible vaccine against cedar pollen allergy. *DNA Research*, 20:623-631.
- LEE, L. & GELVIN, S.B. 2008. T-DNA binary vectors and systems. *Plant Physiology*, 146(2): 325-332.
- LI, Y.; XING, D. & ZHANG, D. Rapid detection of genetically modified organisms on a continuous-flow polymerase chain reaction microfluidics. 2009. *Analytical Biochemistry*, 385(1):42-49.
- NAGESWARA-RAO, M.; KWIT, C.; AGARWAL, S.; PATTON, M.T.; SKEEN, J.A.; YUAN, J.S.; STEWART, C.N. 2013. Sensitivity of a real-time PCR method for the detection of transgenes in a mixture

- of transgenic and non-transgenic seeds of papaya (*Carica papaya* L.). *BMC Biotechnology*, 13:69.
- NOMBELA, C. 2005. Organismos Modificados Genéticamente en la Agricultura y la Alimentación. Informe. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- ORTIZ, S. & EZCURRA, E. 2001. Los organismos genéticamente modificados y el medio ambiente. *Gaceta ecológica*, 60:29-36.
- PARDO-LÓPEZ, L.; SOBERÓN, M. & BRAVO, A. 2013. *Bacillus thuringiensis* insecticidal three-domain Cry toxins: mode of action, insect resistance and consequences for crop protection. *FEMS Microbiology Reviews*, 37(1): 3-22.
- PARK, F. 2007. Lentiviral vectors: are they the future of animal transgenesis? *Physiological Genomics*, 31(2):159-173.
- QAIM, M. & KOUSER, S. 2013. Genetically Modified Crops and Food Security. *PloS One*, 8(6): e64879.
- REUTER, H.; SCHMIDT, G.; SCHRÖDER, W.; MIDDELHOFF, U.; PEHLKE, H. & BRECKLING, B. 2011. Regional distribution of genetically modified organisms (GMOs)—Upscaling the dispersal and persistence potential of herbicide resistant oilseed rape (*Brassica napus*). *Ecological indicators*, 11(4): 989-999.
- ROSALES-MENDOZA, S.; PAZ-MALDONADO, L.M.T. & SORIANO-GUERRA, R.E. 2012. *Chlamydomonas reinhardtii* as a viable platform for the production of recombinant proteins: current status and perspectives. *Plant Cell Reports*, 31(3):479-494.
- SAINSBURY, F.; BENCHABANE, M.; GOULET, M.C. & MICHAUD, D. 2012. Multimodal protein constructs for herbivore insect control. *Toxins*, 4(6): 455-475.
- SAYLER, G.S. & RIPP, S. 2000. Field applications of genetically engineered microorganisms for bioremediation processes. *Current Opinion in Biotechnology*, 11(3): 286-289.
- SOLTESZ, A.; SMEDLEY, M.; VASHEYI, I.; GALIBA, G.; HARWOOD, W. & VÁGÚJFALVI, A. 2013. Transgenic barley lines prove the involvement of TaCBF14 and TaBF15 in the cold acclimation process and in frost tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 64(7): 1849-1862.
- SPENDELER, L. 2005. Organismos Modificados Genéticamente: una nueva amenaza para la seguridad alimentaria. *Rev. Esp. Salud Pública*, 79(2): 271-282.
- TABACHNIK, B.E; BRÉVAULT, T. & CARRIÉRE, Y. 2013. Insect resistance to Bt crops: lessons from

- the first billion acres. *Nature Biotechnology*, 3(6):510-521.
- TAMIS, W.L.M.; Dommelen, A. & Snoo, G.R. 2009. Lack of transparency on environmental risks of genetically modified microorganisms in industrial biotechnology. *Journal of Cleaner Production*, 17(6): 581-592.
- WANG, C.; BAO, Y.; WANG, Q. & ZHANG, H. 2013. Introduction of the rice CYP714D1 gene into *Populus* inhibits expression of its homologous genes and promotes growth, biomass production and xylem fibre length in transgenic trees. *Journal of Experimental Botany*, 64(10):2847-2857.
- WEBSTER, D.E. & THOMAS M.C. 2012. Post-translational modification of plant-made foreign proteins, glycosylation and beyond. *Biotechnology Advances*, 30(2): 410-418.
- WHO. 2002. 20 questions on Genetically Modified (GM) Foods. World Health Organization, foods, 1-8.
- YU, X.D.; PICKETT, J.; MA, Y.Z.; BRUCE, T.; NAPIER, J.; JONES, H.D. & XIA, L.Q. 2012. *Journal of Integrative Plant Biology*, 34(5):282-299.