



Universidad Michoacana de San Nicolás de
Hidalgo

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

ESTADO DEL ARTE DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

TESINA:

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADA EN QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

P R E S E N T A:

P.Q.F.B. ALIX DAMARIS ARREOLA CAMPOS

Asesor de Tesis:

Dr. Hector Eduardo Martinez Flores

Morelia, Michoacán, México, Febrero de 2017

DEDICATORIA

A mis padres,

Gustavo Arreola Gutiérrez y Rosalinda Campos

A mis hermanas,

Dalina, Vilma y Paulina

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), a mi asesor Héctor Eduardo Martínez Flores, al Diplomado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos, y a todos los que participaron para que pudiera ser posible mi formación como profesionista.

ÍNDICE GENERAL

Resumen.....	1
I. Introducción al estado del arte de los alimentos transgénicos.....	3
1.1._ ¿ Que son los alimentos transgénicos?.....	5
1.2._ Principales métodos para transferencia de genes.....	13
1.3._ Modificaciones Genéticas mas usadas en alimentos	16
1.4._ Modificaciones de interés para productor y consumidor.....	20
1.5._ Obtención de alimentos transgénicos.....	21
1.5.1 Seguridad alimentaria y medioambiental.....	23
1.5.1.1._ EFSA.....	23
1.5.1.2._ Introducción a la situación actual de los GMO y principales transgénicos aprobados.....	25
1.5.1.3._ Riesgos de los GMO para la salud publica.....	25

1.5.1.3.1._ Alergias.....	25
1.5.1.4._Posibles impactos en la salud humana y análisis de riesgo.....	28
II. Conclusiones y perspectivas.....	35
III._ Referencias bibliográficas.....	36

Indice de figuras

Figura 1.1.....	9
Figura 1.2.....	10
Figura1.3.....	14
Figura 1.4.....	29

Indice de tablas

Tabla 1.1.....	11
----------------	----

Tabla 1.2.....17

Tabla 1.3.....19

Tabla 1.4.....31

Tabla 1.5.....32

Tabla 1.6.....33

I. RESUMEN

Los alimentos transgénicos son aquellos elaborados y/o procesados a partir de cultivos y/o microorganismos modificados genéticamente por técnicas de Ingeniería Genética. La Organización de las Naciones Unidas calcula que para el año 2050 la población mundial será de 16 mil millones de habitantes. Ante esta situación surgen grandes incógnitas debido a la contaminación, la deforestación, el deterioro de la capa de ozono y el impacto de estos factores sobre los sistemas productivos de alimentos. A pesar de los avances existentes actualmente, en ciencia y tecnología aún perduran las preguntas acerca de cómo se cubrirán las necesidades de agua y alimentación para la subsistencia de la creciente población. Ya se ha hecho una serie de elucubraciones al respecto, sin embargo, habrán de adoptarse medidas para lograrlo. La manipulación genética se basa en la introducción de segmentos de ácido desoxirribonucleico o ADN ajeno a las células que se desee transformar, mediante diversas técnicas llamadas "de ADN re-combinante", que tienen la capacidad de modificarlo o manipularlo. Los productos transgénicos deben cumplir los criterios establecidos por la directiva europea de 1997: "que sea necesario y útil, seguro para la salud humana y el medio ambiente, y que sus características sean las declaradas y que, además, se mantengan con el tiempo". Lo que hace la EFSA(Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) es evaluar el riesgo de los Organismos Genéticamente Modificados (GMO) y dar opiniones al respecto. Así pues, las empresas que soliciten la comercialización de sus productos en la UE, de acuerdo con la legislación europea, un comité científico independiente deberá efectuar un análisis de riesgos y evaluar así la seguridad del GMO en cuestión. El objetivo de la presente revisión es hacer un análisis del estado actual de los alimentos transgénicos y como han ido evolucionando los conceptos y las nuevas tendencias de su desarrollo.

Palabras clave: Manipulación, ADN re-combinante, EFSA, GMO, análisis.

ABSTRACT

The transgenic foods are known as foods processed and/or processed from genetically engineered crops and/or microorganisms by Genetic Engineering techniques. The United Nations Organization estimates that by the year 2050 the world population will be 16 billion inhabitants. Faced with this situation, large unknowns arise due to pollution, deforestation, deterioration of the ozone layer and the impact of these factors on food production systems. In spite of the current advances in science and technology, questions remain about how the water and food needs will be covered for the subsistence of the growing population. A great number of explanations have already been made in this regard, however measures will have to be taken to achieve this. Genetic manipulation is based on the introduction of pieces of deoxyribonucleic acid or foreign DNA to the cells to be transformed, using various techniques called "recombinant DNA", which have the ability to modify or manipulate it. Transgenic products must comply. The criteria established by the European directive of 1997: "that it is necessary and useful, safe for human health and the environment, and that its characteristics are declared and that, moreover, they are maintained over time." What EFSA(European Food Safety Authority) does is to assess the risk of GMOs and provide feedback. Therefore, companies requesting the marketing of their products in the EU, in accordance with European legislation, an independent scientific committee should carry out a risk analysis and thus assess the safety of the GMO in question. The objective of the present review is to make an analysis of the current state of transgenic foods and how the concepts and new trends of their development have evolved.

I.1 INTRODUCCIÓN AL ESTADO DEL ARTE DE LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Hace más de doce mil años, en diez puntos distintos del planeta nuestros antepasados domesticaron algunas plantas generando lo que hoy en día conocemos como cultivos agrícolas. Más tarde se inició la cría en cautividad de algunos animales salvajes y también el aprovechamiento de los zumos de algunos frutos y los fluidos biológicos de algunos animales para generar los primeros alimentos y bebidas fermentadas. Al finalizar el siglo XX, a estas técnicas desarrolladas se les dio el nombre de técnicas de agroalimentación, las cuales, han sido en gran medida la responsable de la vasta diseminación de la especie Homo sapiens, pero también ha sido la responsable de las mayores agresiones al planeta, justificables sólo por la ansiedad de la especie humana de perpetuarse y colonizar todos los nichos ecológicos que le rodean. Desgraciadamente, esta realidad actual de una agroalimentación abundante y variada es cambiante en el espacio. Los más de seis mil millones de seres humanos que habitan este planeta no dispone de la misma oferta alimentaria y, mientras algunos escogen los componentes de su dieta para mantener la línea o fortalecer su musculatura, otros carecen de comida.

Con el vertiginoso desarrollo de la biología molecular y tras largos y costosos ensayos en laboratorios, los ingenieros genéticos han logrado obtener los mismos resultados conseguidos con la biotecnología, aunque de manera más rápida, eficiente y específica. Así, lograron incorporar material genético (genes) de otro organismo, a una planta. En una primera fase, la ingeniería genética (IG) de las plantas se enfocó principalmente a la creación de especies que expresaran resistencia a herbicidas y pesticidas, lo que permitió la eliminación selectiva de maleza u otros organismos sin daño a la planta. En una segunda fase, se comenzó a utilizar la IG para mejorar la calidad de las cosechas en términos de beneficios para el consumidor, con un poten-

cial impacto en la nutrición humana. Los alimentos transgénicos (AT) son el más reciente fruto de la evolución tecnológica, aunque su conocimiento es incipiente e incompleto(Reyes S, Rozowski N. Abril 2003)

En el 2005, la Organización Mundial de la Salud (OMS) dio a conocer un informe que evidencia que los sistemas reguladores de seguridad en esta materia han estado y están en desacuerdo, además de ser confusos. La incertidumbre y los cuestionamientos críticos reconocidos por la OMS han sido planteados, en el pasado, tanto por organizaciones de la sociedad civil y de consumidores alrededor del mundo, como por investigadores independientes. A la luz de los conocimientos científicos actuales, puede concluirse que en este tema son más las incertidumbres que las certezas. No hay evidencias concretas y confiables para hacer afirmaciones de que los AT son seguros, pues no existen programas de seguimiento de sus efectos sobre la salud humana. A pesar de que los AT pueden presentar efectos nocivos para la salud, lo cierto es que no se están estudiando lo suficiente. Según el criterio de los promotores de los AT, su inocuidad pretende establecerse mediante el concepto de “equivalencia sustancial”, que consiste en demostrar la supuesta “equidad” entre un AT y el original no alterado. Sin embargo, varios científicos han mostrado que este concepto es arbitrario y acientífico, puesto que no solo es vago e inconcreto, sino que además es flexible, maleable y está abierto a interpretaciones diversas, incertidumbres, arbitrariedades y violación al derecho de información (Herbert, et ál, 2006).

Gran parte de la controversia sobre los AT gira en torno de hasta qué punto son un riesgo y si vale la pena correrlo. Entre las amenazas y preocupaciones en esta área están las siguientes: alergias, resistencia a antibióticos, preocupaciones por el uso de virus en las modificaciones genéticas, alteraciones en el contenido nutritivo de los alimentos, e incluso la presencia de efectos tóxicos que pueden llegar a ser severos e inclusive letales (Fagan, 1997)DEFINICIÓN DE ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

1.1.¿QUE SON LOS ALIMENTOS TRANSGÉNICOS?

Se conocen como alimentos transgénicos (AT) a aquellos alimentos elaborados y/o procesados a partir de cultivos y/o microorganismos modificados genéticamente por técnicas de Ingeniería Genética.

Los alimentos transgénicos son:

1. Cultivos que se pueden utilizar directamente como alimento y que han sido modificados genéticamente.
2. Alimentos que contienen un ingrediente o aditivo derivado de un cultivo modificado genéticamente.
3. Alimentos que se han producido utilizando un producto auxiliar para el procesamiento, el cual puede provenir de un microorganismo modificado genéticamente (por ejemplo, quesos elaborados a partir de la quimosina recombinante, producida por un hongo filamentoso manipulado genéticamente, *Aspergillus niger*, para la producción de una enzima) bovina).

(M. Fernandez Suarez, 10 de Abril 2009)

Una característica deseable en el aprovechamiento de los recursos naturales, es la sustentabilidad que ante todo busca en su explotación el cuidado de la naturaleza, incluyendo mecanismos que respeten a los grupos poblacionales que mantienen esos recursos. La ingeniería genética ha contribuido en los últimos años, con técnicas novedosas, al fitomejoramiento y la manipulación de animales y microorganismos, generando organismos novedosos en el ambiente, llamados organismos genéticamente modificados (OGM). Se trata de aquellos organismos a los que se les han introducido genes ajenos a ellos, es decir, que mediante la manipulación genética realizada en el laboratorio se obtienen organismos con características novedosas, lo que por cruza tradicionales no se lograría, dado que se trata de una transferencia

que ocurre de una especie a otra, de un género a otro, o incluso de un reino a otro, y se les llama transgénicos. Generalmente, las características nuevas que se les confieren son de gran interés: mejor comportamiento agronómico, mejores rendimientos en campo, mejor calidad de frutos; tolerancia a enfermedades, plagas y condiciones ambientales adversas.

El propósito de estas modificaciones genéticas, además de mejorar las variedades, es obtener algunos productos difíciles de conseguir en la naturaleza; los OGM conforman un sistema más fácil de manejar: de esta manera, se cuenta con desarrollos interesantes como cultivos resistentes a plagas, la expresión de lisozima y lactoferrina humanas en la leche de ganado bovino u ovino, la producción de insulina genéticamente modificada (GM) o recombinante en sistemas bacterianos; también se han manipulado árboles para modificar su lignina de forma que se facilite la extracción de la pulpa de celulosa. Se han creado peces que alcanzan el tamaño comercial en menor tiempo gracias a la inserción de genes de hormona de crecimiento en su organismo.

Gran parte de los OGM se relacionan con la cadena de producción de alimentos; respecto a lo anterior, la OMS de la ONU sugiere cuatro categorías para los alimentos producidos mediante biotecnología moderna:

1. Alimentos que consistan o que contengan organismos vivos o viables; por ejemplo, el maíz.
2. Alimentos derivados de, o que contengan ingredientes derivados de OGMs; por ejemplo, harinas, productos que contengan proteínas o aceite de soya genéticamente modificado.
3. Alimentos que contengan un solo ingrediente o aditivo producido por un microorganismo GM; como pueden ser colorantes, vitaminas o aminoácidos indispensables.
4. Alimentos cuyos ingredientes hayan sido procesados por enzimas producidas mediante microorganismos GM; por ejemplo, el jarabe fructosado producido a partir de un almidón que haya sido procesado usando glucosa isomerasa producto de un OGM. Los alimentos llamados comúnmente

“transgénicos”, en sentido estricto pertenecen a la primera categoría, aunque se insiste en llamar de la misma manera a las otras tres categorías. Para fines prácticos, en el presente capítulo se tratarán principalmente las dos primeras categorías.

La manipulación genética se basa en la introducción de segmentos de ácido desoxirribonucleico o ADN ajeno a las células que se desee transformar, mediante diversas técnicas llamadas “de ADN recombinante”, que tienen la capacidad de modificarlo o manipularlo. En la actualidad, las plantas son las que dominan el comercio de productos genéticamente modificados; le siguen los productos del mismo tipo que con frecuencia se hallan en el mercado de ingredientes, denominados “ayudas de proceso” y enzimas obtenidas generalmente con microorganismos recombinantes; finalmente, existen también algunos animales genéticamente modificados como los salmones y tilapias con hormona de crecimiento, que aún no son comerciales.

Un AT es en muchas ocasiones el fruto o el grano obtenido de una planta transgénica, aunque a veces la transformación no va dirigida a éste sino más bien a las hojas, tallos o raíces. Sin embargo, las modificaciones genéticas están presentes en todo el organismo, en el polen y en sus semillas, y las posibilidades de flujo génico aumentan, ya que estas plantas pueden ser capaces de heredar su ADN recombinante. Son dos las estrategias generales de transformación genética de plantas: la transformación mediada por vectores vivos, utilizando organismos que naturalmente infectan las plantas como *Agrobacterium* y con algunos virus, así como la transferencia directa de genes utilizando métodos físicos o fisicoquímicos.²³

Cualquiera de estas técnicas requiere de la manipulación del gen de interés que será integrado en un vehículo capaz de ser introducido a las células que se desee transformar. Una vez transformadas las células es necesario regenerar la planta transformada a partir de esas células, por lo que la ingeniería genética se apoya en el cultivo de tejidos.

El punto de partida (Figura 1.1) es una planta de la cual, mediante polinización, se generan otras plantas, de donde se obtiene, en las primeras etapas de desarrollo, el material vegetativo necesario para el cultivo de tejidos. La mayoría de las técnicas de transformación genética emplean embriones inmaduros como blanco potencial para la introducción del ADN ajeno al organismo. Cuando se les coloca en los medios de cultivo apropiados, los embriones comienzan a formar callos; otras técnicas practican la introducción del ADN foráneo en esta fase. En cualquiera de los casos, una vez que se ha insertado este ADN en las células, debe contarse con un mecanismo para seleccionar las que han sido transformadas exitosamente; mediante este mecanismo se obtienen subconjuntos de células que pueden ser sometidas al proceso de regeneración. Esto se logra colocando las células en un medio de cultivo que contenga un agente de selección, como herbicida o un antibiótico al cual sean resistentes únicamente las células que hayan recibido el nuevo material genético intacto. Esta resistencia debe estar integrada en el vector de clonación que acarrea el gen de interés. Las células que sobreviven se transfieren a los medios de cultivo apropiados y se desarrollan brotes de tejido verde. Luego, los brotes se transfieren a otro medio para formar plántulas, las cuales pueden ser retiradas del medio de cultivo y plantadas por primera vez en tierra. Más tarde se trasplantan a un invernadero y, si todo sale bien, maduran para convertirse en plantas completas. En este punto se cuenta ya con una planta transgénica que se cultiva hasta llegar a la madurez para producir semillas, las cuales se convierten en la base de las subsiguientes generaciones para realizar los ensayos de este material novedoso, ya que debe verificarse la productividad, la expresión fenotípica, el rendimiento y las características nutricias de la planta transformada.

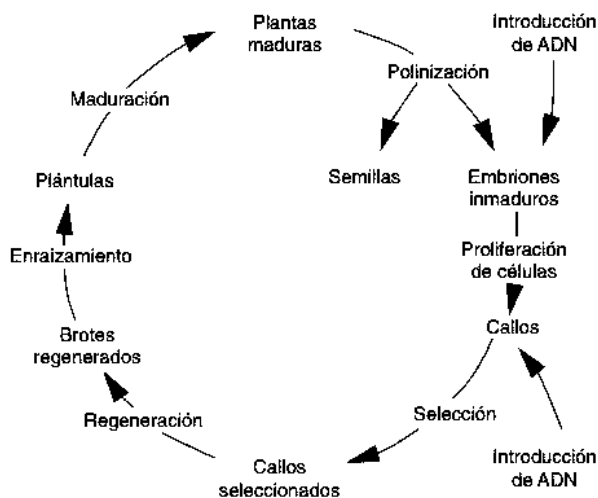


Figura 1.1 El proceso de ingeniería genética. Fuente: Hoisington (1996).

La figura 1.1 presenta un esquema simplificado de lo que se está introduciendo en el genoma de una planta. En el proceso de desarrollo del (OGM), normalmente se inserta un vector en una bacteria que sirve como una especie de reactor biológico que lo replica el vector, como se le llama por su función de transmitir un gen, tiene diversos componentes. El gen marcador de selección permite discriminar las células que obtuvieron al vector durante la transformación, de tal modo que se utilicen para amplificar el ADN y se obtengan suficientes copias del material genético para emplearlas en los pasos posteriores. Entre los componentes del vector se encuentran también los elementos de control, requeridos porque el segmento nuevo de ADN tiene que ser controlado por un promotor que lo active en los tejidos apropiados y que permita su expresión. Además, la mayoría de los genes requieren algún tipo de señal de terminación que detenga la transcripción de ese segmento de ADN.

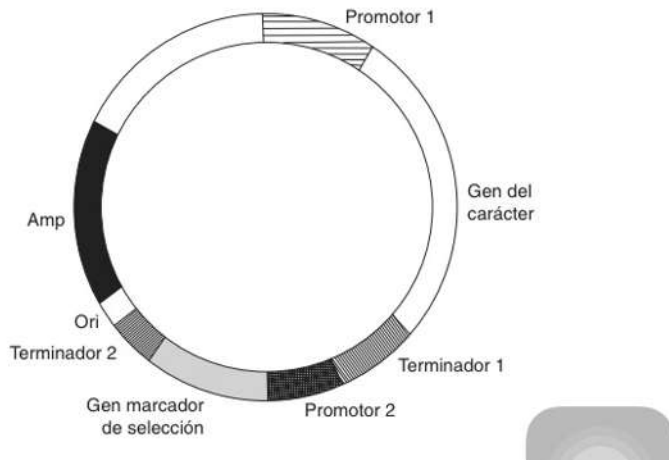


Figura 1.2 Vector típico de la transformación. Fuente: Hoisington (1996).

Para realizar una evaluación de la seguridad de las construcciones genéticas es necesario contar con información acerca de lo que incluye la secuencia del ADN introducida, así como los segmentos que regulan su expresión y los segmentos subordinados: el gen marcador de selección (resistencia a antibióticos o a herbicidas), el gen que codifica para la característica de interés, las secuencias de promotor y terminador, y alguna otra secuencia como pueden ser péptidos señal, etcétera. En algunos casos se insertan genes reporteros bajo el control de los elementos de la construcción que permiten el estudio del proceso mismo de la transformación.

En las evaluaciones de riesgo, un aspecto importante que debe conocerse son los genes marcadores. Como se describió antes, al transformar la planta se inserta no sólo un gen para un carácter específico sino también genes marcadores que permiten, mediante su expresión fenotípica, verificar el éxito de la inserción del vector en el genoma. Estos elementos son una herramienta útil en el proceso de transformación, que en general se arrastran en la construcción final, aunque no tengan una utilidad

posterior. A continuación, se presentan algunos de los marcadores que se utilizan con mayor frecuencia para la transformación de plantas (Tabla 1.1)

Tabla 1.1 GENES DE RESISTENCIA A ANTIBIOTICOS USADOS COMO GENES MARCADORES DE SELECCION . APH: Aminoglucósido-3'-fosfotransferasa. Fuente: Van den Eede (2004).

CUADRO 14.1 Genes de resistencia a antibióticos usados como genes marcadores de selección				
Grupo	Nombre del gen	Origen/Fuente	Modo de acción	Sustrato
I	<i>Hpt</i>	<i>E. coli</i>	Fosfotransferasa higromicina	Higromicina B
	<i>nptII</i>	Transposón Tn 5 de <i>E. coli</i>	APH (3') enzima II	Kanamicina, neomicina, geneticina
II	<i>Bla_(TEM-1)</i>	<i>E. coli</i>	TEM-1 β -lactamasa	Ampicilina, penicilina G, amoxicilina
	<i>aadA</i>	Plásmido R538-1 de <i>E. coli</i>	Aminoglicósido-3'-adenil-transferasa	Estreptomicina, espectinomina
III	<i>cat</i>	Transposon Tn9	Acetiltransferasa	Cloramfenicol
	<i>npt III</i>	Plásmido R de <i>Enterococcus faecalis</i>	APH (3') enzima II	Kanamicina, neomicina, geneticina, amikacina
	<i>tet A</i>	Transposon Tn 10	Mecanismo de flujo inverso de solutos	Tetraciclina

Otra estrategia de selección es la utilización de genes de resistencia a herbicidas o a otros agentes selectivos que permitan discriminar cuáles células han incorporado exitosamente la construcción genética. Uno de los más usados es el llamado gen bar, que confiere tolerancia al herbicida Basta® gracias a que se expresa la enzima fosfinotricina acetiltransferasa que confiere resistencia al herbicida también conocido como bialofós o glufosinato de amonio o PPT (fosfinotricina por su siglas en inglés). Éste ha sido un marcador útil para la transformación de muchos cereales, particularmente porque es de uso sencillo para seleccionar y obtener transformantes en un medio de cultivo con el herbicida. Evidentemente existe preocupación por el empleo de la tolerancia a los herbicidas como un marcador de selección, en particular, porque al permanecer en el producto final se incrementa la posibilidad de ser transferido a algunos parientes silvestres en el caso de escape de genes que produjera polinización y descendencia viable. En las primeras etapas del desarrollo de un sistema de transformación en las plantas se emplean por lo menos tres sistemas principales de

genes reporteros muy útiles, y algunos investigadores toda vía los incorporan como parte de su actividad ordinaria, para confirmar que la transformación se ha producido exitosamente.

Otro gen reportero bastante común, y que es útil en particular para la transformación de maíz blanco o amarillo, es el gen C1, que produce pigmentos rojos en la mayoría de las células de maíz que se transforman. El tercer gen reportero, es el gen lux, que produce una reacción de luminiscencia en la mayoría de las células transformadas. Por lo general, los genes reporteros no son productos finales, pero pueden ser muy útiles para monitorear los procesos de modificación genética por lo que a menudo se incorporan en el proceso definitivo de transformación y, consecuentemente, también se incluyen en el producto final.

En relación más estrecha con el gen del carácter de interés se encuentran los componentes que regulan su expresión. Los promotores tienen dos tipos básicos: el primero es el promotor constitutivo, que activa la expresión del gen en todos los tejidos y constantemente en el tiempo. El ejemplo por excelencia es el promotor CaMV 35S del virus del mosaico de la coliflor, que ha sido ampliamente usado en las construcciones comerciales, y su detección constituye uno de los primeros métodos utilizados para el monitoreo de OGMs en el ambiente. Otros promotores constitutivos usados comúnmente son los de los genes de la ubiquitina y la actina; a pesar de que trabajan en todos los tejidos, cada vez que se insertan genes regulados por promotores constitutivos, se obtienen diferencias en cuanto a la especificidad para el tejido o el grado de expresión. Por lo tanto, aun cuando se activan los genes, no siempre se activan en el mismo grado en todos los tejidos. El segundo tipo de promotores lo constituyen los sistemas de promotores inducibles o específicos para un tejido. Por ejemplo, si el objetivo es manipular el polen, entonces se tienen disponibles varios promotores que pueden ser inducidos mediante un choque térmico o por lesiones, o los que requieren de un tejido fotosintético para expresarse. Con la amplia gama de promotores que se encuentra a disposición de los investigadores, y sobre la base del tipo de gen que se desee insertar, así como el tejido y la etapa de desarrollo en los

cuales se expresará el gen, es relativamente simple identificar el promotor más apropiado para la construcción.

1.2 PRINCIPALES MÉTODOS PARA TRANSFERENCIA DE GENES

La transferencia directa de ADN puede lograrse a través de diferentes métodos físicos como bombardeo de tejidos o células con micropartículas cubiertas de ADN (biobalística), permeación de membranas celulares al ADN, inducida por corrientes eléctricas (electroporación), tratamientos químicos (con polietilenglicol, PEG), abrasión con fibras de silicio, microinyección y láser.

La técnica que se emplea con mayor frecuencia para la transformación de plantas se basa en la utilización de *Agrobacterium tumefaciens* como vehículo. Esta bacteria fitopatógena presente en el suelo tiene la capacidad de transferir ADN de sus plásmidos (ADN circular extracromosómico) a las células vegetales, al introducir un segmento de su ADN denominado ADN transferido, contenido en sus plásmidos Ti (inductor de tumores) y Ri (inductor de raíces). Las cepas de *Agrobacterium* deben haber sido manipuladas para eliminar los genes que inducen la formación de tumores y raíces, y a la vez deben introducir los genes deseados. El proceso culmina con la regeneración de tejidos y la creación de plantas completas. Esta técnica está casi exclusivamente restringida para dicotiledóneas.

La biobalística o bombardeo con micropartículas es un proceso muy original desarrollado por el grupo del doctor John Sanford, que permite introducir ADN a, virtualmente, cualquier tipo de célula. En este procedimiento el ADN se introduce a las células por medio de partículas microscópicas a altas velocidades, que atraviesan la pared y la membrana celular causando la muerte de muchas de las células, pero siempre hay algunas que son viables y han sido transformadas. Los microproyectiles adquieren un momentum (masa x velocidad) suficiente para penetrar las células blanco mediante el impulso de un choque de gas, que puede derivarse de una explosión química, la explosión eléctrica de una gota de agua, o una descarga de un gas inerte. Las células o tejidos que constituyen el blanco de los proyectiles se disponen

de tal forma que presentan la máxima superficie para el bombardeo, en un área cercana a los 5 cm de diámetro (Figura 1.3)



Figura 1.1. Pistola de Genes

Existen varios factores que afectan la transformación por bombardeo de micropartículas:

1. Naturaleza de las micropartículas, de tungsteno y de oro, aunque el tungsteno de bajo costo y disponible en una gran variedad de tamaños es tóxico para algunos tipos de células. El oro es un material biológicamente inerte, no es tóxico para las células vegetales y no cataliza la degradación del ADN que se adhiere. Sin embargo, es un material de alto costo.
2. Concentración de las micropartículas, ya que una concentración muy baja no logrará cubrir el área deseada, mientras que una alta puede resultar en la aglomeración de partículas que lograrán causar un gran daño a las células blanco.

3. Adherencia de ADN a las micropartículas, resulta esencial para el buen transporte del mismo. El método de Klein involucra la adición del plásmido disuelto en un buffer a una suspensión estéril de micropartículas de tungsteno, seguido por la adición de cloruro de calcio 2.5M y espermidina 0.1M. La suspensión de micropartículas se sonica para evitar la formación de agregados.
4. Transporte de las micropartículas al tejido, que se ve afectado por el intervalo que se sugiere de 10-280 plg Hg según estudios realizados. La distancia de las micropartículas al tejido blanco también afecta la velocidad de las mismas y su distribución en el tejido.
5. Incorporación del ADN introducido en el genoma del hospedero. En el bombardeo de micropartículas, los niveles de expresión transitoria del gen son mucho mayores a los de la expresión permanente. Siempre que se utilice esta técnica de transformación deberá estar consiente de que un alto nivel de expresión transitoria no está relacionado con un alto nivel de expresión permanente u obtención de plantas transgénicas. Una ineficiente incorporación del gen foráneo al genoma del huésped puede conducir a una expresión inicial pero se perderá en la siguiente replicación del ADN genómico durante la división celular. Debe ser posible verificar la integración de la construcción genética y por lo general se hace mediante la expresión de un gen reportero de expresión transitoria que pueda ser rápida y monitoreada fácilmente. El sistema del gen reportero GUS, desarrollado por Jefferson, se basa en el gen GUS que codifica para la β -glucuronidasa, que al transformar al sustrato incoloro X-gluc (ácido 5-bromo-4cloro-3indolil- β -D-glucorónico) da lugar a un producto oxidable de coloración índigo. Las células transformadas pueden ser identificadas por su coloración. El sistema GUS ha sido utilizado extensamente para optimizar el bombardeo de micropartículas.

1.3 MODIFICACIONES GENÉTICAS MÁS USADAS EN ALIMENTOS

En los cultivos genéticamente modificados los caracteres expresados con mayor frecuencia son la resistencia a insectos y la tolerancia a herbicidas. En la práctica agrícola se utiliza desde hace más de 40 años la toxina de *Bacillus turingiensis* (Bt) que es una bacteria común en el suelo y tiene la virtud de producir, en su fase de esporulación, una enorme cantidad de una proteína que se acumula en forma de un cuerpo de inclusión llamada 0 endotoxina. Esta proteína tiene la capacidad de activarse en el intestino de los insectos y resulta altamente específica contra larvas de ciertos tipos de insectos. Se han descrito una gran cantidad de cepas distintas de Bt que generan diferentes endotoxinas cuyos genes han sido identificados y aislados, por lo que su información puede ser fácilmente insertada en plantas. Entre los genes más utilizados y que se encuentran presentes en los granos comercializados a granel en el mundo se encuentran: Cry1Ab, Cry1Ac y CryIIIA.

La característica de tolerancia a herbicidas se describió anteriormente como un marcador de selección (cuadro 14.2), pero también es un carácter importante que permite aplicar un herbicida particular en el campo para matar malezas sin dañar al cultivo resistente. El herbicida más utilizado en este ámbito es el glifosato de amonio comercializado como RoundUp™ por la compañía Monsanto (cuadro 14.3). También existen materiales resistentes a glufosinato y otros herbicidas de menor circulación comercial. Los nuevos materiales generados se denominan eventos de transformación, debido a que se trata de organismos que provienen de una sola célula transformada genéticamente, que tienen insertado el ADN foráneo en un sitio particular en su genoma. En el cuadro 14.3 se presentan tanto los principales cultivos transformados genéticamente como los eventos comerciales de transformación.

Cuando se habla de maíz Bt que expresa la toxina Cry1Ab, se encuentran varios eventos de transformación, como los denominados Bt11, Bt176 o MON810 que corresponden a distintos “disparos” de biobalística y/o distintas células transformadas cada uno realizado en una variedad particular de maíz. Es lógico pensar que en la práctica comercial esos eventos originales de transformación puedan utilizarse en

fitomejoramiento y se utilicen para hacer retrocruzas. De hecho, en el caso del algodón Bollgard™ de Monsanto, se utilizó un híbrido manipulado con *Agrobacterium* para transferir el gen Cry1Ac con acción contra lepidópteros en la variedad Coker C312. El evento resultante se denomina MON0531-6 una vez que ha sido retrocruzado, de esta forma es posible generar variedades comerciales de buen rendimiento y utilidad, ya que éstas han sido adaptadas a condiciones ambientales específicas, y han heredado el carácter transgénico pero conservan el fenotipo útil que se busca con la retrocruza. Las nuevas variedades se consideran como el mismo evento de transformación, siempre y cuando el inserto se mantenga en el mismo sitio del genoma donde originalmente se insertó.

Tabla 1.2

CUADRO 14.3 Principales cultivos GM a nivel mundial				
Cultivo	Característica	Área cultivada 2004 (millones de has)	Área cultivada 2003 (millones de has)	Principales eventos de transformación
Soya	Tolerante a herbicida (tol. Glifosato principalmente)	48.4 (60% del área global sembrada con OGMs)	41.4	Soya RR™
Maíz	Resistente a insectos (Bt) y tolerante a herbicidas	19.3 (23% del área global sembrada con OGMs)	15.5	Bt-11, Bt-176, MON-810
Algodón	Resistente a insectos (Bt) y tolerante a herbicidas	9.0 (11% del área global sembrada con OGMs)	7.2	Bollgard™ y Bollgard II™
Canola	Tolerante a herbicidas	4.3 (6% del área global sembrada con OGMs)	3.6	

Los caracteres de interés insertados en los eventos de transformación comerciales permiten clasificarlos en dos generaciones de materiales transgénicos, y ambas se encuentran actualmente en el mercado: la primera generación de OGMs se ha diseñado para obtener un mejor comportamiento agronómico como los cultivos Bt y los resistentes a herbicidas, que de hecho actualmente dominan el mercado de granos a granel de soya, canola, algodón y maíz (cuadro 1.2). Un carácter importante en los eventos de primera generación lo constituye la resistencia a virus. La primera estra-

tegia desarrollada fue la expresión de las llamadas proteínas de la cubierta viral, que le confieren a la planta resistencia a la infección, y recientemente se manejó la modificación del movimiento sistémico real de las partículas víricas a través de toda la planta (cuadro 14.4). Los ejemplos más comunes de esta estrategia son las papas resistentes a los virus PVX y PVY, que se analizarán en el apartado 14.7.2. En la primera generación también puede incluirse a los OGMs que contienen toxinas diferentes de las mencionadas arriba y que confieren resistencia a tipos distintos de insectos. Así mismo, se encuentran ya en el mercado los cultivos que tienen la combinación de ambas características: resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas (anexo 1). La segunda generación tiene por objeto mejorar las variedades desde un punto de vista nutritivo y sensorial, de lo cual se hablará más adelante.

Para tener una idea de la popularidad de los granos transgénicos, se puede mencionar que en 2004 se calcularon 81 millones de hectáreas cultivadas con estos materiales. Los países con producción de transgénicos en el mundo son: Estados Unidos con 47.6 millones de hectáreas (59%); Argentina; 16.2 millones de hectáreas (20%); Canadá; 5.4 millones de hectáreas (6%); Brasil; 5 millones de hectáreas (6%); China; 3.7 millones de hectáreas (5%); Paraguay; 1.2 millones de hectáreas(2%); Sudáfrica; 0.5 millones de hectáreas (1%); Uruguay; 0.3 millones de hectáreas (<1%); Australia; 0.2 millones de hectáreas (<1%); Rumania; 0.1 millones de hectáreas (<1%); México; 0.1 millones de hectáreas (<1%); España; 0.1 millones de hectáreas (<1%); Filipinas (<1%)²⁶ (cuadro 14.4).

Tabla 1.3.

CUADRO 14.4 Características expresadas en los principales eventos comerciales de transformación

Fenotipo	Elemento genético modificado	Fuente
Composición de ácidos grasos	Delta(12)-acil deshidrogenasa	<i>Glycine max</i> (soya)
Restauración de fertilidad	Tioesterasa	<i>Umbellularia californica</i>
	Inhibidor de la barnasa	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> CP4
Tolerancia a herbicidas	Acetolactato sintasa	<i>Z. mays</i> (maíz)
		Gen quimérico (S4-Hr4)
		<i>A. thaliana</i>
		<i>Nicotiana tabacum</i> tolerante a clorosulfuro
	Glifosato oxidoreductasa	<i>Ochrobactrum anthropi</i>
	nitrilasa	<i>Klebsiella pneumoniae</i> subespecie <i>ozae</i>
	Fosfinotricina N-acetiltransferasa	<i>S. hygrosopicus</i>
		<i>S. viridochromogenes</i>
Resistencia a insectos	<i>CryIAb</i> delta-endotoxina (Btk HD-1)	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (Btk)
	<i>CryIAc</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (Btk)
	<i>cryIF</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>aizawai</i>
	<i>Cry2Ab</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i>
	<i>Cry34Ab1</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> cepa PS149B1
	<i>Cry35Ab1</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> cepa PS149B1
	<i>cry3A</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Tenebrionis</i>
	<i>cry3Bb1</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kumamotoensis</i>
	<i>Cry3Bb1</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> cepa EG4691
	<i>cry9c</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>Tobworthi</i>
Resistencia a lepidópteros	Inhibidor de proteasas	<i>S. tuberosum</i>
	<i>cryIF</i> delta-endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Esterilidad masculina	Ribonucleasa barnasa	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
	ADN adenina metilasa	<i>Escherichia coli</i>
Maduración retardada	1-amino-ciclopropano-1-ácido carboxílico desaminasa	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>
	Aminociclopropano ciclasa sintasa	<i>Lycopersicon esculentum</i> (tomate)
	poligalacturonasa	<i>Lycopersicon esculentum</i> (tomate)
	S-adenosilmetionina hidrolasa	Bacteriófago T3 de <i>E. coli</i>
Resistencia a virus	Helicasa	Luteovirus del enrollado de la hoja de papa (PLRV)
	Replicasa	Luteovirus del enrollado de la hoja de papa (PLRV)
	Proteína de la cápsida viral	Virus del mosaico del pepino
		Virus de la mancha anular de la papaya (PRSV)
		Virus Y de la papa (PVY)
		Virus del mosaico de la sandía 2
		Virus del mosaico de la calabaza

1.4._MODIFICACIONES DE INTERÉS PARA PRODUCTOR Y CONSUMIDOR

Es bien conocido que el consumo de soya produce flatulencia, en muchas personas, debido a su contenido de oligosacáridos que pasan intactos a la parte baja del intestino y allí la flora sí los degrada produciendo metano, H₂ y otros subproductos de la fermentación, lo que causa molestos síntomas. Esto limita el consumo de productos no sólo de soya, sino de otras leguminosas como el frijol. La posible solución es la transformación de bacterias lácticas (*Lactococcus lactis*) con la enzima **a**-galactosidasa de *Lactobacillus plantarum* ATCC8014. Actualmente, los autores de esta investigación evalúan la eficiencia de la biotransformación de rafinosa y estaquiosa en leche de soya con estos microorganismos GM o *in situ* en la porción alta del tracto gastrointestinal de animales al administrar oralmente un preparado de probióticos.

La industria vitivinícola es, como la cervecera, una industria tradicionalista, en la que es difícil introducir organismos novedosos o modificados genéticamente. Sin embargo, la investigación para modificar genéticamente algunas levaduras ha producido resultados interesantes. Respecto del mejoramiento de las propiedades sensoriales de las bebidas alcohólicas, Ganga¹⁸ y colaboradores construyeron una cepa recombinante que expresaba el gen de la b-(1,4)-endoxilanas de *Aspergillus nidulans* bajo el control de un promotor del gen de actina de levadura que lograba incrementar el aroma frutal y fue posible detectarlo organolépticamente en el vino producido con la cepa recombinante. La industria del sake también podría beneficiarse de construcciones como las reportadas por Hirosawa,²⁴ acerca de una levadura “autoclonaable” que sobreexpresaba el gen ATF1 que codifica para el alcohol acetiltransferasa que mejora el perfil de sabor del sake.

Los productos transgénicos deben cumplir los criterios establecidos por la directiva europea de 1997: "que sea necesario y útil, seguro para la salud humana y el medio ambiente, y que sus características sean las declaradas y que, además, se mantienen con el tiempo

1.5 OBTENCION DE ALIMENTOS TRANSGÉNICOS

Pese a que la mejora vegetal se ve limitada a la compatibilidad sexual, que como se ha dicho impide la fecundación de especies por fertilización cruzada. Es en este punto que adquiere especial importancia la ingeniería genética, la cual consigue ampliar esos límites y romper las barreras interespecíficas, consiguiendo mezclar material genético de especies totalmente dispares como por ejemplo una planta y un hongo. En este proceso un organismo recibe genes, no presentes en su material genético, de otro organismo, obteniendo así grandes efectos beneficiosos. En este principio y esta técnica se basan los que actualmente se conocen como AT.

Recapitulando, se puede decir que los AT se obtienen a partir de complicadas técnicas de ingeniería genética que se puede explicar de una manera bastante básica y sencilla: como por ejemplo, si se adquiere un tomate y permanece en buen estado durante 4 días aproximadamente. Sin embargo, una variedad de tomates un poco más caros puede llegar a estar en buen estado unos 7 días. Con lo anterior, se pretende explicar una de las ventajas principales de los AT. Además, resulta que ese tomate más caro es más sabroso que su "competidor", y lleva incorporadas una serie de vitaminas que hacen que sea más sano. Parece extraño, pero es cierto. Hoy en día, se pueden encontrar dos productos a simple vista similares, pero que en realidad presentan innumerables diferencias. Para obtener estos extraños alimentos, los científicos toman una célula del tomate convencional y extraen los alelos que rigen un determinado carácter. En su lugar incorporan otros normalmente extraídos de otro organismo que hagan funcionar al futuro tomate de forma diferente. Aunque parezca sencillo, no lo es. Lleva tiempo encontrar los alelos correspondientes a cada carácter y sustituirlos por otros adecuados. Además, existe la posibilidad de que se produzca un rechazo, pero no es habitual.

Es cierto, no obstante, que dicho proceso también tiene consecuencias fisiológicas y bioquímicas impredecibles, ya que se transfieren otros genes junto al gen deseado con el objetivo de estimularlo o incluso otros genes que actúan como gen marcador para identificar el material transferido o transformado.

Las consecuencias de tales sucesos no solo se pueden sopesar a nivel sanitario, ecológico o científico puramente sino también a nivel filosófico, moral y hasta religioso. Uno de los más importantes riesgos medioambientales que acarrearán los cultivos manipulados es que, una vez cultivadas las semillas, aparezcan híbridos entre esas plantas transgénicas y otras salvajes, pero de la misma familia, situadas en las inmediaciones. No sería extraño que estas nuevas plantas incorporasen la propiedad artificial, como la resistencia a algunos herbicidas ha tenido éxito. Con ello, según advierten estos grupos, se está provocando el fenómeno generalizado. Mientras entre la población surgen y crecen las dudas sobre la seguridad de los alimentos resultantes de la biotecnología, los científicos insisten en señalar que hasta el momento nadie ha podido demostrar que estos alimentos sean malos para la salud y que ninguna persona ha enfermado o desarrollado problemas por consumirlos. También apoyan sus tesis señalando que todos los alimentos comercializados en Estados Unidos, Australia y Europa han pasado estrictos controles sanitarios que avalan su seguridad.

Adicionalmente, las multinacionales que se dedican a la producción de variedades genéticamente modificadas señalan que sus productos suponen un importante aumento de las producciones y son considerablemente más respetuosos con el medio ambiente al posibilitar una reducción del número de tratamientos con productos químicos como herbicidas e insecticidas.

<http://saludusat.blogspot.mx/p/conclusion.html?m=1>

1.5.1 SEGURIDAD ALIMENTARIA Y MEDIOAMBIENTAL

1.5.1.1 EFSA

La EFSA (European Food Safety Authority) es el organismo europeo encargado de garantizar la seguridad de los alimentos consumidos en Europa. Dentro de la EFSA hay diferentes "paneles" o grupos que trabajan según la temática. Una de estas temáticas es la de los GMO (Organismos genéticamente modificados). La función del "GMO panel" de la EFSA es la de asesorar de forma independiente y evaluar tanto organismos modificados genéticamente (plantas y animales) como garantizar su viabilidad como alimento para humanos (food) y animales (feed).

Lo que hace la EFSA es evaluar el riesgo de los GMO y dar opiniones al respecto. Así, las empresas que soliciten la comercialización de sus productos en la UE, de acuerdo con la legislación europea, un comité científico independiente deberá efectuar un análisis de riesgos y evaluar la seguridad del GMO en cuestión. Todo producto transgénico debe ser evaluado previamente por la EFSA antes de ser sometido a una decisión del consejo europeo.

El "panel" o Grupo lleva a cabo su trabajo, ya sea en respuesta a las peticiones de asesoramiento científico de gestión de riesgos o bien por iniciativa propia. A menudo crea grupos de trabajo en los que participan científicos externos con experiencia sobre el tema para centrarse en asuntos concretos y ayudar a emitir los informes científicos. El mismo Grupo se reúne regularmente en sesiones plenarias para examinar las tareas en curso y las finalizadas. Cada resultado es consecuencia de todas las opiniones de los miembros del panel. Todas las opiniones tienen el mismo peso.

De vez en cuando la EFSA emite comunicados donde explican las líneas de trabajo que están siguiendo. Estos "documentos guía" sirven para garantizar transparencia y al mismo tiempo para encaminar a las empresas que quieran pedir de comercializar sus productos en la UE. El último documento guía que se ha aprobado hace referencia a los animales transgénicos. Este "documento guía" se denomina: Guidance on the risk assessment of food and feed from genetically modified animals and

on animal health and welfare aspects. Publicada el 26 de enero 2012. Es el primer documento de este estilo que se aprueba sobre este tema, lo que demuestra que la EFSA va evolucionando y abre las puertas a posibles animales MG, aunque parece que para ver aprobado un animal transgénico en la UE aún queda mucho recorrido !

Tras la publicación de un "Documento Guía ", la EFSA abre un periodo donde se pueden hacer comentarios, propuestas de mejora y los interesados pueden opinar. Estas "alegaciones" provienen de empresas, universidades, ONG, asociaciones diversas, organismos de asesoramiento nacional o individual, etc. La EFSA considera los comentarios y publica una "Guidance" final con todas las aportaciones que haya creído oportunas.

Hay siete documentos de orientación principales:

- Risk assessment of food and feed from GM plants (2011)
- Environmental risk assessment of GM plants (2010)
- Guidance on the submission of applications for authorisation of GM food and feed and GM plants for food and feed (2011)
- Risk assessment of GM microorganisms and their products intended for food and feed use (2011) •Risk assessment of GM plants used for non-food or non-feed purposes (2009)
- Renewal of authorisations of existing GMO products (2006)
- Risk assessment of food and feed from GM animals and on animal health and welfare aspects (2012)

Los dos primeros documentos son una recopilación de toda la información pertinente de los documentos anteriores de la EFSA sobre los diferentes aspectos de la evaluación de riesgos de los OMG. Proporcionan una visión general de los principios y requisitos de datos para la alimentación y evaluación del riesgo ambiental, respectivamente. El tercer documento – Guidance on the submission- proporciona instruc-

ciones para los solicitantes sobre cómo preparar y presentar los datos en una aplicación que se presentará a la EFSA.

Además, el Grupo de OMG, también responde a los requerimientos y las preguntas que se hagan sobre temas concretos y de vez en cuando evalúa algún tema que requiera atención especial.

Dentro del "panel GMO" se encuentra la Unidad de GMO, que da soporte administrativo y científico y puede llevar a cabo otros proyectos en competencia de la EFSA. La unidad también puede producir resultados científicos en nombre de la EFSA, por ejemplo, en respuesta a las solicitudes urgentes de asesoramiento científico.

1.5.1.2 INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS GMO Y PRINCIPALES TRANSGÉNICOS APROBADOS:

En el momento de describir la situación europea actual respecto a los transgénicos hay que dirigirse a los organismos que se encargan de legislar (consejo europeo) donde se toman las decisiones y en los organismos científicos europeos (EFSA) y nacionales de cada país, los cuales investigan sobre la seguridad de los transgénicos. Por eso a continuación se adjunta un texto extraído de la EFSA donde se resume muy escuetamente la situación actual.

1.5.1.3 RIESGOS DE LOS GMO PARA LA SALUD PÚBLICA:

1.5.1.3.1 ALERGIAS

Se llama alergia alimentaria a la reacción adversa a determinadas sustancias de los alimentos o sus ingredientes, llamadas antígenos (son siempre proteínas), que provocan que el sistema inmunitario produzca anticuerpos específicos del tipo IgE. Todos los alimentos pueden ser desencadenante de una reacción alérgica porque todos, con menor o mayor cantidad, contienen proteínas. Sin embargo, el 90% de los casos se dan en: el pescado, los cacahuetes, las semillas de soja, la leche, los huevos, los crustáceos, las nueces y el trigo.

Según afirman grupos ecologistas, los AT tienen introducidos genes no presentes de forma natural en su ADN, por tanto, podrán sintetizar nuevas proteínas no presentes de forma naturales en los alimentos. Este hecho provoca el siguiente problema: las personas alérgicas que tengan constancia de su determinada alergia a un alimento en concreto, no podrán saber si son o no alérgicos a los nuevos alimentos transgénicos ya que no podrán saber si la o las proteínas determinadas a las que son alérgicos están presentes en el alimento que están consumiendo, porque aparentemente este alimento no debería contener esa determinada proteína.

Cabe decir, como se observa en la entrevista realizada a Josep Casacuberta que todos los OMG destinados a consumo están regulados de forma que ya se tiene en cuenta el origen de los genes y por lo tanto de las proteínas que contienen, y comenta concretamente el caso de un OMG con proteínas de nuez de Brasil, y como tubo dicho proyecto que cancelarse por la previsión de falta de mercado o el propio impedimento de las autoridades. Badui 2016

¿QUÉ ES LA DIRECTIVA EUROPEA DE 1997?

Regulación de autorización y comercialización de OMGs en Europa:

Reglamento Comunitario 258/1997, sobre nuevos alimentos e ingredientes alimentarios, que establece la necesidad de crear un sistema comunitario unificado para la evaluación de los productos creados a partir de organismos modificados genéticamente. Fundacion antama 2009

Muchos países no tienen o no aplican ninguna legislación o regulación a cerca de sus alimentos o cultivos transgénicos, otros tienen una legislación vigente pero no la aplican, y otros siguen estudiando y promoviendo medidas que protejan a los consumidores. Básicamente la legislación al respecto está basada en el Etiquetado y Rastreabilidad, y está promovida por la Confederación de Consumidores y Usuarios (CECU). La Unión Europea y la OMS estudian y analizan los beneficios y perjuicios

de la alteración genética en la alimentación, para admitir en el mercado la utilización de unos u otros productos alterados.

Una iniciativa europea en 1997 obliga a la regulación de estos productos transgénicos, haciendo que cumplan ciertos requisitos:

- Que demuestren que la alteración genética es necesaria y útil
- Que sean seguros para la salud y el medioambiente
- Que sus características se mantengan en el tiempo
- Que posean un etiquetado identificativo que deje claro que el producto ha sido modificado genéticamente o alguno de sus compuestos. Greenpeace es uno de los organismos que más ha investigado los perjuicios de los transgénicos en seres vivos, humanos y medio ambiente, y ha lanzado varias campañas e informes resultantes de investigaciones en las que han ido analizando distintos alimentos y productos de distintas marcas para declarar si cumplen la normativa de etiquetado y salubridad. Tanto Ecologistas en Acción como Greenpeace elaboran periódicamente un listado de alimentos de composición transgénica y promueven la información y el consumo de alimentos de cultivo ecológico para terminar con esta práctica. elherbolario.com

¿Y qué hay de los criterios de USA o de Japón?

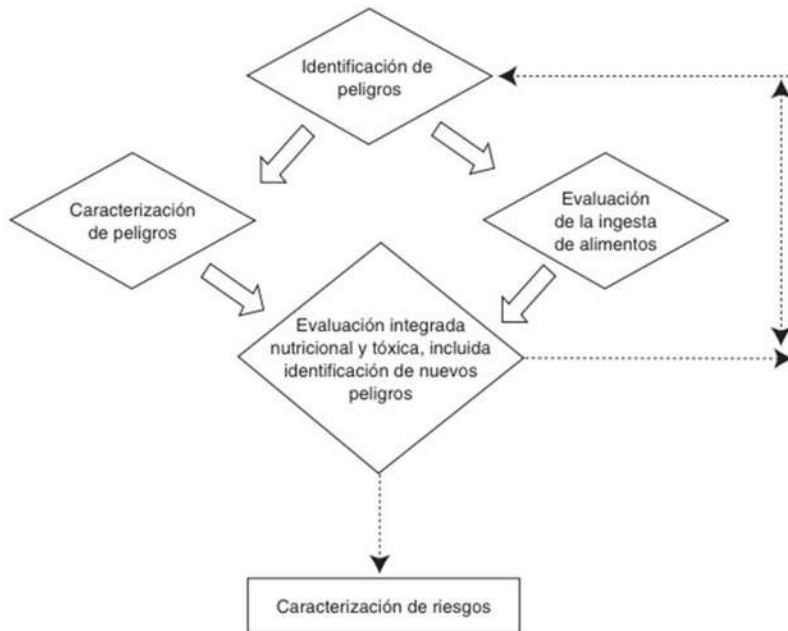
El derecho a la información sobre lo que consumimos es un derecho básico de los consumidores. Sin embargo, este derecho no está garantizado en México. A diferencia de lo que ocurre en países como Japón, China y la Unión Europea, entre otros, en México no existe el etiquetado de alimentos transgénicos, por lo cual, los consumidores mexicanos no tenemos forma de saber si nuestros alimentos contienen o no transgénicos GREENPEACEMEXICO

1.5.1.4 POSIBLES IMPACTOS EN LA SALUD HUMANA Y ANÁLISIS DE RIESGO

El empleo de la tecnología de los OGMs en la alimentación, puede acarrear beneficios indirectos, a la salud humana, claramente definidos cuando se trata de variedades que por la modificación genética son resistentes a insectos o a plagas y enfermedades por lo que no se rocían de insecticidas químicos o funguicidas; es debido a la disminución del uso de esas sustancias químicas potencialmente tóxicas en las prácticas agrícolas tradicionales que los OGMs se consideran parte del manejo moderno de la producción agrícola y pecuaria, y la sostenibilidad de los cultivos, haciéndolos sumamente atractivos.

De todas formas, dado que en el alimento GM se expresan proteínas heterólogas, es necesario evaluar el potencial alergénico, y de la posibilidad de que sucedan efectos pleiotrópicos en las plantas que puedan generar una elevación, p. ej., en los alcaloides naturales del alimento, o bien cambiar sus niveles de nutrimentos como vitaminas o minerales. Los sistemas internacionales que vigilan la inocuidad de los alimentos GM (Principios del Codex Alimentarius). entraron en vigor en 2003. La consulta de expertos del 2003 presentó un esquema del desarrollo del proceso de evaluación de riesgos.

Figura1.4. Reseña esquemática del proceso de evaluación de riesgos. Fuente: FAO/WHO (2003).



Existe un concepto acuñado en la OCDE, la FAO y la OMS que permite comparar el producto GM con el producto convencional que se considera como un alimento seguro: se trata de la “equivalencia substancial”. Este concepto sugiere que los alimentos GM pueden ser considerados tan inocuos como los convencionales cuando sus componentes toxicológicos y nutricionales clave sean comparables, tomando en consideración la variabilidad natural, y cuando la propia modificación genética sea considerada como inocua. El concepto en sí, ha sido criticado principalmente porque los análisis tradicionales de alimentos fueron diseñados para conocer la composición “macro” de los alimentos y en algunos casos se analizan trazas de minerales y de vitaminas, pero no es suficiente para descubrir cambios menores en la composición

de proteínas que podrían causar alergenicidad en el producto alimenticio. Las evaluaciones de riesgos a las que deben someterse estos alimentos y que son las que se requieren para las autorizaciones comerciales en los países que los importan se basan en el análisis de una gran cantidad de información y de los reportes de los experimentos llevados a cabo por los desarrolladores en los que prueban la inocuidad, enfocándose primordialmente a las pruebas de toxicidad y alergenicidad. En el cuadro 14.16 se presenta una lista parcial de las pruebas toxicológicas efectuadas a los alimentos GM desarrollados en distintos países que da una buena idea de la variedad de información científica a considerar. El equipo de evaluación de riesgos debe ser multidisciplinario para poder decidir cuál es el nivel de riesgo potencial que el alimento podría imponer a un ser humano normal (cuadro 14.16). Debe considerarse también el nivel de exposición al alimento y la forma en que se prepara, lo que varía de país a país. El caso del maíz transgénico en México es crítico, ya que el país es centro de origen y diversificación del cultivo, por lo que el riesgo de flujo génico y la posibilidad del escape de genes es real si se cultiva en el territorio nacional. Adicionalmente, en México, una gran proporción del maíz se destina a consumo humano, cosa que no sucede en los países donde se han desarrollado las variedades comerciales que se destinan para el procesamiento o para consumo animal, por lo que debe hacerse una evaluación rigurosa, con expertos nacionales que consideren lo anteriormente descrito. El enfoque más moderno para el análisis de riesgos se apoya en las herramientas actuales asociadas a la genómica que desembocan en un análisis de la misma, pero desde el punto de vista funcional, es decir, que se analiza en específico la expresión génica que es la que da lugar al conjunto de proteínas que componen el material GM y que justamente es lo que se desea modificar con la manipulación. Una vez insertadas estas nuevas proteínas en el metabolismo del OGM, se estudian los productos metabólicos modificados a raíz de los cambios acarreados en las proteínas expresadas.

Tabla 1.4

CUADRO 14.16 Estudios de toxicidad llevados a cabo con cultivos GM				
Cultivo	Fenotipo	Especie	Duración	Pruebas efectuadas
Semilla de algodón	Endotoxina Bt (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	Rata	28d	Peso corporal Conversión de alimento Histopatología de órganos Química sanguínea Reactividad de suero de pacientes alérgicos-maíz GM
Maíz	Endotoxina <i>Cry9C</i> (<i>B. thuringiensis</i> var. <i>tolworthi</i>)	Humanos		
Maíz	Endotoxina <i>Cry9C</i> (<i>B. thuringiensis</i> var. <i>tolworthi</i>)	Ratas y ratones	91d	Peso corporal Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología de órganos relacionados al sistema inmune Niveles de IgE, IgG, e IgA en suero
Papa	Lectina (GNA)	Ratas	10d	Histopatología de intestinos
Papa	Endotoxina <i>CryI</i> (<i>B. thuringiensis</i> var. <i>Kurstaki</i> HD1)	Ratón	14d	Histopatología de intestinos
Papa	Glicinina de soya (<i>Glycine max</i>)	Rata	28d	Consumo de alimento Peso corporal Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología de hígado y riñón
Arroz	Glicinina de soya (<i>Glycine max</i>)	Rata	28d	Consumo de alimento Peso corporal Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología de hígado y riñón
Arroz (también probaron mutagenicidad)	Fosfinotricin acetiltransferasa (<i>Streptomyces hygroscopicus</i>)	Ratas, ratón	Aguda y 30d	Consumo de alimento Peso corporal Dosis letal media Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología
Soya GTS 40-3-2	CP4 EPSPS (<i>Agrobacterium</i>)	Rata, ratón	105d	Consumo de alimento Peso corporal Histopatología de intestinos y del sistema inmune Niveles de IgE, IgG e IgA en suero.
Soya GTS 40-3-2	CP4 EPSPS (<i>Agrobacterium</i>)	Humanos		Reactividad con suero de pacientes alérgicos a soya

Tabla 1.5

CUADRO 14.16 (Continuación)				
Cultivo	Fenotipo	Especie	Duración	Pruebas efectuadas
Soya GTS 40-3-2	CP4 EPSPS (<i>Agrobacterium</i>)	Rata	150d	Química sanguínea Composición de orina Actividad de enzimas hepáticas
Soybean	Albúmina 2S de la nuez del Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>)	Humanos		Reactividad con suero de pacientes alérgicos a nuez del Brasil.
Tomate	Cr1Ab endotoxina (<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>)	Rata	91d	Consumo de alimento Peso corporal Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología
Tomate	Poligalacturonasa en antisentido (tomato (<i>Lycopersicon esculentum</i>))	Rata	28d	Consumo de alimento Peso corporal Química sanguínea Hematocrito Peso de órganos Histopatología

El estudio (denominado metabolónica) es complejo y requiere contar con las variedades originales no manipuladas del hospedero, y aplicar las herramientas analíticas como la cromatografía líquida asociada a resonancia magnética nuclear y la cromatografía de gases, con la espectroscopia de masas para poder descifrar qué sustancias nuevas se han generado en el nuevo organismo que pudieran afectar la salud humana o animal .

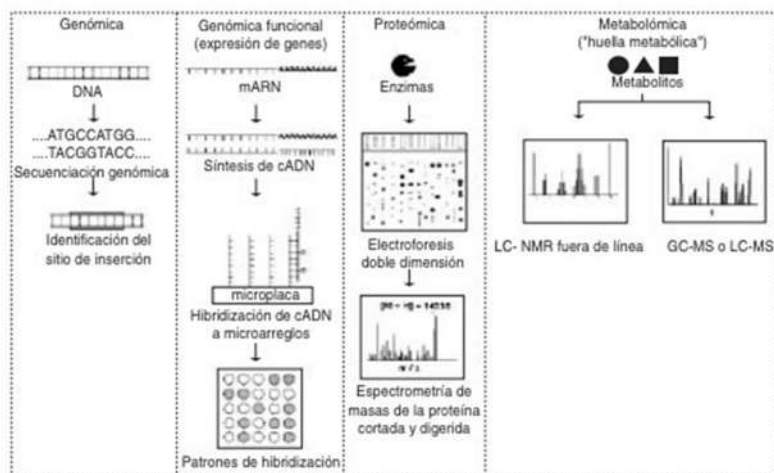


Figura 1.6

Ejemplos de las técnicas para perfilar las sustancias presentes en las células a distintos niveles de organización: genoma [ADN] (genómica), transcriptoma [mARN] (genómica funcional), proteoma [proteínas incluyendo enzimas] (proteómica) y metaboloma [sustancias químicas incluyendo metabolitos] (metabolómica). Abreviaturas: GC = cromatografía de gases, LC = cromatografía líquida, NMR = resonancia magnética nuclear, MS = espectrometría de masas. Tomado de Chassy B., et al., 2004

II. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

2.CONCLUSIONES

Después de la información dada, se llega a la conclusión que los alimentos transgénicos suponen mucha importancia hacia la humanidad, aunque los conocimientos actuales son insuficientes para evaluar los beneficios y riesgos de los alimentos transgénicos, especialmente a la luz de las consecuencias a largo plazo que estas tecnologías puedan tener no sólo en la salud humana, sino en el medio ambiente y en la vida de los pequeños productores. En los ejemplos y descripciones presentados se perfilan dos áreas que presentan un reto para la comunidad científica que trabaja en el área de la ingeniería genética de los alimentos: conciliar el deseo de poner en práctica los descubrimientos y aplicar los conocimientos recientemente generados, pero con respeto al medio ambiente y ejerciendo el cuidado necesario para preservar la seguridad y la salud de los consumidores. La mejor arma para lograrlo es el estudio científico profundo y objetivo. Más que grandes corporaciones biotecnológicas “luchando” por erradicar el hambre en el mundo, se necesitan científicos responsables y comprometidos con las sociedades actuales, amenazadas por el cambio climático e inmersas en una severa crisis alimentaria y financiera. Hoy más que nunca resultan indispensables políticas agropecuarias encaminadas a garantizar la soberanía y seguridad alimentaria de los pueblos que padecen hambre. La primera evaluación mundial independiente de ciencia y tecnología agrícolas, aprobada por 58 gobiernos en abril de 2008, advierte que el mundo no puede depender de “reparaciones tecnológicas”, como los cultivos transgénicos, para resolver problemas sistémicos de pobreza, hambre y crisis ambiental persistentes. No se trata solamente de un problema de producción de alimentos, es sobre todo, un problema de acceso a los mismos y justicia social. He aquí el gran reto de la comunidad científica contemporánea en colaboración con todos los sectores de la sociedad, incluidos los consumidores, los pequeños productores y los campesinos.

III.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

<http://www.fundacionmhm.org/pdf/Mono9/Articulos/articulo4.pdf>

- REVISTA CHILENA DE NUTRICION. Rev. Chil Nutr Vol. 30, Nº1, Abril 2003.
<http://www.scielo.cl/scielo.php>

- REVISTA DIGITAL UNIVERSITARIA. Vol. 10., Nº 4, 10 ABRIL 2009.
<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num4/art24/int24.htm>

-RED DE REVISTAS CIENTIFICAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE,
ESPAÑA Y PORTUGAL. INVENIO UNIVERSIDAD DEL CENTRO EDUCATIVO
LATINOAMERICANO ISSN 0329-3475
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87730512>

-ALIMENTOS GENETICAMENTE ALTERADOS: TRANSGENICOS
<http://www.historia.ucr.ac.cr/cmelendez/bitstream/123456789/280/1/alimentosgen%C3%A9ticamentealteradosrevistabiocenosis.pdf>

<http://fundacion-antama.org/wp-content/uploads/2009/10/0021-Legislacion-vigente.pdf>

<http://saludusat.blogspot.mx/p/conclusion.html?m=1>

<http://elherbolario.com/nutricion/item/821-Regulacion-y-legislacion-de-los-alimentos-transgenicos> (REVISTA DIGITAL Apartado de Correos 40. 28430 - Alpedrete, Madrid (Spain)

<http://www.greenpeace.org/mexico/es/Campanas/Agricultura--sustentable--y-transgenicos/Y-tu-sabes-lo-que-comes/>

Libro Salvador Badui Dergal, cuarta edición, Química de los Alimentos, Pearson Education, Mexico 2016.

<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2501.pdf>

2-

<http://www.efsa.europa.eu/en/supporting/pub/226e.htm>

<http://b.se-todo.com/>

Redalyc.org Alejandra chamas 2000 Universidad del centro educativo Latinoamericano Rosario Argentina, Diciembre volumen 3 RED DE REVISTAS CIENTIFICAS DE AMERICA LATINA Y EL CARIBE, ESPAÑA Y PORTUGAL.