

Realidades del uso de organismos mejorados genéticamente en la agricultura y la alimentación

Giovanni Garro (*)
ggarro@itcr.ac.cr

Los cultivos y alimentos mejorados por biotecnología moderna, conocidos mundialmente como GMO (*Genetically Modified Organism*) u OGM (en español), representan el avance de mayor impacto comercial de la agricultura moderna en los últimos 20 años. Estos se refieren al uso de técnicas de ingeniería genética que permiten insertar, de forma dirigida, secuencias génicas en los genomas de los cultivos o alimentos con el fin de que se incorporen y se expresen de forma adecuada como un nuevo rasgo o característica propia de la planta (Garro 2012).

Estos cultivos se han posicionado en el mercado con una gama de características mejoradas, entre ellas caracteres de interés agronómico (primera generación), como resistencia a virus o insectos o tolerancia a herbicidas como el glifosato.

Otro grupo de caracteres de interés se relaciona con el procesado de los alimentos para evitar la oxidación de la manzana o la papa (segunda generación) y otras características relacionadas con la nutrición o modificación en la composición de cultivos y alimentos (tercera generación) (Pantanelli, 2007, Giardi, 2010).

También es importante la búsqueda de genes o características relacionadas con la resistencia a condiciones adversas producto del cambio climático, como a la sequía o a concentraciones altas de salinidad, aumentando así el rendimiento del cultivo y la capacidad de utilización.

Si bien estas técnicas de la biotecnología han permitido desarrollar cultivos y alimentos de forma más dirigida en comparación con las técnicas convencionales de mejora genética, se deben ver como forma alterna y complementaria a las técnicas convencionales, en las que se basa el desarrollo actual del 98%

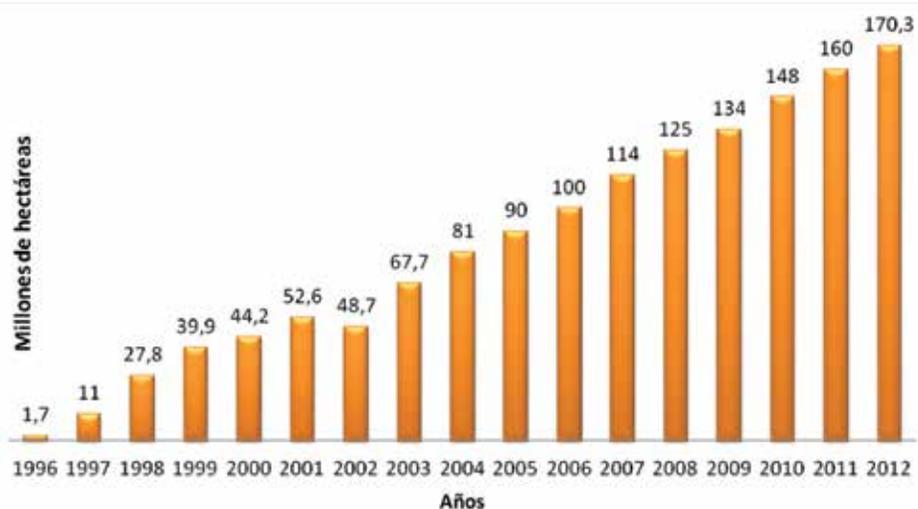


Figura 1. Evolución en el tamaño del área sembrada de cultivos OGM a nivel mundial en el período de 1996 al 2012, según James (2012).

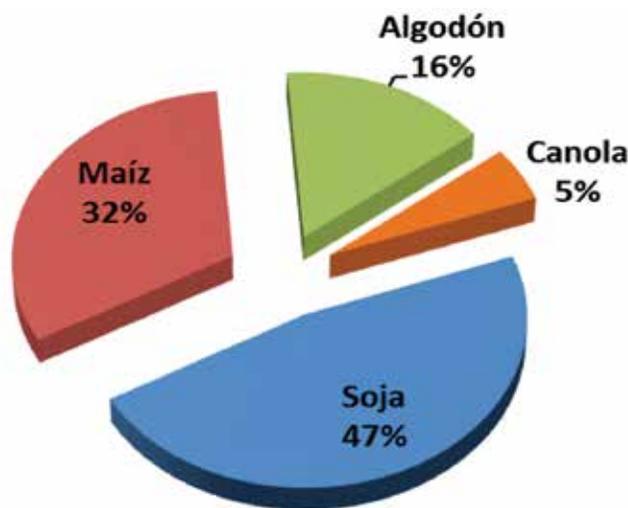


Figura 2. Principales cultivos a nivel mundial y su proporción del total de área cultivada con transgénicos, según James (2011).

de los alimentos vegetales y animales que se consumen (Garro 2004).

Situación mundial en el cultivo de OGM

En 2012 el total mundial de área sembrada con cultivos transgénicos alcanzó los 170,3 millones de hectáreas (Figura 1), lo cual se traduce en un incremento del 6% comparado con datos del 2011 (James 2012). La soja, el algodón, el maíz y la canola son los principales cultivos transgénicos con mayor área de siembra (Figura 2).

En cuanto a los países con mayor área cultivada, Brasil (soya, maíz y algodón) ocupa el segundo lugar, tras EE.UU., en hectáreas de cultivos biotecnológicos en el mundo, con 36,6 millones de hectáreas y emergiendo como un líder mundial en cultivos biotecnológicos.

Por cuarto año consecutivo, Brasil fue el motor de crecimiento a nivel mundial en 2012, aumentando sus hectáreas de cultivos biotecnológicos más que cualquier otro país del mundo: un aumento récord de 6,3 % (James, 2012).

Cinco países de la Unión Europea (UE) -España, Portugal, República Checa, Eslovaquia y Rumanía- plantaron un récord de 129 071 hectáreas de maíz biotecnológico Bt, un incremento sustancial del 13% sobre 2011; España cultiva el 90%, equivalente a 116 307 hectáreas del total de hectáreas cultivadas con maíz biotecnológico Bt en la UE.

Dos nuevos países, Sudán (algodón Bt) y Cuba (maíz Bt) plantaron cultivos biotecnológicos por primera vez en 2012. Alemania y Suiza no pudieron plantar papas

biotecnológicas *Amflora* al discontinuarse su comercialización; Polonia discontinuó la plantación de maíz Bt debido a inconsistencias regulatorias en la interpretación de las leyes sobre aprobación de plantaciones entre la UE y Polonia. La UE, salvo Polonia, sostiene que todas las autorizaciones necesarias para plantar están vigentes. En 2012, Sudán se convirtió en el cuarto país en África, después de Sudáfrica, Burkina Faso y Egipto, en comercializar un cultivo biotecnológico: algodón Bt biotecnológico. Se plantaron un total de 20 000 hectáreas tanto en superficies de secano como de riego (James, 2012).

Desarrollos recientes para la alimentación

Resistencia a virus del mosaico dorado en frijol, Brasil

El mosaico dorado es la mayor plaga que afecta el cultivo de frijol en Suramérica y puede causar pérdidas de hasta el 100% de la cosecha. En 2011, Brasil aprobó el cultivo y comercialización del frijol Embrapa 5.1, una variedad genéticamente modificada resistente a esa plaga que amenaza la producción del alimento más popular de Brasil y el primer transgénico totalmente desarrollado en el país. Según Embrapa, considerado el mayor centro mundial de investigaciones en agricultura tropical, las semillas del frijol transgénico resistente al virus del mosaico dorado estarán disponibles para los productores en 2014.

El Embrapa 5.1 fue generado con la estrategia de ARN interferente o de interferencia (*RNAi*) y es altamente resistente al virus del mosaico dorado del frijol [cuya nomenclatura oficial en lengua inglesa es *bean golden mosaic virus* (BGMV)]. Para la obtención de resistencia al virus se insertó un gen quimérico para la expresión de un ARN que contiene un par de fragmentos del *gen rep* (*AC1*) del BGMV, colocados en sentido y antisentido pero intercalados por un intrón. Ese RNA fue diseñado para formar un transcrito con secuencias de ARN bicatenario (*double stranded*, o *dsRNA*) que son reconocidas por un complejo molecular de la célula, el cual genera pequeños fragmentos de ARN (*small interfering* o *siRNA*) los cuales interfieren con la expresión del *gen rep* viral. Como consecuencia de la falta de expresión del *gen rep*, la replicación viral se ve comprometida y

las plantas se vuelven resistentes a la virosis (Bonfim et al. 2007).

Manzanas que no se oxidan: *Arctic apples*®

El oscurecimiento de las manzanas pardas es su principal padecimiento, un mal conocido como *pardeamiento enzimático*. Es causado por la reacción química de la manzana después de que ha sufrido alguna lesión celular como aplastamiento, mordeduras o cortes. Las *arctic apples* no sufren de ese pardeamiento.

Para crear científicamente manzanas del Ártico, el equipo científico Okanagan de especialistas en frutas evita la expresión de los genes de PPO (polifenol oxidasa, enzima que oxida la manzana) en un proceso conocido como silenciamiento génico, que utiliza genes de baja PPO de otras manzanas. El silenciamiento génico es un proceso natural que todas las plantas y animales utilizan para controlar la expresión de sus genes. Esta transformación de manzana a manzana es ayudada por herramientas biotecnológicas probadas con el tiempo. Al final, las manzanas Ártico producen muy poca PPO lo que impide que se oscurezcan con la exposición al aire luego de ser cortadas (Bettenhausen et al. 2013).

Inocuidad alimentaria (las pruebas vs. los mitos)

Con respecto a la polémica sobre la inocuidad de la ingesta de estos productos, expresada por ciertos grupos ambientalistas, cabe

señalar que estos cultivos han sido estudiados como no se ha hecho con ningún otro producto convencional, para conocer sus posibles riesgos para la salud humana. Las pruebas y análisis sanitarios que han generado estos productos más bien ponen en tela de duda la inocuidad de los productos convencionales y orgánicos, los cuales no son sometidos a esta serie tan rigurosa de análisis de inocuidad.

Dos de los principales focos de atención de estos análisis se refieren a la evaluación del riesgo de alergias y toxicidad. Hay que decir que ningún producto, ya sea generado por técnicas de ingeniería genética o por técnicas convencionales de mejora genética, posee riesgo cero de producir alergias o causar toxicidad en algún grupo de la población.

Análisis del posible efecto tóxico de los alimentos mejorados genéticamente

La toxicidad de muchos alimentos y medicamentos que se encuentran hoy día en los supermercados ha sido probada por medio de la simulación de condiciones naturales o en pruebas *in vivo* con animales de laboratorio de uso clásico en medicina. Una de las pruebas más importantes y de mayor validez se refiere al consumo por parte de ratones de alimentos con proporciones de la proteína de hasta 1000 veces la cantidad que se encontraría en el alimento transgénico (Konig et al. 2004).

Dada la validez del uso de ratones en pruebas de toxicidad en alimentos, se puede



concluir que la ausencia de efectos adversos significativos en la salud de los ratones por la ingesta de la proteína transgénica, indica que la proteína evaluada no es tóxica para la salud de las personas. A la fecha cerca de 120 productos han sido evaluados y ninguno ha resultado positivo en estas pruebas de toxicidad, según lo informado por el *Center for Disease Control and Prevention (CDC)*.

Evaluación del potencial alergénico de los productos transgénicos

A pesar de que todavía no hay fundamentos científicos para asumir que los alimentos transgénicos u otros alimentos nuevos son más o menos alergénicos que los alimentos tradicionales, entre los aspectos de inocuidad a los cuales se debe prestar atención al introducir nuevas características, está la necesidad de asegurarse de que no se esté introduciendo un alérgeno en el nuevo producto desarrollado.

Los porcentajes de alergenicidad usuales, mostrados por diversas poblaciones para los ocho grupos de alimentos alérgenos tradicionales (crustáceos, nueces, huevos, pescado, leche, maní, soya y trigo) se han estimado entre el 3 y el 5%. Estos porcentajes nunca han sido sobrepasados por los porcentajes mostrados en las poblaciones donde se comercializan productos transgénicos.

En 1996, el *International Food Biotechnology Council and the Allergy and Immunology Institute of the International Life Sciences Institute* desarrolló una serie de parámetros para evaluar los productos transgénicos y así determinar el posible potencial alergénico de estos alimentos. Los parámetros son los siguientes:

1. Origen del material genético transferido: se deberá prestar particular atención si proviene de una fuente que contiene alérgenos.
2. Homología de la secuencia: la secuencia de muchos aminoácidos está disponible actualmente. La secuencia de aminoácidos de la proteína introducida en los alimentos transgénicos debe ser comparada con la secuencia de aminoácidos disponible para los alérgenos conocidos.
3. Inmunorreactividad de la nueva proteína introducida: si la proteína introducida es derivada de una fuente conocida de aler-



genos, o si tiene una secuencia de aminoácidos similar a la de un alérgeno, entonces se deberá comprobar la reactividad de la proteína con *IgE* del suero de individuos alérgicos apropiados.

4. Propiedades fisicoquímicas de la proteína introducida.
5. Efecto del pH y la digestión: la mayoría de los alérgenos son resistentes a la acidez gástrica y a las proteasas (enzimas digestivas que degradan proteínas).
6. Estabilidad ante el procesamiento o calor: los alérgenos lábiles, en alimentos que se consumen cocidos o atraviesan otros procesos antes de su consumo, son de menor importancia.

Estos parámetros han sido validados por muchos grupos de trabajo tales como la *FAO/WHO/ FDA/CDC*, en los que se concluye que la estrategia de rastreo de alergenicidad tiene una alta probabilidad de prevenir la introducción de proteínas alergénicas en los nuevos productos genéticamente modificados.

Equivalencia sustancial

Además de las pruebas de alergenicidad y toxicidad a que se someten estos productos

antes de ser aprobados, se encuentra el análisis de equivalencia sustancial. El producto biotecnológico se compara con el mismo producto obtenido de modo convencional, en cuanto contenido nutricional, características de sabor y otros. Así se comprueba que los nuevos productos contienen las mismas proporciones de azúcares, lípidos, proteínas y demás compuestos, similares a los productos convencionales que no han sido modificados. La única diferencia sustancial que se debería encontrar sería el contenido de la nueva proteína introducida. Ningún producto que haya presentado riesgos reales y comprobados científicamente ha sido usado en el campo ni ha sido comercializado (Taylor 2000). “La evidencia muestra que los alimentos generados por ingeniería genética son tan seguros como sus contrapartes generados por técnicas convencionales”, afirmó Lester Crawford, delegado comisionado de la *FDA* (2003).

Cultivo y bioseguridad de OGM en Costa Rica

Costa Rica posee actividades de cultivo en campo de OGM cuyo objetivo principal es el incremento de semillas de ciertos tratamientos en diversas fases de desarrollo. Se



aprovechan así las condiciones favorables de clima que permiten ciclos de cultivo alternos a los que se dan en los países de origen de estos desarrollos.

La semilla es cultivada, colectada en su totalidad y enviada a su país de origen para continuar su proceso de desarrollo y evaluación por parte de la empresa a cargo del proceso. Tal es el caso del algodón (cerca de 1 000 hectáreas) y soya (menos de 20 hectáreas). En el pasado se reprodujo semilla de maíz.

Existen proyectos de investigación con plátano, banano y arroz (proyecto modelo de la Universidad de Costa Rica) que procuran resolver importantes problemas de resistencia a plagas de estos cultivos. Así, en caso de que en un futuro sean desregulados (se permita su uso comercial), tendrían importantes beneficios desde el punto de vista agronómico, económico, social y ambiental, dado que al lograrse una resistencia genética a diferentes plagas se estaría reduciendo significativamente la utilización de plaguicidas químicos.

Con respecto a las políticas de bioseguridad, en Costa Rica se creó la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio) hace 13 años (Decreto N° 26921 del 20 marzo de 1998), la cual está integrada por representantes de las instituciones públicas como la Gerencia de Biotecnología del MAG, la Oficina Nacional de Semillas, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT), el Ministerio de Salud y representantes de la Academia Nacional de Ciencias. Recientemente fue modificada la constitución de la comisión para incluir a representantes de la Federación para la Conservación del Ambiente y la Red de Coordi-

nación en Bioseguridad (Decreto N° 31946 del 4 octubre del 2004). La CTNBio ha participado de forma activa en congresos y reuniones internacionales sobre bioseguridad en instancias como la FDA, la USDA y el Codex Alimentarius (FAO), órgano internacional de referencia en aspectos de inocuidad alimentaria y etiquetado de alimentos (Garro 2012).

Con el apoyo de instituciones académicas y otras instituciones públicas, ha generado diversas instancias de difusión y debate de aspectos de la biotecnología moderna. También ha recibido apoyo internacional del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (UNEP-GEF, siglas en inglés) para la implementación del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad de la Biotecnología Moderna, derivado de la Convención sobre Biodiversidad.

En este proyecto se trabaja sobre todo en el fortalecimiento de la infraestructura de las autoridades competentes en la gestión de la implementación del Protocolo de Cartagena (Ley #8537 del 2006). De forma paralela se desarrolla un proyecto titulado *Construcción de capacidades multipaís para el cumplimiento del protocolo de Cartagena (Lac-Biosafety)* financiado por UNEP-GEF en el cual varios países latinoamericanos (Brasil, Colombia, Perú) junto con Costa Rica están generando experiencias de investigación que servirán como insumos importantes a los tomadores de decisión en la aprobación de solicitudes de siembra de OGM en los países participantes del proyecto (Garro 2012).

Esta panorámica nacional, junto a la experiencia de los demás países de la región cen-

troamericana, podría suponer un desarrollo acertado de la biotecnología agrícola y alimentaria. Diversas instituciones han fijado como meta el fortalecimiento de programas en biotecnología, lo cual debe ser una meta común de los gobiernos locales con el fin de tener visiones integrales articuladas que permitan desarrollar estrategias de país y no simples esfuerzos individualizados, que a la postre resulten frustrados o sean sometidos a un tortuoso camino antes de ser aceptados y validados por la población civil.

Bibliografía

- Aboites, G. y Félix, G. 2011. Centroamérica: Uso de semillas genéticamente modificadas e incremento del ingreso de los agricultores. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). México.
- Bonfim K, Faria JC, Nogueira E., Mendes E. y Aragao . (2007). RNAi-mediated resistance to Bean golden mosaic virus in genetically engineered common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Mol. Plant Microbe Interact.* 20 (6): 717-26.
- Garro G. 2004. Biotecnología moderna e inocuidad alimentaria. Alimentaria. Publicación Oficial de la Cámara Costarricense de la Industria Alimentaria (CACIA) N° 75: 34-37. Setiembre-octubre.
- Garro G. 2012. Desarrollo de cultivos y alimentos por técnicas de biotecnología moderna en Centroamérica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 25, N° 5. Pág. 40-54.
- James, C. 2011. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2011. ISAAA Brief No. 43. ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. 2012. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2012. ISAAA Brief No. 44. ISAAA: Ithaca, NY.
- Bettenhausen 2013. Engineered Apples Near Approval. Fruit with nonbrowning genes may get green light in U.S. *Chemical and Engineering News*. Volume 91 Issue 14; pp. 31-33.
- Pantaneli, A. 2007. Alimentos fortificados y enriquecidos. *Revista Alimentos Argentinos*. 14: 1-5.
- Trigo, E; y Villarreal, F. 2009. La agrobiotecnología en las Américas: una mirada a la situación actual y a las tendencias futuras, IICA (ISBN 13: 978-92-9248-030-1), San José, Costa Rica.
- Villalobos, V. 2008. Los transgénicos: oportunidades y amenazas, Ediciones Mundi-Premsa. Pp. 124.
- Giardi 2010. Bio-Farms for Nutraceuticals. *Functional Food and Safety Control by Biosensors*. Vol. 698. ISBN: 978-1-4419-7346-7. ■

(*) Giovanni Garro es profesor e investigador de la Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Es biólogo y tiene una maestría en biología de la Universidad de Costa Rica. Actualmente, es representante ante la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTNBio).