



Laura Méndez y Giovanni Garro  
 Centro de Investigación  
 en Biotecnología  
 Instituto Tecnológico  
 de Costa Rica

# OGM: caso de papa y manzana que no se oxida

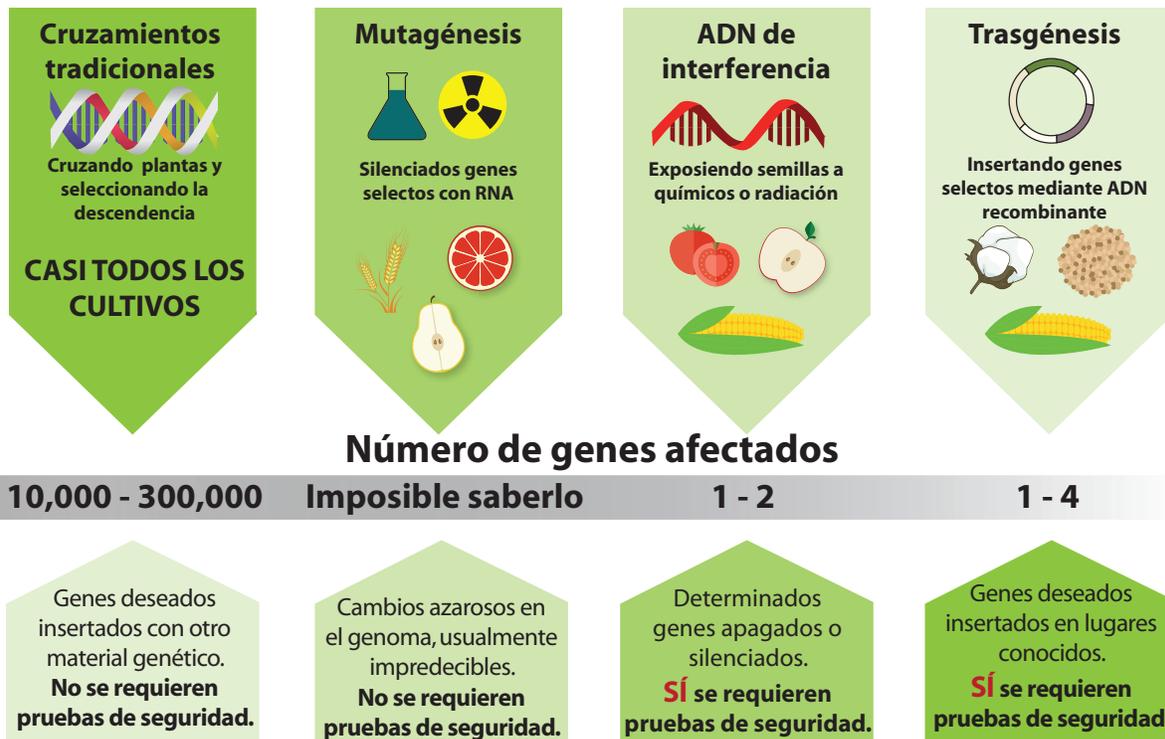
Los alimentos mejorados mediante biotecnología moderna, conocidos como GMO (Genetically Modified Organism) u Organismos Genéticamente Modificados en español (OGM), son plantas las cuales se les modificó de uno a cuatro genes mediante técnicas de Ingeniería Genética. Los segmentos nuevos de ADN son bien conocidos y contienen secuencias específicas de genes que codifican para una o dos proteínas cuya función es controlar alguna característica nueva de la planta.

Esto se hace principalmente con el fin de producir proteínas de interés industrial o mejorar ciertos rasgos, como calidad nutricional, modificar una ruta metabólica, generar tolerancia a sequía, resistencia a plagas, etc. Lo específico de la ingeniería genética es que, a diferencia del mejoramiento tradicional de plantas, solamente altera la planta huésped al introducirle uno o pocos genes y no cambia el resto de

su ADN. Por lo tanto el nuevo rasgo se inserta en una variedad conocida sin modificar sus características que la hacen ventajosa en términos agronómicos y de calidad.

Entre las técnicas de modificación de cultivos alimentarios están: 1) cruzamientos tradicionales, donde se seleccionan plantas que ofrecen mayores ventajas y se realiza el cruzamiento, posteriormente se selecciona la descendencia; 2) mutagénesis, la cual se hace por medio del uso de sustancias químicas o radiaciones se inducen mutaciones al azar en el genoma; 3) ARN de interferencia, que silencia la expresión de genes específicos y 4) transgénesis, en donde los genes seleccionados se insertan en lugares específicos. (Ver gráfico ¿Cómo son modificados genéticamente los cultivos?)

## ¿Cómo son modificados genéticamente los cultivos?



Fuente: No toda la ciencia es creada de la misma manera: La historia de los cultivos genéticamente modificados.



*Agrobacterium tumefaciens* y *Agrobacterium rhizogenes* son bacterias que parasitan las plantas y son capaces de transferir fragmentos de ADN, dejando como resultado la inserción de genes funcionales dentro del genoma de la planta huésped. Este mecanismo ocurre naturalmente y ha sido adaptado por quienes trabajan en ingeniería genética con el propósito de mejorar cultivos. Recientemente se demostró que dos diferentes regiones de T-DNA (IbT-DNA1 y IbT-DNA2) están presentes en el genoma del camote cultivado (*Ipomoea batatas*) y que estos genes foráneos son observados en niveles detectables en diferentes tejidos del camote. Estos estudios demuestran que la transgénesis es un fenómeno que ha ocurrido de forma natural en varios organismos y entonces la ingeniería genética lo que hace es utilizar estas herramientas de origen natural y aplicarlas con fines de mejorar cultivos de importancia económica.

Durante los últimos 20 años los cultivos transgénicos y sus derivados han venido posicionándose en el mercado mundial llegando a 182 millones de hectáreas cultivadas en el 2014. Recientemente se han aprobado algunos cultivos genéticamente modificados que son de interés industrial como la manzana ártica y la papa Innate®, las cuales no se oxidan.

**Arctic Apple® (Manzana ártica)**

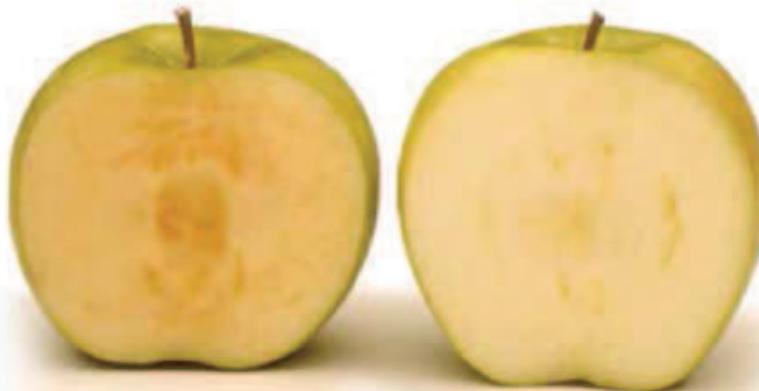
La manzana es de las frutas preferidas y más consumidas durante todo el año. En el periodo entre 2003 y 2013 la producción de esta fruta aumentó hasta alcanzar los 75-80 millones de toneladas. Las frutas y vegetales pre cortados son una tendencia que está

creciendo en los mercados mundiales; sin embargo, para mantener algunas frutas sin que se oxiden, es necesario agregar algunos antioxidantes como el Ascorbato de calcio, lo que hace que cambie el sabor de la fruta.

En febrero del 2015 se aprobó la comercialización en Estados Unidos y Canadá de dos variedades de una manzana genéticamente modificada, la cual resiste a la oxidación que se da cuando se corta la fruta o cuando se golpea. La oxidación es causada por una enzima llamada polifenol oxidasa (PPO) que se encuentra naturalmente en frutas y vegetales. Cuando la fruta se corta o se golpea, estas enzimas catalizan la oxidación de polifenoles a quinonas, causando el proceso de oxidación. El daño es superficial, no obstante, puede afectar el sabor y la textura de la manzana, así como sus cualidades cosméticas e industriales.

En las variedades árticas las manzanas fueron modificadas genéticamente mediante la introducción de un transgen que produce ARN específicos para silenciar la expresión de al menos cuatro genes que producen la enzima polifenol oxidasa. Estas secuencias de ARN fueron introducidas dentro de las variedades Granny Smith® y la Golden Delicious®, para enlazarse complementariamente con el ARN mensajero que tiene la información para la producción de las PPOs, resultando así que no se produzca la proteína o que se produzca en cantidades significativamente pequeñas.

**Variedad de manzana convencional versus variedad de manzana Ártica.**



Fuente: Adaptado de How'd we "make" a nonbrowning apple?

El responsable de estas variedades es Okanagan Specialty Fruits, una empresa canadiense cuya visión es el desarrollo de nuevas variedades comerciales de árboles frutales que ofrezcan beneficios tanto para los

agricultores, como para los consumidores. Estas variedades de manzana pasaron por varios procesos regulatorios antes de ser aprobadas. Organizaciones como el USDA (U.S. Department of Agriculture), CFIA



(Canadian Food Inspection Agency), Health Canada y la FDA (Food and Drug Administration), las calificaron como igual de seguras y nutritivas que sus contrapartes convencionales.

**Papa Innate®**

La papa representa gran importancia comercial. Solo durante el año 2012, China produjo cerca de 86 millones de toneladas de papa, convirtiéndose así en el principal productor de este alimento a nivel mundial durante ese año. Al igual que la manzana, la papa se corta y se vende empacada; sin embargo, esta tiene que llevar preservantes para evitar su oxidación.

Las papas se oxidan fácilmente durante su manejo o durante su almacenamiento, pueden tomar un color café con solo unos pocos minutos de exposición al aire. Esta oxidación no cambia su sabor, pero las hace menos apetecibles a la vista, por lo que usualmente en estas condiciones son descartadas por los consumidores.

En noviembre del 2014 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés)

aprobó el cultivo con fines comerciales de una papa genéticamente modificada (conocida como papa Innate®) la cual no se oxida.

Para controlar la oxidación, los científicos de Simplot (empresa responsable de esta papa) etiquetaron la enzima polifenol oxidasa (PPO), y silenciaron uno de los genes de PPO de la papa (PPO5) aislándolo desde una variedad de papa domesticada y reintroduciendo el gen modificado dentro de los cultivos comerciales. El gen modificado activa una ruta de ARN de interferencia, de este modo se silencia la expresión del gen, reduciendo así la producción de la polifenol oxidasa.

Además, la papa Innate® posee una segunda característica: poca cantidad de acrilamida. Esto se logra mediante el silenciamiento del gen de la enzima asparagina sintetasa- 1(ASn 1). La acrilamida ha sido relacionada con el cáncer en los roedores, se forma cuando la papa y otros alimentos ricos en almidón, son cocinados a altas temperaturas.

**Papa modificada Innate® versus papa convencional.**



Fuente: Emily Waltz, USDA approves next-generation GM potato.

A pesar de que por muchos años las técnicas de mejoramiento de cultivos antes mencionadas han sido utilizadas con éxito en el proceso de fitomejoramiento, en la actualidad se cuenta con nuevas tecnologías que permitirán editar el genoma de los cultivos y alimentos de forma puntual, modificando solamente uno o dos nucleótidos a nivel de la secuencia de ADN.

Tecnologías conocidas como CRISPR y TALEN están en desarrollo a nivel de investigación, pero ya se cuenta

con resultados exitosos. A partir de estos desarrollos muy probablemente se deba rediseñar los sistemas regulatorios para OGM, pues estos nuevos productos no serán tan fácilmente detectables.

Los cultivos genéticamente mejorados son una alternativa segura para cumplir con la demanda mundial de productos con características favorables para su industrialización y eficientes nutricionalmente. 

*Se omiten referencias bibliográficas*