

ÍNDICE

| | |
|--|---------|
| RESUMEN..... | Pág.1 |
| INTRODUCCIÓN | Pág.2 |
| OBJETIVOS..... | Pág.5 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | Pág.6 |
| 1. SITUACIÓN ACTUAL | Pág. 6 |
| 2. APORTES DE LA BIOTECNOLOGÍA | Pág. 9 |
| 3. INTERESES ECONÓMICOS | Pág. 10 |
| 4. POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA | Pág. 11 |
| 4.1. ALERGIAS | Pág. 11 |
| 4.2. RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS | Pág. 12 |
| 4.3. USO DE VIRUS | Pág. 13 |
| 4.4. OTROS | Pág. 13 |
| 5. MEJORAS EN LA NUTRICIÓN HUMANA E INDUSTRIA ALIMENTARIA | Pág. 14 |
| 5.1. ANIMALES MODIFICADOS GENÉTICAMENTE..... | Pág. 17 |
| 6. LEGISLACIÓN | Pág. 18 |
| 6.1. ETIQUETADO..... | Pág. 20 |
| 7. SEGURIDAD ALIMENTARIA | Pág. 22 |
| 7.1. PRUEBAS PARA CONTROLAR LA SEGURIDAD..... | Pág. 22 |
| 7.2. SEGURIDAD E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS MODIFICADOS GENÉTICAMENTE | Pág. 23 |
| 8. DISCUSIÓN BIOÉTICA..... | Pág. 26 |
| CONCLUSIONES | Pág. 28 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | Pág. 29 |

RESUMEN

El presente trabajo trata la controversia del tema de los organismos modificados genéticamente (OMG). Se mencionan los beneficios que aporta la ingeniería genética y también los principales riesgos y preocupaciones existentes en torno al consumo de los alimentos modificados genéticamente, reportando casos de estudios que así lo constatan. Se tratan temas como seguridad alimentaria, legislación y normativas de etiquetado de estos nuevos alimentos, señalando su relación con la salud. Además, se destacan las principales incertidumbres expresadas por parte de diversos autores y organizaciones de profesionales de la salud, entre ellos la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre esta materia, concluyendo que, hasta la fecha, no existe evidencia científica que indique que el uso de los OMG sea perjudicial para la salud humana.

Palabras clave: organismos modificados genéticamente, transgénicos, ingeniería genética, alimentos modificados genéticamente, seguridad alimentaria

INTRODUCCIÓN

La población mundial ha crecido más en estos dos últimos siglos que en todos los anteriores; al comenzar el S. XX, 1.500 millones de personas poblaban la tierra, hoy somos ya más de 6.000.¹ En un mundo que avanza tan rápido, la producción global de alimentos debe afrontar varios desafíos que ponen en riesgo la soberanía alimentaria de las comunidades. Los fenómenos meteorológicos extremos, el cambio climático, el aumento demográfico y la competitividad por los terrenos arables son ejemplos que amenazan las necesidades alimentarias de la población. En este sentido, el ser humano se ve obligado a diseñar algún tipo de herramienta que proporcione un mayor número de alimentos para abastecer las necesidades del futuro. Además de la cantidad, se busca la calidad, crear productos novedosos con características mejoradas (nutricionales, organolépticas, de rendimiento y producción agrícola...), que tengan el menor impacto medioambiental posible. De este modo, los alimentos transgénicos se presentan como una esperanza sostenible para cubrir las necesidades alimentarias del mundo.

Los transgénicos, u **organismos modificados genéticamente** (en adelante OMG) se definen como aquellos organismos con excepción de los seres humanos, en los cuales el material genético (ADN) ha sido alterado de una manera que no se produce naturalmente en el apareamiento ni en la recombinación natural.²

Los **alimentos modificados genéticamente**, que contienen OMG, se obtienen gracias a la **biotecnología**. Esta técnica de manipulación genética permite mediante procesos de ADN recombinante, la inclusión de una característica concreta de manera dirigida y controlada en una especie determinada con el objetivo de incorporar nuevas cualidades específicas, modificando especies (nuevos genes que produzcan nuevas proteínas). Así, entre otras aplicaciones, la ingeniería genética permite eliminar una característica indeseable de un organismo (por ejemplo, la producción de una toxina) anulando el gen correspondiente de ese organismo. Igualmente permite introducir una nueva característica en una especie (por ejemplo, la resistencia a un insecto).³

La biotecnología permite el estudio integral, la modificación y la utilización de los seres vivos del planeta (microorganismos, plantas y animales), y busca hacer uso responsable y sustentable de la biodiversidad, mediante el desarrollo de tecnología eficaz, limpia y competitiva. Como consecuencia, se abren múltiples posibilidades de desarrollar nuevas tecnologías de producción o de generar nuevos productos, que

pueden tener un gran impacto en la industria, en el medio ambiente, y más directamente en la alimentación y en la salud del ciudadano.

El intercambio de información genética entre distintos seres vivos para producir alimentos no es nada nuevo; la ingeniería genética se basa en mecanismos que operan normalmente en la naturaleza. Desde hace miles de años, el hombre ha intentado constantemente mejorar las características de las variedades vegetales y las razas de animales de granja mediante el cruce sexual o aprovechando la variabilidad natural, con el propósito de obtener una mayor productividad y satisfacer los gustos de los consumidores.

Ya desde la década de 1930 la genética comenzó a desplazar el objeto de interés de investigadores. La investigación genética cobró un notable impulso con los descubrimientos de Watson y Crick en 1953. En lo que se refiere estrictamente al inicio de la biotecnología moderna, el momento decisivo se dio entre 1972 y 1974, cuando en una serie de experimentos en EEUU se logró cortar un fragmento de ADN de una especie e integrarlo en la secuencia genética de otro. De este modo, hacia 1973 se había obtenido el primer OMG de la historia: una bacteria. El primer producto biotecnológico que se lanzó al mercado fue la insulina recombinante, producida en 1978, utilizando una bacteria genéticamente modificada. Las plantas, sin embargo, presentaban otro tipo de dificultades, y no fue hasta 1983 cuando se desarrolló la primera planta transgénica; se logró aislar un gen e introducirlo en un genoma de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*).⁴ Tres años más tarde, en 1986, la empresa multinacional Monsanto (de EE.UU), dedicada a la biotecnología, crea la primera planta modificada genéticamente. Se trataba de una planta de tabaco a la que se añadió a su genoma un gen de resistencia para el antibiótico Kanamicina.

En 1994 se aprueba la comercialización del primer alimento modificado genéticamente, el tomate Flavr Savr. Se le introdujo un gen antisentido con respecto al gen normal de la poligalacturonasa, enzima que induce a la maduración del tomate, de manera que éste aguantaría más tiempo maduro y tendría una mayor resistencia. Pero pocos años después, en 1996, tuvo que ser retirado del mercado de productos frescos al presentar consecuencias imprevistas como una piel blanda, un sabor extraño y cambios en su composición. Aun así, estos tomates se usan para la producción de tomates elaborados.⁵ Sin embargo, desde ese momento, variedades modificadas genéticamente de maíz, soja, colza, algodón, papaya, patata, arroz, calabaza y remolacha azucarera han sido adoptadas por una cantidad de países y

comercializadas internacionalmente. Se estima que los cultivos GM cubren alrededor del 4% del total de tierra cultivable del mundo.

OBJETIVOS

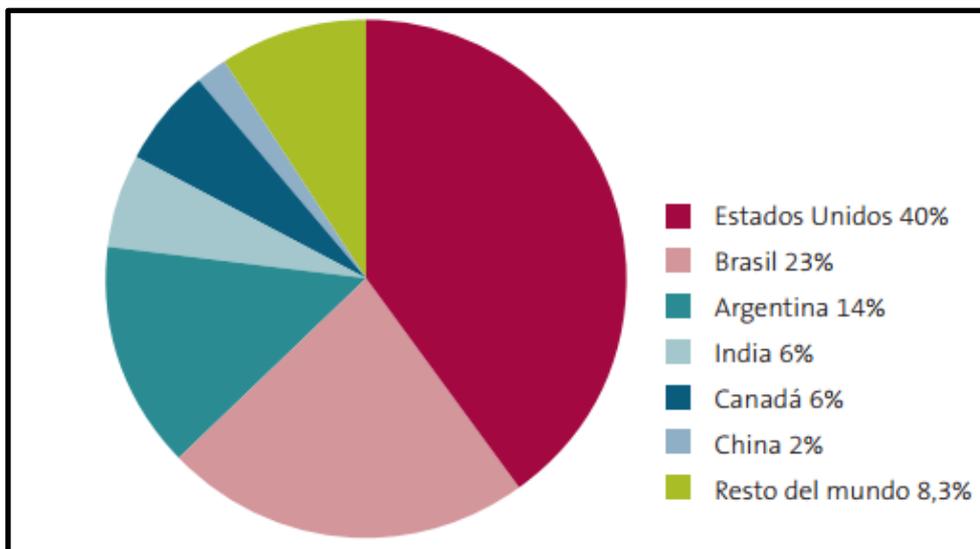
- Describir el impacto que han tenido los OMG en diferentes sectores para coadyuvar en la solución de diversos problemas de la sociedad moderna, relacionados principalmente con la alimentación y la salud.
- Poner en evidencia algunos de los riesgos e incertidumbres que se asocian al consumo de los alimentos transgénicos.
- Presentar evidencias publicadas que sustenten científicamente la consideración de que los OMG son creados por procesos similares a los que ocurren cotidianamente en la naturaleza.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. SITUACIÓN ACTUAL

La utilización de los OMG en la vida diaria se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Según el Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés), en 1996 se sembraron 1.7 millones de hectáreas con semillas transgénicas. Para 2007 se reportaron 114.3 millones de hectáreas y más de 134 millones en 2009, sembradas con diferentes variedades de OMG (Fig.1). En 2013 se afirma que a nivel mundial hay 18 millones de agricultores que producen cultivos transgénicos en 27 países (Fig. 2). Esta cifra representa menos del 1% de la población agrícola mundial.^{6,7} Cabe enfatizar que solamente seis países producen el 92% de los cultivos transgénicos, y en esos países se siembran fundamentalmente sólo cuatro cultivos transgénicos: soja, maíz, colza y algodón. El 88% de las tierras cultivables siguen libres de transgénicos.⁸

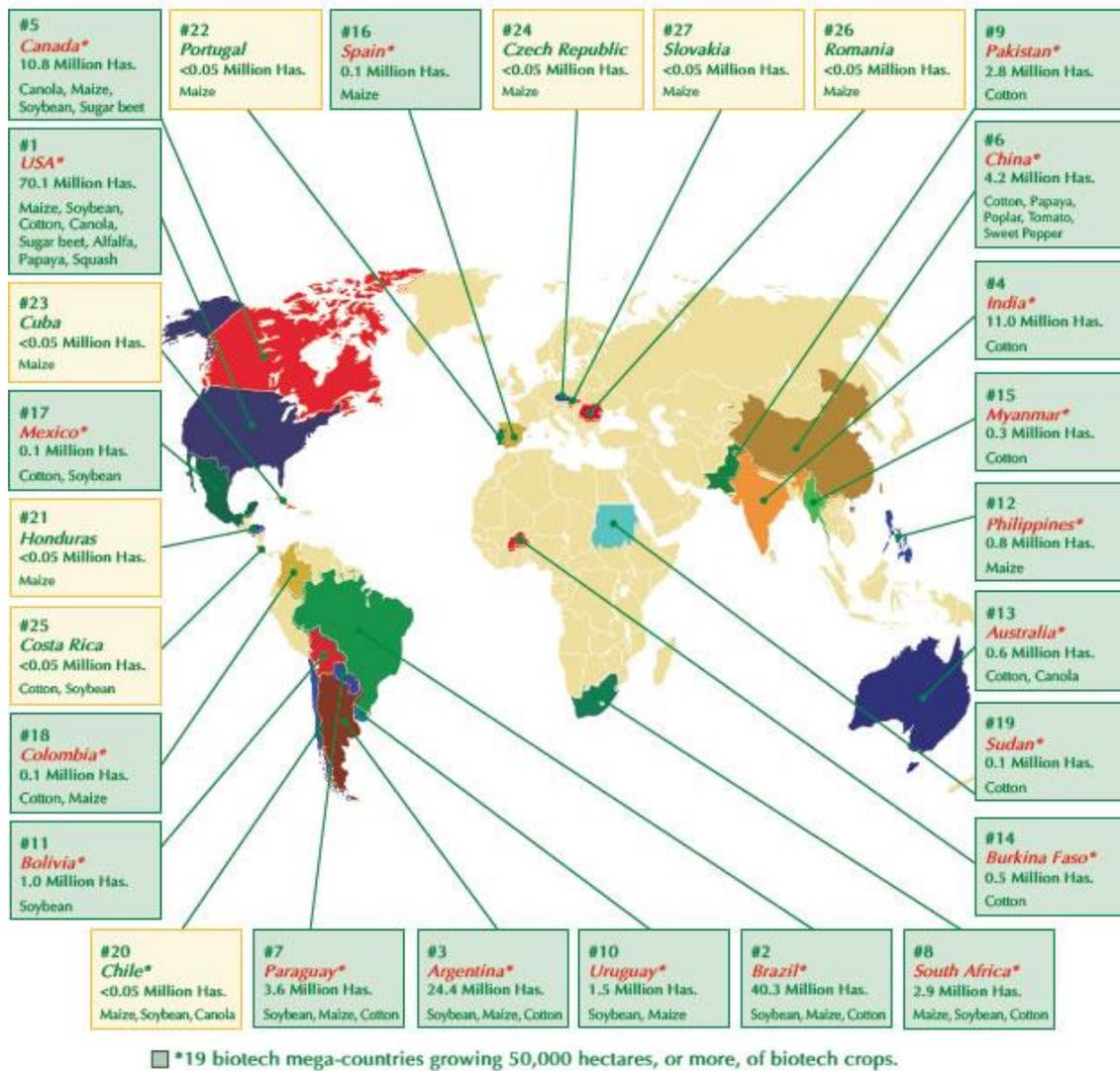
Figura 1. Producción de cultivos transgénicos en los seis países principales



Fuente: Cálculos en base al Informe 46 del ISAAA (2014) Resumen ejecutivo. Situación mundial de los cultivos biotecnológicos / GM comercializados:2013.⁹

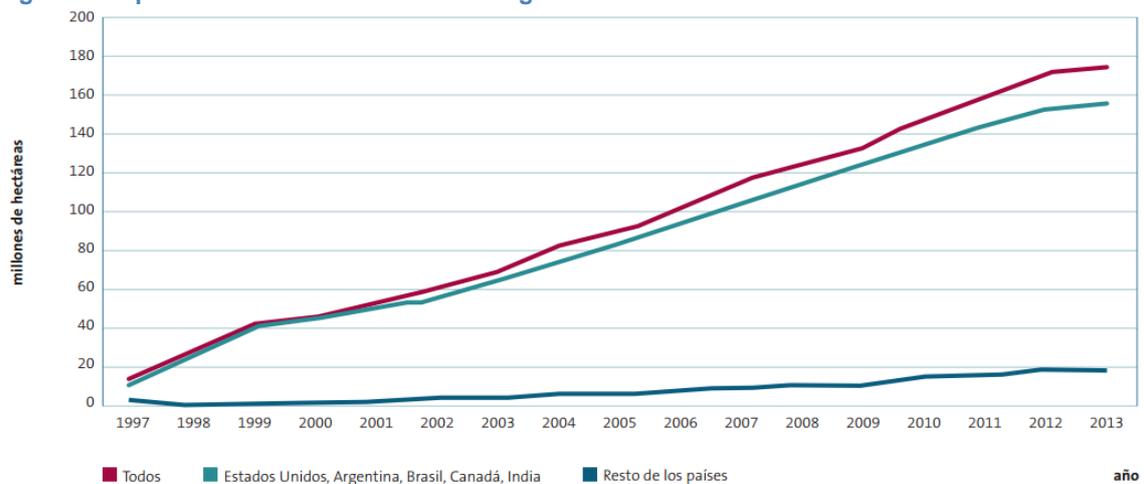
Cálculos en base al informe especial de ISAAA 44 (2012)¹⁰ e Informe especial de Nature, GMO Crops: Promise and Reality.¹¹

Figura 2. Cultivos transgénicos a nivel mundial (2013)



Fuente: Clive James, 2013

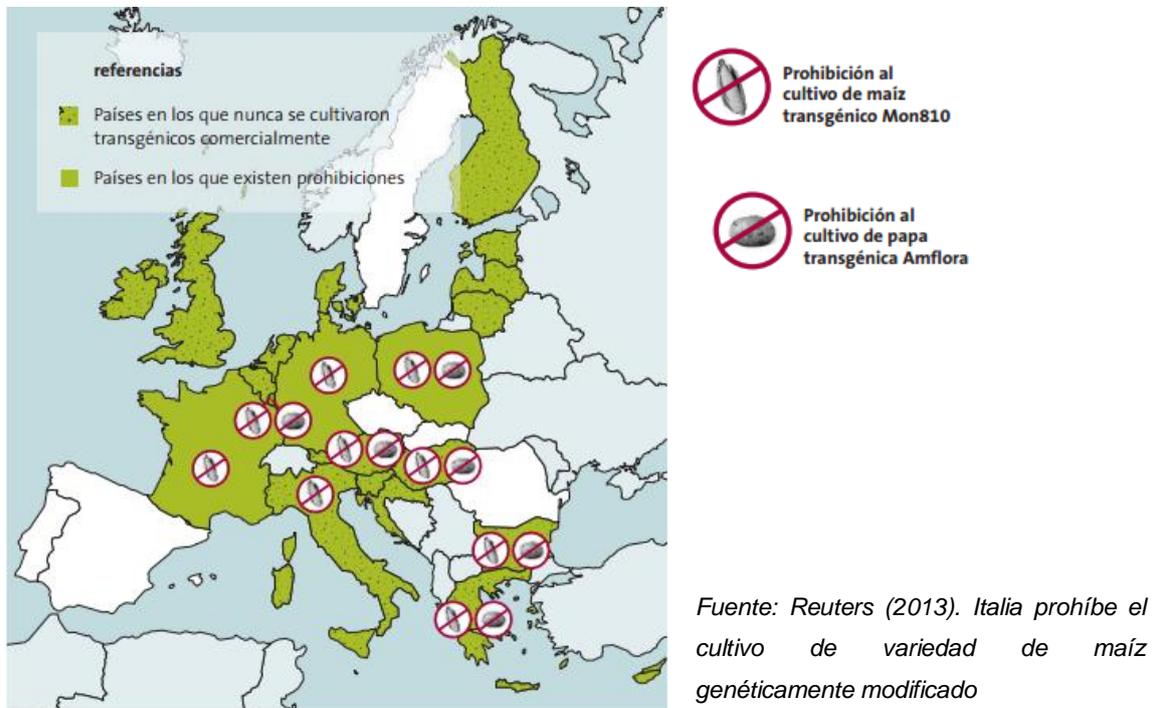
Figura 3. Superficie mundial de cultivos transgénicos



Fuente: En base a las revisiones anuales del ISAAA sobre superficie de cultivos transgénicos. Los datos de 1998 no incluyen a China.

En Europa los cultivos transgénicos sólo ocupan cerca del 0,14% de la superficie agrícola. En 2013, el máximo Tribunal de Justicia de la UE anuló la autorización de uno de los dos cultivos transgénicos que había sido autorizado previamente, y varios países europeos han prohibido el cultivo de transgénicos.¹² (Fig.4)

Figura 4. Países de la Unión Europea libres de transgénicos



En la actualidad se cultivan nueve diferentes especies de plantas transgénicas: arroz, maíz, soja, colza, calabaza, patata, alfalfa, remolacha y algodón.¹³

2. APORTES DE LA BIOTECNOLOGÍA

Desde hace años, la biotecnología ha supuesto una serie de mejoras para el desarrollo humano, entre las cuales cabe destacar:

- El hecho que algunas variedades de plantas transgénicas resistan la contaminación por bacterias, virus o insectos disminuye los tratamientos con plaguicidas, de forma que su cultivo ocasiona un menor impacto ambiental.¹⁴
- Permite alargar la vida útil de los productos, consiguiendo mayores periodos de conservación y estabilidad, sin el empleo de aditivos o conservantes químicos. De este modo, los productos pueden llegar a lugares alejados por ser más duraderos, resistir condiciones ambientales desfavorables (lo que posibilitaría su producción en países áridos), resistencia a plagas y químicos (evitando así la fumigación con agentes dañinos a la salud) y mejores cualidades alimenticias.¹⁵
- Reducir el costo de producción a nivel de fincas (por ejemplo, por su resistencia a plagas y enfermedades).
- Mitigar la hambruna mundial al acelerar la producción de granos bajo las condiciones climáticas adversas.
- Prevenir intoxicaciones alimentarias: desarrollando sistemas de diagnóstico rápidos y sensibles que permitan detectar los organismos patógenos o sus toxinas antes de ingerirlos.
- Disminuir carencias o déficits nutricionales en ciertas poblaciones e identificar los constituyentes alimentarios responsables de contribuir al mantenimiento de la salud mediante el diseño de alimentos adecuados para individuos con diversos tipos de desórdenes metabólicos (diabéticos, fenilcetonúricos, enfermedades cardiovasculares o cáncer).
- Incorporación de caracteres en la planta que modifican la composición nutricional del producto incrementando su calidad (sabor, olor, textura, forma, tamaño, apariencia, características de procesamiento o almacenamiento del cultivo...) o su valor nutritivo, el consumidor puede beneficiarse directamente de estas mejoras. Permite la creación de alimentos con sabores y aromas más agradables, pues la alimentación debe ser un acto placentero, y el consumidor cada vez más demanda alimentos que le produzcan esta satisfacción cuando los consuma.¹⁶

3. INTERESES ECONÓMICOS

Algunas plantas transgénicas de uso alimentario se desarrollan para aumentar los rendimientos de producción de los cultivos. Si la planta transgénica está diseñada para mejorar su rendimiento agronómico, incorporando caracteres tales como mayor vigor, mejor aprovechamiento del agua y de los fertilizantes o resistencia a plagas y enfermedades, el producto que se obtiene es idéntico en cuanto a su calidad al de la planta no transgénica de la que procede, pero su coste de producción es menor. En este caso, el primer beneficiario es el agricultor, que reduce sus costes; pero indirectamente puede favorecer los intereses de la población general, cuando los alimentos son escasos, o cuando se persigue un menor impacto ambiental (el cultivo que precisará menor cantidad de agroquímicos).

El principal problema en este debate radica en que, junto a fuertes intereses económicos, existe una gran confusión y desconocimiento global acerca de la realidad del asunto por parte de la población mundial. Actualmente, la financiación para la investigación pública de plantas transgénicas es muy escasa; no se dedica apenas dinero en este campo por su mala fama. Las consecuencias son que las empresas privadas son las que están ganando a pasos agigantados el terreno de los transgénicos y por eso ellos tienen el monopolio con una intención claramente lucrativa.

El aumento del costo de las semillas y los insumos refleja el poder casi monopólico que tienen las empresas de biotecnología y la creciente concentración del mercado en el sector general de los insumos agrícolas. Por ejemplo, Monsanto controla el 98% del mercado estadounidense de semillas de soja y el 79% del mercado del maíz. Para los pequeños agricultores, el alto costo de las semillas es un problema grave y muchos de ellos ya están endeudados. ¹²

Entre sus productos más conocidos se encuentran el glifosato bajo la marca Roundup (herbicida) y el maíz MON 810. Es la misma compañía quién a su vez comercializa el herbicida y tiene la patente sobre las plantas resistentes a dicho herbicida. Las semillas que comercializan son estériles (las llamadas semillas “terminator”), creadas con la intención de garantizar que las semillas no puedan volver a reproducirse una vez cosechadas. La misma empresa Monsanto aclara que la razón se debe al temor de que puedan reproducirse en ambientes no controlados, sin embargo los campesinos lo ven como una estrategia de la multinacional que les obliga a comprar las semillas para cada nueva cosecha.

Además de Monsanto, otras grandes multinacionales que suministran el grano a los campesinos en diferentes países son Dupont, Dow AgroSciences, Syngenta y Bayer).¹³

Figura 5. Empresas de biotecnología monopolizan el mercado mundial de semillas



El mercado mundial de semillas ascendió a US\$ 34.496 millones en 2011

Fuente: Grupo ETC (2013). Los gigantes genéticos hacen su cartel de la caridad.

4. POSIBLES RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA

Aunque a la fecha no existen pruebas contundentes de daños a la salud humana provocados por los transgénicos, esta tecnología como cualquier otra, puede tener riesgos. La mayoría de las publicaciones corresponden a experimentos realizados en animales, con mucha disparidad de los resultados.¹⁷ Entre los riesgos y preocupaciones en este área, destacan los siguientes:

4.1. Alergias: La alergia a un OGM puede ser debida al material genético transferido, a la formación inesperada de un alérgeno o a la falta de información sobre la proteína que codifica el gen insertado. En el campo alimentario, hasta el momento se han clasificado ocho grupos de alimentos implicados en el 80% de los casos reconocidos de alergias alimentarias: cacahuete, soja, nuez y avellanas, leche, huevos, pescado, crustáceos y trigo. El soporte de la alergenicidad de un alimento suelen ser las proteínas (generalmente de la familia de las glicoproteínas). En lo que a los alimentos modificados genéticamente se refiere, puede suceder que en ellos se encuentre el transgén (material genético transferido) que codifica un alérgeno conocido, o que produce una proteína procedente de un alimento alergénico. El verdadero problema ocurre cuando para la proteína que codifica no se dispone de

ningún dato histórico, clínico o epidemiológico que mencione alguna alergenicidad propia o de su fuente. Cuando un transgén codifica una proteína conocida como alérgena, es muy probable que dicha proteína, tal como la expresa el vegetal, conserve su potencial para desencadenar una alergia. La transgénesis no hace sino transferir la alergenicidad de un alimento a otro a través de la proteína alérgena conocida. Cuando se modifica genéticamente un alimento, se induce a que en el ser vivo de recepción se produzcan proteínas procedentes de otros seres. Desde este punto de vista, es esencial que se haga indicar cuál es la procedencia, puesto que de esta forma los consumidores podrán identificar, leyendo la etiqueta, si pueden o no consumir el alimento en cuestión.¹⁸

Se ha expresado el temor de introducción de proteínas alergénicas en las plantas destinadas a la alimentación a través de la ingeniería genética.^{19,20}

Algunos ejemplos son:

- El caso del gen de la 2S albúmina (proteína de la nuez de Brasil) que se ha introducido en la soja, en el aceite de soja, judías y legumbres. Diferentes estudios han demostrado que la 2S albúmina es probablemente un alérgeno mayor en la nuez de Brasil y que la soja transgénica analizada en este estudio contenía esta proteína, mostrando con ello que un alérgeno de un alimento conocido como tal podría ser transferido a otro alimento a través de la ingeniería genética.²¹
- El maíz Starlink en EE.UU y una variedad de chicharos en Australia, pretendían proteger a los cultivos de insectos pero tenían el riesgo de ocasionar alergias en consumidores sensibles, lo que ocasionó que no se autorizara su consumo y se retirara del mercado bajo la decisión de la FDA (Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos).¹³
- Para optimizar el crecimiento de animales, con una dieta rica en aminoácidos azufrados, se diseñó una soja transgénica que aumentó las alergias en distintos alimentos, manifestándose desde síntomas leves, hasta la muerte súbita. Pareciera que aumenta la vulnerabilidad en personas inmunológicamente sensibles. La proteína de la soja se utiliza frecuentemente en fórmulas lácteas infantiles y la alergia a los alimentos es un problema en los niños, porque sus sistemas digestivo e inmunológico están inmaduros.²²

4.2. Resistencia a antibióticos: la probabilidad de que se transmita resistencia a los antibióticos a través del consumo de alimentos transgénicos, constituye uno de los

mayores temores, porque llevaría a una menor eficacia de ciertos medicamentos. Se supone que el gen que da resistencia a los antibióticos beta-lactámicos, pasa a bacterias del tracto intestinal humano directa o indirectamente, vía bacterias del tracto intestinal de los animales que se alimenten con el maíz transgénico, porque la manipulación de genes para la creación de plantas transgénicas, involucra el uso de segmentos de ADN resistentes a dos tipos de antibióticos: la kanamicina y la Neomicina. Al ingerir el hombre, alimentos derivados de animales alimentados con estos productos transgénicos, se transmitiría esa resistencia al antibiótico lo que dificultaría el manejo de algunas patologías.²³ En 2004, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, por sus siglas en inglés) apuesta por una evaluación rigurosa de la resistencia a antibióticos en los OMG. En su informe, se vuelve a calificar de altamente improbable la posibilidad de transferencia de resistencias a antibióticos desde las plantas modificadas genéticamente a otros organismos.²⁴

4.3. Uso de virus: en la construcción de los alimentos genéticamente modificados se insertan también secuencias genéticas de virus para activar a los genes introducidos de interés (conocidos como promotores); sin embargo, los efectos que estos fragmentos de virus pueden tener para la salud de los consumidores han sido poco estudiados.²² Además, hay plantas modificadas genéticamente para ser resistentes a los virus, mediante la incorporación de porciones de proteínas virales en ellas. Sobre este último aspecto, tampoco se cuenta con una comprensión clara de los efectos que puede tener esta práctica en la salud humana.

4.4. Otros:

- El caso del suplemento alimentario L-Triptófano obtenido a partir de la bacteria transgénica *Bacillus amyloliquefaciens*, provocó la muerte de al menos 37 personas, además de daños permanentes a 1500 individuos en los EE.UU. entre 1989 y 1991. La compañía productora Showa Denko, admitió haber usado OMG que se contaminaron durante el proceso recombinante del ADN, provocando el síndrome mialgia eosinofílica, que causo trastornos sanguíneos. La manipulación genética que había permitido a la bacteria producir más aminoácido, también la inducía a producir una toxina, en el producto final.^{17, 25,}

²⁶

- Incremento del cáncer de mama en mujeres premenopáusicas y de tumor maligno de próstata en hombres, por ingerir leche y carne proveniente de animales alimentados con semillas transgénicas o por el uso de hormonas, como la Recombinante de Crecimiento Bovino, que estimula la producción de

otra hormona en la vaca, llamada Insuline-like Growth Factor 1, la cual puede estar relacionada con estas patologías.²⁷

- Los fito-estrógenos, se reducen en los alimentos modificados genéticamente y ellos son protectores naturales contra padecimientos cardiovasculares y tumores malignos. Los alimentos modificados genéticamente podrían alterar las defensas naturales del organismo humano contra procesos infecciosos y degenerativos.^{28, 29, 30}
- *Arpad Pusztai y Ewen, encontraron que al alimentar ratas durante 110 días con patatas transgénicas, reducían su ritmo de crecimiento y dañaban su sistema inmunológico. Este estudio fue cuestionado en términos metodológicos.*³¹
- Posibilidad de alterar el contenido nutritivo: Un estudio independiente encontró que una variedad de soya transgénica específica contenía menores cantidades de fitoestrógenos² que lo esperado.¹⁷
- Una de las plantas transgénicas más conocidas es el maíz Bt que resiste el ataque del taladro al portar un gen proveniente de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y que sintetiza una proteína tóxica.³² Un estudio histológico, en el íleon de ratones nutridos con patatas transgénicas, portadoras del gen de la toxina Bt, mostró que el principio activo del Bt, provocaba la autodegradación de las células de la superficie del intestino, estableciendo que la toxina Bt, no se degrada en el intestino sino que se adhiere a su superficie y puede inducir efectos inmunitarios importantes.^{33, 34}
- El estudio de Fenton, realizado en humanos, demostró que el OMG insertado en el genoma de vegetales, se unía a glicoproteínas de las membranas de los leucocitos y el 90% de las proteínas de membrana son receptores, por lo que es imposible predecir el lugar del genoma al que serían incorporados, con las consecuencias que podrían derivarse de esto.³⁵

5. MEJORAS EN NUTRICIÓN HUMANA E INDUSTRIA ALIMENTARIA

Es importante resaltar que el uso de los cultivos transgénicos ha permitido reducir la utilización de pesticidas químicos, muchos de los cuales son productos recalcitrantes, lo que se ha traducido en un menor impacto en el ambiente. Además, algunos de los pesticidas químicos tienen también efectos carcinogénicos. El maíz, el arroz y la soja transgénicos se consumen en muchos países, y cada vez es mayor el número de hectáreas que se cultivan con plantas transgénicas.³⁶

En los alimentos transgénicos es posible eliminar alérgenos existentes en el alimento nativo, dando lugar a productos con menor o nula alergenicidad. Análisis por *immunoblotting* y ELISA de las semillas utilizando un anticuerpo monoclonal al alérgeno de la 16kDa aislado del **arroz** muestra que el contenido alérgico de las semillas de diversas plantas de arroz transgénicos eran marcadamente menores que el de las semillas de arroz salvaje.³⁷ Por otra parte, se ha empleado la estrategia de gen anti-sentido para suprimir la expresión del gen alérgico de 14-16kDa en las semillas de arroz en proceso de maduración. Los altos niveles de reducción observados eran heredados de un modo estable en por lo menos tres generaciones.³⁸

El arroz presenta tres problemas nutricionales: contiene muy poco hierro biodisponible, tiene poca lisina (uno de los aminoácidos esenciales) y el más importante es la falta de β -caroteno (precursor de la vitamina A). Normalmente las plantas de arroz producen β -caroteno en sus partes verdes, pero no en el grano que es la parte comestible; esto se debe a la ausencia de tres enzimas que impiden su formación. Por tanto, en lugares como Asia o África, donde la población se alimenta prácticamente a base de este cereal, patologías como anemia y ceguera son endémicas.³⁹ Según la OMS, la carencia de esta vitamina provoca ceguera en alrededor de entre 250.000 y 500.000 niños en edad preescolar por cada año. De entre ellos, casi la mitad muere en los siguientes doce meses. La deficiencia de vitamina A también crea vulnerabilidad a enfermedades como el sarampión, que sigue siendo una causa importante de muerte en infantes. En algunos países, la falta de vitamina A es igualmente un factor significativo de las altas tasas de mortalidad materna durante el embarazo y el parto. Hace 15 años, científicos suizos crearon el llamado "**arroz dorado**", rico en β -caroteno, que abordaba la carencia de la vitamina A, con él se podrían evitar los problemas de ceguera asociados a dietas basadas exclusivamente en este cereal. Después de llevar a cabo estudios de biodisponibilidad en humanos, se ha comprobado que una dosis diaria de 60 gr este arroz, algo totalmente viable, es suficiente para paliar los problemas nutricionales asociados a la falta de β -caroteno en arroz.⁴⁰

Una cepa de **maíz** transgénico que tenía baja cantidad de ácido fítico (disminuye la biodisponibilidad del hierro), mostró que la incorporación a eritrocitos de hierro, fue 49% mayor en individuos que ingirieron el maíz bajo en ácido fítico comparado con el silvestre. El consumo de maíz modificado genéticamente y bajo en ácido fítico puede mejorar la absorción de hierro y por ende la nutrición en poblaciones que consumen dietas basadas en maíz modificado.⁴¹

Científicos españoles han participado en una investigación internacional que logra descubrir un gen que afecta a la calidad del **tomate**, según informa el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) que ha participado en la investigación. Los resultados publicados muestran el factor de transcripción que regula el desarrollo del cloroplasto en el fruto y eventualmente la calidad del tomate (*Solanum lycopersicum*).

Entre los aproximadamente 35.000 genes que tiene el tomate, se encuentra el gen responsable de su sabor, llamado GLK2. Este gen tiene las instrucciones para formar una proteína, la GLK2, que aumenta la capacidad de la fruta para transformar la energía del sol en azúcares mediante la fotosíntesis. Gracias a la proteína, aumenta la actividad de los cloroplastos, que se encargan de la fotosíntesis. Y a más azúcares, mejor sabor. Cultivando tomates modificados genéticamente con dosis extra de GLK2 se han conseguido tomates hasta un 20% más dulces que un tomate tradicional. Los científicos han detectado que la maduración uniforme del tomate buscada durante décadas va asociada a una mutación en el gen GLK2. El inconveniente es que esta mutación, conocida como “U”, también desactiva la proteína GLK2, que da el sabor al tomate.^{42,43} *No obstante, los científicos han contado de alguna manera con la colaboración de Monsanto, el gigante estadounidense de los transgénicos. Seminis, la mayor empresa mundial de semillas de hortalizas, creó algunas plantas con el gen GLK2 sobreexpresado para la Universidad de California y, en el proceso, Monsanto compró la compañía. “La única relación con Monsanto ahora es que son propietarios de Seminis”, explica Powell. nota de prensa*⁴⁴

El tratamiento de **enfermedades inflamatorias del aparato digestivo** con patatas y plátanos transgénicos, anticuerpos para células tumorales de cáncer de pulmón y colon, con arroz y trigo modificados genéticamente y un aceite de colza bajo en ácidos grasos saturados, triglicéridos y rico en aceites marinos, fibras y vitamina E y A, podría reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de cáncer.^{45, 46}

El **gluten** que contiene gran parte de los cereales es un problema para las personas celíacas. En Córdoba, investigadores del CSIC han logrado eliminar la toxicidad del trigo manipulándolo genéticamente. Concretamente, en este estudio el objetivo ha sido “silenciar” la expresión de la proteína gliadina a través de la inclusión en células de trigo convencional de determinados genes que la inhiben. El trigo resultante mantiene las propiedades nutritivas y organolépticas del trigo común (misma textura y sabor), pero se ha eliminado el 99% de la proteína que afecta a los celíacos.⁴⁷

En la producción de alimentos el uso de proteínas de origen transgénico con actividad enzimática también ha tenido un impacto importante. Un ejemplo es la utilización de la quimosina recombinante en la producción de quesos (en EE.UU. se utiliza para la elaboración de aproximadamente 70% de los quesos). Otras enzimas de origen transgénico, como las amilasas, son utilizadas en la hidrólisis de almidón; las pectinasas para la clarificación de jugos; las glucosa-oxidasas y catalasas para la deshidratación de huevo; las lipasas, para la maduración de quesos y la transformación de aceites; las glucosa-isomerasas para la producción de jarabes fructosados; las glucanasas, en producción de cerveza; las lactasas, para degradar la lactosa de la leche, entre las más importantes. Si bien en la mayor parte de estos casos se emplean las proteínas de origen transgénico purificadas, existen aplicaciones, como la industria cervecera, en las que se emplea el microorganismo completo con una nueva actividad enzimática derivada de la modificación.³⁶

También en el caso de los alimentos fermentados, se han aplicado técnicas de ingeniería genética. Las bacterias lácticas o las levaduras de uso en el sector agroalimentario han sido modificadas con genes exógenos, dando lugar por ejemplo a quesos en los que se acortan los tiempos de maduración o a vinos con un incremento de aroma afrutado, o a panes en cuya producción se obvia la adición de aditivos con capacidad alergénica.³²

5.1. ANIMALES MODIFICADOS GENÉTICAMENTE

Recientemente se han desarrollado los primeros animales transgénicos, tales como carpas y salmones que portan múltiples copias del gen de la hormona de crecimiento. Una empresa de EEUU ha creado el primer animal MG para consumo humano. Se trata de un salmón transgénico que crece el doble de rápido que los normales, y está especialmente diseñado para adaptarse a las piscifactorías. Sólo han tenido que manipular dos genes para conseguir este nuevo salmón; un gen activa la hormona de crecimiento y el otro sirve de anticongelante para que el pez no deje de crecer en invierno como hace naturalmente. Este salmón alcanza en 18 meses el peso que tendría uno convencional de 3 años. El salmón transgénico todavía no se puede comercializar.^{48,49}

Sin embargo, las mejores perspectivas de futuro se centran en la utilización de genes que codifican proteínas de alto valor añadido en la glándula mamaria de diferentes mamíferos; animales transgénicos como productores de leches modificadas, leches

enriquecidas en fármacos como el activador del plasminógeno. Recientemente, se ha descrito la creación de un mamífero transgénico que tiene en su leche una enzima lactasa y produce leche con un bajo contenido en el azúcar lactosa. Su consumo puede resultar de interés para personas que presenten algún grado de déficit en la actividad de la lactasa. En el mercado existen fórmulas comerciales de leche deslactosada, pero actualmente se trabaja en el desarrollo de animales transgénicos que lleven una copia del gen que codifica para la enzima lactasa, de forma tal de obtener, directamente del animal, una leche libre de lactosa apta para el consumo humano.⁵⁰

También se trabaja en el desarrollo de animales genoprivos (knockout) para el gen de la lactoglobulina, para obtener leche destinada a consumidores alérgicos.⁵¹ Por otra parte, se ha logrado producir lactoferrina humana en la leche de vacas transgénicas.^{52,53} La lactoferrina humana no sólo tiene propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales, sino que también posee efectos tróficos sobre el intestino. El propósito de producir leche vacuna con lactoferrina humana es el de mejorar la defensa inmunológica de los niños alimentados con leche de vaca. De esta forma, vemos cómo la transgénesis se utiliza para lograr leches para consumo humano que puedan suplir deficiencias enzimáticas de la población, que sean aptas para el consumo de personas alérgicas y, también, para mejorar la calidad de la leche vacuna para aquellos niños que no pueden ser amamantados por sus madres.⁵²

6. LEGISLACIÓN

A escala mundial, la mayoría de la población tiene miedo a los transgénicos y exigen a sus gobiernos legislaciones que los protejan como consumidores, pero sobre todo quieren saber si un alimento contiene material genéticamente manipulado. Esto significa una etiquetación comprensible para cualquier nivel educativo, con una divulgación amplia de los riesgos y aciertos de la biotecnología.²⁷

Entre estas regulaciones se destacan:

- 1) El **Protocolo de Cartagena** sobre Bioinocuidad (CPB), firmado en Mayo de 2000, en Montreal y ratificado en enero de 2002, es un tratado ambiental legalmente obligatorio para sus partes, regula los movimientos fronterizos de los organismos vivos modificados (LMO). Es el primer acuerdo internacional que rige la transferencia, manejo y uso de organismos vivos modificados por medio de la

biotecnología

moderna.²²

Los alimentos transgénicos entran en el ámbito del protocolo sólo, si contienen LMO capaces de transferir o replicar el material genético. La finalidad del CPB es que los exportadores tienen que solicitar el consentimiento de los importadores, antes del envío de LMO.²²

2) La **Comisión del Codex Alimentarius** (Codex), es el organismo en conjunto con la FAO y OMS, responsable de reunir los estándares, los códigos de práctica, los lineamientos y las recomendaciones del código alimentario internacional. Está desarrollando principios para el análisis de riesgos para la salud humana de los alimentos modificados genéticamente. Los principios del Codex no tienen un efecto de obligatoriedad sobre las legislaciones nacionales, pero son mencionados específicamente en el Acuerdo Sanitario y Fitosanitario (Acuerdo SPS) de la Organización Mundial de Comercio y pueden usarse como referencia en el caso de disputas comerciales. Introduce un umbral mínimo de un 1% para ADN o proteína proveniente de modificación genética, debajo del cual no se requiere etiquetado.²²

3) La **Agencia Europea de Seguridad Alimentaria** (AESA), *hoy en día conocida como AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición)*, es la entidad oficial encargada de la concesión de las autorizaciones para la comercialización de estos productos en la Unión Europea.

La legislación europea actual sobre estos alimentos está regida por:

- Directiva 2001/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de marzo de 2001 titulado «Medidas para impedir la presencia accidental de OMG», que prevé que los Estados Miembros podrán adoptar las medidas adecuadas para impedir la presencia accidental de OMG en otros productos. Trata sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente. La Directiva tiene principalmente por objeto incrementar la eficacia y transparencia del procedimiento de autorización de la liberación intencional y de comercialización de OMG, limitar la validez de las autorizaciones a 10 años renovables e introducir un control obligatorio posterior a la comercialización de dichos organismos. La Directiva prevé asimismo el establecimiento de un método común de evaluación caso por caso de los riesgos medioambientales relacionados con la liberación de OMG, de objetivos comunes para el control de OMG tras su liberación intencional o su

comercialización, y de un mecanismo para modificar, suspender o terminar la liberación de OMG cuando se disponga de nuevos datos sobre los riesgos derivados de dicha liberación. La Directiva obliga a consultar al público y a etiquetar los OMG.⁵⁴

- Reglamento 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.
- Reglamento 1830/2003 (relativo a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos).
- Reglamento (CE)Nº1830/2003, de 22 de Septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos, y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE.⁵⁵

Normativa estatal:

- Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, (B.O.E. de 26/4/2003)
- Real Decreto 178/2004, de 30 de enero, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de la Ley 9/2003 (B.O.E. de 31/1/2004).

La finalidad de este régimen jurídico es prevenir los eventuales riesgos o reducir los posibles daños que para la salud humana y el medio ambiente pudiesen derivarse de las actividades de utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de OMG.⁵⁵

6.1. ETIQUETADO

La legislación europea obliga al **etiquetado** de todos aquellos alimentos que contengan o estén compuestos de OMG, para facilitar la libre elección del consumidor.

En los productos ofrecidos al consumidor final, debe constar la indicación “Este producto contiene organismos modificados genéticamente” o “Este producto contiene [nombre del o de los organismos] modificado [s] genéticamente”. Es obligatorio indicar en el etiquetado aquellos productos cuyo contenido en OMG supere el 0,9 %. Todas las sustancias cuyo origen sea un OMG deben mencionarlo en la lista de ingredientes con las palabras «modificado genéticamente».

Ilustración 1



Etiqueta de un preparado alimenticio que contiene OMG.

Debe garantizarse que su etiquetado no induce a error, no difiere de otros alimentos o ingredientes alimentarios a los que se sustituye, y su consumo no implique desventajas nutricionales ni efectos negativos sobre la salud humana.

FIAB recomienda no etiquetar con menciones como “Libre de OMG”, “No transgénico”, “Sin OMG”, etc., porque contribuye a fomentar el miedo y los prejuicios de los consumidores.

Ilustración 2



Mención en el envase de que no procede de OMG.

7. SEGURIDAD ALIMENTARIA

7.1. Pruebas para controlar la seguridad

Todos los alimentos cuya comercialización se inicia en la Unión Europea, sean o no modificados genéticamente, son sometidos a evaluaciones que garantizan que su consumo es seguro.

Trazabilidad de OMG: La legislación europea obliga a que en todas las fases del proceso de producción y comercialización de un alimento se pueda saber si contiene o no OMG, para facilitar la libre elección del consumidor. Para ello, en las primeras fases de la comercialización de un producto que contiene o está compuesto por OMG los operadores están obligados a transmitir por escrito al operador que recibe el producto la mención de que éste contiene o está compuesto por OMG y el identificador único asignado a dicho OMG. Este identificador es una clave alfa numérica que identifica de forma inequívoca el OMG.

Procedimiento de autorización para la comercialización de alimentos modificados genéticamente: Los alimentos modificados genéticamente se someten a una evaluación caso a caso antes de autorizarse su comercialización en Europa. Estas condiciones son comunes a todo tipo de alimentos cuya comercialización se quiera iniciar en la Unión. Por otro lado, como OMG, deben someterse a la evaluación de los requisitos de seguridad medioambiental. A la EFSA le corresponde emitir un dictamen y un informe en el que se describe la evaluación efectuada del alimento y que servirá de apoyo a la Comisión y a las autoridades competentes de los Estados Miembros para decidir si se autoriza o deniega la comercialización del OMG.

Para evaluar la seguridad de los alimentos que contienen o proceden de OMG se estudian las consecuencias directas (nutricionales, tóxicas o alergénicas) de la presencia en los alimentos de nuevos productos genéticos, de la alteración de los productos genéticos existentes y de las consecuencias indirectas en el metabolismo del organismo fuente del alimento. También deben estudiarse las posibles consecuencias de la transferencia genética a la microbiota gastrointestinal desde los OMG o desde los alimentos o componentes alimenticios derivados de ellos. En la evaluación de la seguridad es esencial la caracterización bioquímica del alimento y la caracterización precisa de la modificación genética incorporada en los OMG, incluidos el sitio de inserción en el genoma, el número de copias y el nivel de expresión del material genético introducido. La presencia de posibles sustancias tóxicas en el alimento se comprueba mediante análisis químicos y mediante el empleo de sistemas celulares y animales de experimentación, con los que se investigan los posibles efectos a corto, medio y largo plazo (toxicidad aguda, subaguda y crónica). El análisis de la existencia de posibles alérgenos en el nuevo alimento se realiza mediante

ensayos de alergenicidad. Para cada caso particular se requiere la aportación de aquellas pruebas o estudios adicionales que los comités científicos consideran relevantes. Los nuevos alimentos que no cumplan todos los requisitos de seguridad establecidos por la Unión Europea y no superen la evaluación de los distintos comités de expertos de los Estados Miembros no podrán ser comercializados. La seguridad de una planta transgénica para su uso como alimento en la Unión Europea se comprueba mediante el estudio crítico de los siguientes aspectos: Se han de realizar experimentos de laboratorio utilizando plantas cultivadas en invernadero, para confirmar que las modificaciones genéticas introducidas mediante las técnicas de ingeniería genética son las que se habían planificado y sólo ellas, y que el material genético añadido se ha incorporado de manera estable al genoma de la planta. Se han de llevar a cabo ensayos de campo aprobados por las Autoridades Competentes de distintos países miembros, realizados bajo condiciones controladas para confirmar que la variedad ensayada no es perjudicial para la salud animal o humana ni afecta al medio ambiente. Se ha de demostrar la satisfacción de todas las Comisiones Nacionales de Bioseguridad y Autoridades Competentes de todos los países miembros, que las modificaciones en el ADN de la nueva variedad no introducen ningún riesgo de ser incorporados al genoma de otros organismos, que las proteínas codificadas por los nuevos genes no son tóxicas ni alergénicas, y que desde el punto de vista de la composición de nutrientes la nueva variedad es equivalente a la original. Para los productos aprobados se exige el desarrollo de un Plan de Seguimiento durante un número de años para detectar cualquier efecto perjudicial como consecuencia del uso del nuevo alimento.⁵⁶

7.2. Seguridad e inocuidad de los alimentos modificados genéticamente

Desde 1990 estructuras como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la OMS y la FDA, vienen evaluando con rigor los alimentos modificados genéticamente, avalando protocolos para las pruebas de alimentos transgénicos, y no se han opuesto a su utilización.³⁶

La OMS coincide en que cada alimento modificado genéticamente y su inocuidad deben ser evaluados individualmente, caso por caso, y que no es posible hacer afirmaciones generales sobre la inocuidad de todos ellos. Señala también que estos

alimentos actualmente disponibles en el mercado internacional han pasado las evaluaciones de riesgo y no han generado daño, y es probable que no presenten riesgos para la salud humana. Además, no se han demostrado efectos sobre la salud humana como resultado del consumo de dichos alimentos por la población en los países donde fueron aprobados. El uso continuo de evaluaciones de riesgo con base en los principios del Codex Alimentarius, y donde corresponda, incluido el monitoreo post comercialización, debe formar la base para evaluar la inocuidad de los alimentos modificados genéticamente. No obstante, advierte que "algunos de los genes utilizados para la producción de alimentos modificados genéticamente, nunca antes han estado presentes en la cadena alimentaria, por lo que se teme que la introducción de genes nuevos cause cambios en la estructura genética actual de los cultivos". Por ello sugiere, evaluar las repercusiones potenciales de estos alimentos en la salud humana antes de proceder a su cultivo y comercialización. También se debe asegurar una vigilancia a largo plazo para detectar precozmente cualquier posible efecto perjudicial.⁵⁷

El 23 de junio del 2005, la OMS, por medio del Departamento de Inocuidad Alimentaria, dio a conocer el informe *Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias*, el cual señala, con respecto a la realidad acerca de la seguridad para la salud y el ambiente de estos organismos, lo siguiente:

- "Hasta el presente no pueden generalizarse evidencias concluyentes sobre las ventajas ambientales ni sobre costos a partir de cultivos genéticamente modificados"
- "En la actualidad, no hay información concluyente sobre los posibles efectos sobre la salud de las modificaciones que cambiarían significativamente las características nutricionales de cualquier alimento, (...)"
- "Los OMG también pueden afectar a la salud humana indirectamente mediante impactos perjudiciales sobre el medio ambiente o mediante impactos desfavorables sobre factores económicos (incluyendo el comercio), sociales y éticos."
- "(...) no hay una prueba definitiva para determinar el potencial de alergenicidad de una proteína nueva."

Adicionalmente, en este informe se puede ver que es indudable que los sistemas reguladores de seguridad en esta materia han estado y están en desacuerdo, además de ser confusos.¹⁷

La FAO por su parte indica con respecto a los transgénicos cuya finalidad es la alimentación: "Hasta la fecha, los países en los que se han introducido cultivos

transgénicos en los campos no han observado daños notables para la salud o el medio ambiente”. Sin embargo, que no se hayan observado efectos negativos no significa que no puedan suceder. Los científicos piden una prudente valoración caso a caso de cada producto o proceso antes de su difusión, para afrontar las preocupaciones legítimas de seguridad.

Varios estudios concluyen declarando que hasta la fecha no hay evidencia sólida sustentada científicamente y comprobada de manera independiente por varios grupos de daño a la salud humana, ni al medio ambiente o a la biodiversidad por el uso de los organismos transgénicos o sus productos presentes hoy en día en el mercado, aunque ciertamente la ausencia de evidencia de daño no implica certeza de ausencia de riesgo.⁵⁸

Tabla 1. Clasificación de 1783 artículos científicos sobre Seguridad de la Ingeniería genética publicados entre 2002 y 2012.

| Topic | No. of papers | %* |
|--|---------------|------|
| General literature (GE gen) | 166 | 9.3 |
| Interaction of GE crops with the environment (GE env) | 847 | 47.5 |
| Biodiversity | 579 | 32.5 |
| Gene flow | 268 | 15 |
| Gf – Wild relatives | 113 | 6.3 |
| Gf – Coexistence | 96 | 5.4 |
| Gf – Horizontal gene transfer in soil | 59 | 3.3 |
| Interaction of GE crops with humans and animals (GE food&feed) | 770 | 43.2 |
| Substantial equivalence | 46 | 2.6 |
| Non-targeted approaches to equivalence assessment | 107 | 6 |
| GE food/feed consumption | 312 | 17.5 |
| Traceability | 305 | 17.1 |

*Percentage of the total number of collected papers.

Los datos publicados en la literatura no han motivado la cancelación y el retiro del mercado de los cultivos transgénicos que supuestamente los causan, por parte de las agencias gubernamentales responsables en diferentes países de la autorización del consumo y liberación de estos OMG. Por lo anterior, los organismos transgénicos y sus productos hoy autorizados y presentes en el mercado, se siguen utilizando y consumiendo en más de 50 países por cerca de 300 millones de personas.³⁶

La UE financió más de 50 programas de investigación de 2001 a 2010 con un presupuesto total de 200 millones de euros con la intención de ganar la nueva prueba científica dirigiendo la preocupación pública sobre la seguridad de los cultivos transgénicos. Un informe sumario de estos programas destacó que el empleo de la biotecnología y plantas modificadas genéticamente no implican por sí mismas riesgos

más altos que los que se podrían producir a causa de los métodos de cosecha y tecnologías de producción clásicos. Asimismo, la ingesta de ADN transgénico no implica riesgos más altos que la ingesta de cualquier otro tipo de ADN (Comisión Europea, 2010). Se estima que, con una dieta normal consumimos entre 0.1 y 1 g de ADN/día de fuentes diferentes (carne, verduras...). El ADN transgénico es enormemente diluido por la cantidad total de ADN ingerido (del 0.00006 % al 0.00009 %) y es digerido como cualquier otro ADN. Además, las técnicas culinarias (cocción, fritura, etc.) por lo general causan degradación de ADN reduciendo aún más la cantidad de ADN intacto. No obstante, no se han obtenido evidencias hasta el momento de que el ADN absorbido por el tracto gastrointestinal pueda ser integrado en las células del huésped. El ADN de los cultivos transgénicos no se diferencia intrínseca, física o funcionalmente de otro ADN ya presente en los cultivos tradicionales.

Otra preocupación es que las proteínas codificadas por los genes insertados en los cultivos transgénicos pueden ser tóxicos o alergénicos. Una vez más, los revisores no encontraron pruebas de que éste sea el caso. Los genes encontrados en cosechas de OMG hoy en día no presentan ningún riesgo significativo sobre la salud humana o animal, y están naturalmente presentes en el medio ambiente y/o en el tracto gastrointestinal animal y humano (EFSA, 2011; Wilcks & Jacobsen, 2010). Se puede concluir que la investigación científica conducida hasta ahora no ha descubierto ningún riesgo significativo directamente unido con el empleo de cosechas de OMG.⁵⁹

A pesar de ello, más de 200 científicos, médicos, académicos y expertos firmaron una carta abierta en 2013 donde declaran que no hay consenso sobre la inocuidad de los cultivos transgénicos y destacan la ausencia de estudios epidemiológicos sobre los efectos de los alimentos transgénicos en la salud.¹²

8. DISCUSIÓN BIOÉTICA

Se ha de tener en cuenta que la posibilidad de transferir genes entre determinadas especies pueden tener una importancia moral o ética para determinados colectivos de consumidores como por ejemplo los vegetarianos de dieta estricta, que no aceptarán un vegetal que contenga una proteína animal. En este mismo sentido, algunas

religiones no permiten alimentarse de algunos animales y tampoco podrían aceptar que las plantas u otros animales contengan genes y proteínas de los animales prohibidos. El problema se soluciona fácilmente etiquetando el alimento e informando al consumidor de que el producto que adquiere contiene un determinado gen o proteína.

CONCLUSIONES

Pese a que aparentemente no existen a la fecha evidencias científicas de que los productos transgénicos vegetales o animales sean perjudiciales para la salud, medio ambiente o biodiversidad, existe una gran desconfianza como consecuencia de una falta de información. Evaluaciones contradictorias y confirmaciones incompletas de los beneficios, riesgos y limitaciones de los OMG por parte de diversas organizaciones científicas, comerciales, de consumidores y públicas, han producido controversias con respecto a su inocuidad como alimentos de consumo y para el medio ambiente.

La biotecnología moderna, debidamente desarrollada, puede ofrecer nuevas y amplias posibilidades de contribución a la mejora de la salud y el desarrollo humano. Los OMG ofrecen el potencial de aumentar la productividad agrícola, incrementar el valor nutricional, reducir el uso de agroquímicos, y propiciar una mayor sostenibilidad de los cultivos y seguridad alimentaria, particularmente en los países en desarrollo. Las posibilidades de futuro para desarrollar nuevos alimentos con nuevas propiedades para cubrir las necesidades son muy amplias, pero dependerán de distintas estrategias políticas, comerciales y sociales.

Es importante remarcar en que deben seguir realizándose las pruebas pertinentes y exhaustivas para mostrar la inocuidad alimentaria de los OMG que se consumen y de nuevos productos que se pretendan incorporar en el mercado. En este sentido, es fundamental que el conocimiento científico que se publique este bien sustentado y que quede claro que las posibles evidencias de efectos negativos por el uso de organismos transgénicos no impliquen, necesariamente, daño. Así mismo, es fundamental que cualquier evidencia publicada que señale posibles efectos por el uso de alimentos transgénicos y sus productos pueda ser obtenida de manera independiente por otros grupos de investigación para corroborar los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.bancomundial.org/investigacion/>
2. <http://aesan.msssi.gob.es/>
3. Silva CA. Maíz genéticamente modificado. Primera edición. Bogotá D.C., Colombia: Agro-Bio; 2005.
4. Pellegrini PA. Anomalías en los comienzos de la transgénesis vegetal: intereses e interpretaciones en torno a las primeras plantas transgénicas. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* 2013; 20(4):1453-1471.
5. Batista R, Oliveira MM. Facts and fiction of genetically engineered food. *Trends in Biotechnology* 2009; 27(5): 277-286.
6. Graziano J. *FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture*. Rome; 2013.
7. <http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>
8. James C. *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013*. Edición 46. Ithaca, NY: ISAAA; 2013.
9. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/exectuviesummary/>
10. <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/44/exectuviesummary/>
11. <http://www.nature.com/news/specials/gmcrops/index.html>
12. Pispini M, Schimpf M, López J, Chandrasekaran K. ¿Quién se beneficia con los cultivos transgénicos?. Amsterdam: Amigos de la Tierra Internacional; 2014.
13. Arias CF, Arriaga E, Barrera HA, Gonzalo F, de la Torre MM, Espinosa J, et al. *Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados*. México: Ezcurra A; 2011.
14. Katz D. The Mismatch between the Biosafety protocol and the Precautionary Principle. *Geo. Int'l Envtl. L. Rev.* 2001; 949: 975-976.

-
15. Martínez A, Martínez E. Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutr. Hosp* 2006; 21:1-14.
16. Herrera, JA. El Principio Precautorio en la era de los OGM: incertidumbre y conflicto internacional. *Medio ambiente & derecho: Revista electrónica de derecho ambiental* 2005; 12-13: 1576-3196.
17. Hebert MR, García-G JE, García-G M. Alimentos transgénicos: Incertidumbres y riesgos basados en evidencias. *Revista Acta Académica (UACA, Costa Rica)* 2006; 19(39): 129-145.
18. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2002/12/04/4332.php>
19. Fox JL. FDA attacks food allergens. *Biotechnology* 1994; 12:568-569.
20. Carey B. Tasty tomatoes: now there's a concept. *Health* 1993; 7:24-28.
21. Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA y cols. Identification of a Brazil nut allergen in transgenic soy beans. *N Engl J Med* 1996; 334:688-692.
22. Angulo NC. Manipulación genética de los alimentos. Controversias bioéticas para la salud humana. *Comunidad y salud* 2010; 8(2)
23. Tappeser B, Jäger M., Eckelkamp C. Survival, persistence, transfer. An update on current knowledge on GMOs and the fate of their recombinant DNA. *TWN Biotechnology & Biosafety* 2002; 3: 44.
24. http://www.aesan.mspsi.gob.es/AESAN/web/notas_prensa/evaluacion_rigurosa.shtml
25. Fagan JB. 1997. Tryptophan summary. Physicians and scientists for responsible application of science and technology (PSRAST). *Revista Biocenosis* 2008; 21(1-2)
26. Attenburrow MJ, et al. Acute administration of nutritionally sourced tryptophan increases fear recognition *Psychopharmacology (Berl)* 2003; 169(1):104-7.
27. Oswald U. Transgénicos: efectos en la salud, el ambiente y la sociedad. Una reflexión bioética. *Revista digital universitaria* 2001; 3(1)

-
28. Lappe M.A, Bailey E.B, Childress C, Setchell K.D.R. Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified, herbicide-tolerant soybeans. *Journal of Medicinal Food* 1999; 1: 4.
29. Barnes S. The Biochemistry, Chemistry and Physiology of the Isoflavones in Soybeans and their Food Products. *Lymphat Res Biol.* 2010 Mar;8(1):89-98.
30. Liu R, Hu Y, Li J, Lin Z. Production of soybean isoflavone genistein in non-legume plants via genetically modified secondary metabolism pathway. *Metab Eng.*2007; 9(1):1-7.
31. Ewen SW, Pusztai A. Effect of diets containing genetically potatoes expressing galan-thus nivalis lectin on rat small intestine. *Lancet* 1999; 354:1353-4.
32. Rivera LM. Análisis empírico del mercado valenciano de los alimentos modificados genéticamente. Universidad Politécnica de Valencia. Boletín económico del ICE N°2863;2005
33. Kumar S, Chandra A, Pandey KC. *Bacillus thuringiensis* (Bt) transgenic crop: an environment friendly insect-pest management strategy. *J Environ Biol.* 2008; 29(5):641-53.
34. Vazquez RI. Cry1Ac protoxin from *Bacillus thuringiensis* sp. Kurstaki HD73 bind to surfaces proteins in the mouse small intestine. *Biochemical and biophysical research communications* 2000; 271:54-8.
35. Fenton B, Stanley K, Fenton S, Bolton-Smith C. Differential binding of the insecticidal lectin GNA to human blood cells. *Lancet* 1999; 354:1354-5.
36. Bolívar FG. Por un uso responsable de los organismos genéticamente modificados. México: Ezcurra A; 2011.
37. Nakamura R, Matsuda T. Rice allergenic protein and molecular-genetic approach for hypoallegenic rice. *Biosci Biotechnol Biochem* 1996;60:1215-1221.
38. Tada Y, Nakase M, Adachi T y cols. Reduction of 14-16 kDa allergenic proteins in transgenic rice plants by antisense gene. *FEBS Letter* 1996; 391:341-345.

39. Ye X, Al-Babili S, Klott A, Zhang J, Lucca P, Beyer P, et al. Engineering the provitamin A (Beta- carotene) biosynthetic pathway into rice endosperm. *Science* 2000; 287 (5451): 303-5.

40 <http://lacienciadeamara.blogspot.com.es/2012/08/arroz-dorado-biotecnologia-libre-la.html>

41. Mendoza C, Viteri FE, Lonnerdal B, Raboy V, Young KA, Brown KH. Absorption of iron from unmodified maize and genetically altered, low- phytate maize fortified with ferrous sulfate or sodium iron EDTA. *Am J Clin Nutr* 2001; 73: 80-5.

42.http://www.csic.es/web/guest/buscar;jsessionid=56F920B10E63FE3D5E87DA2CC8631F38?p_p_state=maximized&p_p_lifecycle=1&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_struts_action=%2Fcontentviewer%2Fview&p_p_id=contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet&_contentviewerservice_WAR_alfresco_packportlet_nodeRef=workspace%3A%2F%2FSpacesStore%2F06e9a525-bfbe-41ee-ad4e-c5f3233cb477&p_p_mode=view&contentType=news

43. Powell AL, Nguyen CV, Colina T, Cheng KL, Figueroa-Balderas R, Aktas H, et al. Uniform ripening encodes a Golden 2-like transcription factor regulating tomato fruit chloroplast development. *Science* 2012; 336(6089):1711-5.

44.<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16892/118%2027062012%20IBMCP%20SCIENCE%20II.pdf?sequence=1>

45. Fell JM. Control of systemic and local inflammation with transforming growth factor beta containing formulas. *J Parenter Enteral Nutr* 2005; 29:126-28.

46. Afzal NA, Van Der Zaag-Loonen HJ, Arnaud-Battandier F, Davies S, Murch S, Derkx B. Improvement in quality of life of children with acute Crohn's disease does not parallel mucosal healing after treatment with exclusive enteral nutrition. *Aliment Pharmacol Ther* 2004; 20:167-172.

47. <http://www.ias.csic.es/>

48. Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias. Departamento de inocuidad de los alimentos. Organización

Mundial de la Salud. Suiza. 2005. (Clasificación NLM: WA 695)

Sitio en Internet: <http://www.who.int/foodsafety>

49. Ye X1, Tian YY, Gao FY. Progress in transgenic fish techniques and application. Yi Chuan. 2011; 33(5):494-503.

50. Avila Castañón L, Hidalgo Castro EM, del Río Navarro BE, Sienna Monge JJ. Cow-milk's protein allergy. Rev Aler Mex2005;52(5):206-12.

59. Selbert S, Bentley DJ, Melton DW, Rannie D, et al. Efficient BLG-Cre mediated gene deletion in the mammary gland. Transgenic Res 1998;7(5):387-96

52. Cavagnari BM. Animales transgénicos: usos y limitaciones en la medicina del siglo XXI. Arch. argent. pediatr. 2010; 108(4)

53. Van Berkel PH, Welling MM, Geerts M, van Veen HA, et al. Large scale production of recombinant human lactoferrin in the milk of transgenic cows. Nat Biotechnol 2002;20: 484-7.

54. http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/food/l28130_es.htm

55. <http://www.AESAN.es>

56. Biotecnología y alimentos [preguntas y respuestas]. Sociedad Española de Biotecnología: 2003.

57. <http://www.Who.Int/Foodsafety/Publications>

58. Critical Review of Biotechnology un metaanálisis de 1783 estudios publicados entre 2002 y 2012

59. Nicolía A, Manzo A, Veronesi F, Rosellini D. An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. Crit Rev Biotechnol. 2014; 34(1):77-88.