

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

ESCUELA DE ENFERMERÍA CASA DE SALUD VALDECILLA

Alimentos Transgénicos, Organismos Genéticamente Modificados (OGM)

Transgenic Food, Genetically Modified Organisms (GMO)

TRABAJO FIN DE GRADO

Fecha: Junio 2016

Autora: Jimena Martín López

Directora: María Jesús Durá



ÍNDICE

1.	Resumen.....	3
2.	Summary.....	3
3.	Introducción.....	4
4.	Objetivos.....	5
5.	Metodología.....	6
6.	Desarrollo de los capítulos.....	6
	Capítulo 1: Áreas de aplicación	6
	Capítulo 2: Legislación	13
	Capítulo 3: Situación actual	16
	Capítulo 4: Ventajas	18
	Capítulo 5: Riesgos	20
	Capítulo 6 Controversia	21
	Capítulo 7 Conclusiones.....	22
7.	Referencias Bibliográficas	23

1. Resumen

Los alimentos transgénicos son aquellos que proceden de un organismo modificado genéticamente. La introducción de este tipo de productos en nuestra dieta es un tema que genera controversia ya que en muchos casos no se conoce con exactitud los efectos que esta modificación puede tener en el ser humano.

A lo largo de las páginas de este trabajo se explica la historia de la aparición de estos organismos gracias a procedimientos de ingeniería genética, en los que se modifican fragmentos de su ADN, de manera que se obtengan nuevos productos con nuevas características (no hay que confundirlo con las mutaciones genéticas o la reproducción selectiva).

Se revisan también las distintas aplicaciones de la ingeniería genética, sus posibles riesgos y beneficios para el ser humano, desde el punto de vista de la alimentación y nutrición.

Desde el punto de vista de la economía este trabajo demuestra cómo la introducción de estos alimentos supone un avance porque, en muchos casos, se trata de cultivos más resistentes a plagas o que tienen un crecimiento mayor.

También se incluye un apartado con los aspectos más importantes de las leyes vigentes que regulan los alimentos transgénicos y los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) en la Unión Europea. Finalmente se exponen unas conclusiones a las que se ha llegado tras la realización del trabajo.

2. Summary

The Transgenic Foods are those which come from a Genetically Modified Organism. The introduction of this kind of products in our diet is a controversial topic due to the fact that in many cases we don't know exactly the effect that this change can have on humans.

Throughout the pages of this document, it's explained the history of the appearance of these organisms thanks to genetic engineering methods, in which fragments of DNA are modified, so that new products are obtained with new features (not to confuse with genetic mutations or selective breeding).

Different applications of genetic engineering, its potential risks and benefits for humans are also reviewed from the point of view of food and nutrition.

From the point of view of the economy this work demonstrates how the introduction of these foods is a breakthrough because, in many cases, we obtain crops that are more resistant to pests or have higher growth.

It also includes a section with the most important aspects of the laws governing genetically modified foods and Genetically Modified Organisms (GMOs) in the European Union. Finally some conclusions are exposed.

Palabras clave:

Organismos Genéticamente Modificados, Alimentos Modificados Genéticamente, Ingeniería Genética, Etiquetado de Alimentos, ADN.

Genetically Modified Organisms, Genetically Modified Food, Genetic Engineering, Food labeling, DNA.

3. Introducción

Los alimentos transgénicos son un producto que está presente en nuestra sociedad desde hace algunos años. Mucha gente es contraria a su consumo o adopta una postura de escepticismo sobre sus hipotéticos beneficios, sin embargo, están presentes, sin saberlo, en muchos de los productos que tomamos.

Según la OMS los alimentos transgénicos son aquellos que proceden de un OGM. En estos organismos el material genético (ADN) (Figura 1) ha sido modificado mediante técnicas de ingeniería genética¹. Estas técnicas permiten aislar una determinada secuencia de ADN de un organismo, con unas características conocidas y deseadas, e implantarla en el ADN de otro organismo que se desea modificar². Se usa principalmente para crear vegetales genéticamente modificados (GM), que luego se utilizarán para cultivos de los que saldrán alimentos GM, aunque actualmente también se están usando estas técnicas en animales (en 2015 se inició la comercialización en América del primer alimento animal transgénico, un salmón que crece en la mitad de tiempo)³.

Por tanto, un alimento transgénico es todo aquel producido a partir de un organismo modificado mediante ingeniería genética, para incorporarle genes de otro organismo, o para modificar fragmentos de su ADN de manera que se obtengan nuevos productos con nuevas características. No hay que confundirlo con las mutaciones genéticas o la reproducción selectiva. De un OGM se obtienen los Alimentos Genéticamente Modificados (AGM) o Alimentos Transgénicos, gracias a las técnicas de la ingeniería genética².

Aunque desde la aparición de la agricultura se puede hablar de biotecnología de los alimentos, porque el hombre empezó entonces a usar métodos de selección de cultivos, para obtener unos nuevos más resistentes o con unas características mejoradas, eran métodos lentos que nada tienen que ver con la biotecnología moderna.



Figura 1: Estructura del ADN. Fuente: <http://www.infobiologia.net/2012/11/estructura-del-adn.html>

El origen de los OMG data de abril de 1953, cuando la revista científica Nature publicó un texto del científico estadounidense James Watson y del científico británico Francis Crick en el que presentaban su hallazgo de la estructura molecular en forma de doble hélice del ADN, la molécula portadora del programa genético de los organismos vivos, que se encarga de transmitir la información hereditaria de una generación a otra. Este descubrimiento no solo fue el origen de la creación de organismos, animales y plantas, modificados, también de este descubrimiento se han derivado el tratamiento de enfermedades mediante diagnóstico y terapia genéticos.

Los trabajos que dieron lugar al descubrimiento de Watson y Crick se iniciaron en Cambridge (Reino Unido) en 1951. Un joven biólogo norteamericano Jim Watson, llegó a la universidad de Cambridge, donde físicos y químicos investigaban las estructuras de las proteínas. Watson había visto una fotografía del ADN obtenida por el físico inglés, Maurice Wilkins mediante la técnica de difracción de rayos X. Desde ese momento creyó que el ácido desoxirribonucleico o ADN, era el elemento fundamental, responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios de los seres vivos, como las investigaciones posteriores pudieron demostrar.⁴

Francis Crick, James Watson y Maurice Wilkins recibieron el Premio Nobel de Fisiología por sus descubrimientos, 11 años más tarde.

Las técnicas de transgénesis (producción de transgénicos) fueron utilizadas por primera vez en los animales en 1981 y al poco tiempo en las plantas. Las primeras pruebas fueron en cultivos de tabaco, en Francia y en EEUU en 1986. En 1992, en China se comenzó a cultivar una planta de tabaco transgénico resistente a ciertos virus que se comenzó a comercializar en 1993.

Sin embargo, a pesar de estas pruebas con el tabaco, es el tomate Flavr-Savr o tomate MacGregor, el que se considera el primer alimento transgénico destinado al consumo humano, que empezó a comercializarse en 1994, de la mano de la empresa Calgene (hoy Monsanto). Mediante la Ingeniería Genética se había modificado su aspecto, su sabor y el tiempo de maduración y conservación, que eran mayores^{5,6}.

Desde esta primera comercialización de un alimento transgénico hasta la actualidad han ido surgiendo diversos cultivos transgénicos, adoptados por varios países y comercializados mundialmente, entre los cuales destacan cuatro por su gran extensión y usos: maíz, soja, colza y algodón. También han sido comercializadas variedades modificadas de papaya, patata, arroz, berenjena y remolacha azucarera. Las mejoras que se han adoptado principalmente son la tolerancia a herbicidas y la resistencia al ataque de insectos.

En la actualidad existen más de un centenar de vegetales con genes ajenos insertados, que se encuentran en distintas etapas de su comercialización: algunos representan un porcentaje importante de la producción total en ciertos países, otros transgénicos están pendientes de autorización.

Se considera que un 4% del total de tierra cultivable del mundo se destina a los cultivos transgénicos⁷.

Según un informe de la ONU, en los próximos 10 años la población crecerá en mil millones de personas y llegará a los 9.600 millones en 2050, fundamentalmente en países en desarrollo y más de la mitad en África. Esto supone una mayor demanda de alimentos y recursos naturales. Uno de los principales retos para el futuro próximo será alimentar de manera adecuada, tanto en cantidad como en calidad, a una población de estas dimensiones y hacerlo de forma sostenible, es decir, que no suponga una mayor amenaza para el medio ambiente.

Es un gran desafío porque actualmente más de 1020 millones de personas en el mundo se encuentran en situación de desnutrición. Además, debemos tener en cuenta el cambio climático y la dependencia de los combustibles fósiles en los sistemas de producción de alimentos, que es un asunto cada vez más preocupante⁸.

Con las técnicas actuales se pueden obtener cultivos más resistentes a sequías o con mayor calidad nutricional. Por tanto, podemos afirmar que, a pesar de la incertidumbre y la desconfianza que pueden generar, **los cultivos transgénicos serán una herramienta útil para contribuir a ese desarrollo sostenible que se busca⁶.**

4. Objetivos

- a. Enumerar los campos de aplicación de los Alimentos Transgénicos.
- b. Analizar los beneficios que pueden tener los productos transgénicos para la sociedad.
- c. Analizar la controversia que existe respecto al consumo de estos productos.

- d. Describir la legislación vigente en Europa y España.

5. Metodología

a) Recopilación de la información:

Para la realización de este trabajo se han consultado distintas bases de datos: Google, Google académico, organismos internacionales y nacionales, organización mundial de la salud (OMS), FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), UE (Unión Europea), ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications), etc.

b) Fase de depuración y ordenación de los datos

A continuación, se ha realizado un proceso de depuración, ordenación y clasificación de la información obtenida

c) Redacción del trabajo

6. Desarrollo de los capítulos

Capítulo 1: Áreas de aplicación

Gracias a la ingeniería genética hoy en día somos capaces de modificar animales, plantas y microorganismos e incluso cambiar características de organismos de un grupo a otros de otro grupo, sobrepasando la barrera de la especie. Esto se consigue gracias a la universalidad del código genético.

Hasta hace unos meses solo se comercializaban para la alimentación humana productos procedentes de plantas transgénicas, en lo referente a animales, tan solo existían proyectos o investigaciones; sin embargo EEUU ha comenzado con la comercialización del primer salmón transgénico⁹.

En lo que respecta a los microorganismos transgénicos, estos no son usados en la industria alimentaria de manera directa, es decir no encontramos en el mercado productos que contengan microorganismos vivos genéticamente modificados; sin embargo, se utilizan sustancias derivadas de ellos, como enzimas y aditivos para la obtención de productos procesados, así como en la industria farmacéutica¹⁰.

A continuación, se señalan posibles aplicaciones que ofrece la ingeniería genética, así como algunas que se están llevando a cabo en la actualidad en los distintos grupos: Vegetales, animales y microorganismos.

1.1 Vegetales:

Las plantas transgénicas son vegetales cuyo genoma (ADN) ha sido modificado. Las plantas se modifican con diferentes objetivos¹¹:

- Obtener una planta nueva para su uso como alimento (**alimentos transgénicos de origen vegetal**). El objetivo es obtener un alimento con nuevas características, con mayor utilidad desde el punto de vista alimentario o mejores características organolépticas: plantas con mejoras en su contenido de macro y micronutrientes,

mejor color, sabor, textura... Esto se consigue al introducir genes que proporcionan nuevas características a los productos o que evitan que se expresen genes con características no deseadas (genes antisentido)¹⁰.

En este apartado entraría el famoso “golden rice”, que contiene beta-caroteno y pretende ser una herramienta para luchar contra la mortalidad infantil y la ceguera asociada a déficit de vitamina A en la dieta.

- Producir **plantas descontaminadoras** de suelos, que eliminen contaminaciones indeseables del suelo. Estas plantas transgénicas son capaces de resistir condiciones normalmente tóxicas del terreno, como pueden ser suelos con altas concentraciones de metales pesados o contaminadas por arsénico. Podrían ser útiles para la descontaminación de zonas con alto nivel de residuos procedentes de la industria química o minera. Esto se conoce como *ficorremediación*, en el caso del uso de algas, o *micorremediación*, si lo que se usan son hongos. Se les introducen genes de bacterias capaces de reducir ciertos productos tóxicos, como por ejemplo el mercurio, y así se obtienen plantas que, no solo resisten condiciones de altas concentraciones de mercurio, si no que son capaces de reducirlo hasta su estado volátil y poco tóxico¹⁰.
- Producir plantas transgénicas útiles como combustibles biológicos (**biocombustibles**) por poseer una elevada concentración de polímeros de carbohidratos. La mayoría de investigaciones se orientan a obtener nuevos tipos de maíz, caña de azúcar o soja no comestibles, diseñados para su uso como materia prima de estos combustibles. Estos experimentos han sido denunciados por varios medios, por la posibilidad de contaminación de un cultivo no transgénico con uno transgénico que provoque que el cultivo no transgénico se convierta en inservible para el consumo humano. Como ejemplos tenemos a las empresas Syngenta y Diversa Corporation que están trabajando en un maíz que produce por sí mismo una enzima que convierte sus propias grasas vegetales en etanol¹⁰ (Figura 2).



Figura 2: Maíz MG. Fuente: <http://biodiesel.com.ar/tag/syngenta>

- Producir “**vacunas comestibles**” mediante la producción de plantas transgénicas que expresan proteínas terapéuticas (fármacos) o antígenos vacunales. Esto tiene una doble utilidad práctica ya que puede servirle a la propia planta para adquirir resistencias de interés para ella o para producir un producto útil para el hombre, las vacunas comestibles. En 2006 se utilizaron por primera vez unas vacunas producidas en células vegetales para pollos. En 2012 la Agencia Federal de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) aprobó el primer medicamento para uso humano producido a partir de plantas transgénicas. Este medicamento (Eleyso) estaba hecho a partir de zanahorias transgénicas y estaba destinado al tratamiento de la Enfermedad de Gaucher¹⁰.
- Obtener plantas que mediante los métodos de Ingeniería Genética han **mejorado sus caracteres agronómicos**.
 - Plantas resistentes a plagas de insectos, con genes de origen bacteriano, expresan toxinas insecticidas o con genes que codifican otros inhibidores de proteasas. Ejemplo: maíz Bt MON810, de la empresa Monsanto. Se denomina Bt porque induce el gen de la bacteria *Bacillus thuringiensis*. Esta bacteria

produce toxinas que matan larvas de algunas especies de gusanos, polillas, mariposas... y se usa como bioinsecticida desde 1920.

- Plantas resistentes a herbicidas, eso se consigue de dos maneras: o bien insertando a la planta el gen de una enzima que no se inhiba con el herbicida, o bien una enzima que inactive el herbicida. Ejemplo: soja Roundup Ready, también de la empresa Monsanto, resistente al glufosinato (herbicida), perteneciente al primer tipo; Colza, también resistente al glufosinato, perteneciente al segundo tipo.
- Plantas tolerantes a factores abióticos, que toleran temperaturas extremas, sequía, inundaciones, salinidad, alcalinidad ¹⁰ ...

A continuación se desarrollan las mejoras nutricionales de ciertos alimentos básicos modificados genéticamente:

1.1.1. Arroz Dorado

El déficit de vitamina A (DVA) es un problema de salud pública en muchos lugares del mundo. Los niños y las mujeres embarazadas son los grupos más susceptibles de sufrir este déficit, que es la causa principal de la ceguera infantil y de incapacidad de los sistemas inmunitarios para combatir esta enfermedad¹².

En 2012, la OMS, Organización Mundial de la Salud, estimaba que este problema afectaba a 250 millones de niños en edad preescolar¹³. Las consecuencias de dicho déficit van desde la ceguera hasta una muerte prematura. Con una nutrición adecuada se podría reducir en un 23% la mortalidad infantil¹⁴.

Los países del sudeste de Asia y África son los que más sufren este DVA. El arroz, que es el alimento principal en estos países, tiene niveles bajos de hierro biodisponible, de lisina y déficit de beta-caroteno, el precursor de la vitamina A.



En 1999 el profesor Ingo Potrykus, del Instituto Federal Suizo de Tecnología, y el profesor Peter Beyer, de la Universidad de Friburgo en Alemania, crearon el "Golden Rice" o arroz dorado (Figura 3) para poder ayudar a cubrir las necesidades de este micronutriente.

Figura 3: Comparación entre arroz dorado y convencional.

Fuente: <http://www.goldenrice.org/index.php>

El arroz dorado fue creado utilizando la biotecnología para introducir genes de otras variedades de plantas que sí que producen enzimas que llevan a la producción de beta-caroteno. Actualmente el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI) y la Universidad de Friburgo siguen investigando para desarrollar nuevas variedades que contengan aún más cantidad de beta-caroteno e induyan además otros micronutrientes¹⁵.

1.1.2. Berenjena de Bangladés

La berenjena es un alimento básico en India y en otros países del sur y sudeste de Asia donde se cuenta con gran variedad de variantes tanto en formas como en colores. La variedad más famosa es la llamada "eggplant", por su forma de huevo.

En Filipinas el cultivo de la berenjena es el primer vegetal en términos de área de producción, con un promedio de 21.225 hectáreas anuales plantadas. India es el segundo país productor de berenjena del mundo después de China con 550.000 hectáreas. En Bangladés la berenjena es el tercer vegetal en importancia de cultivo con cerca de 50.000 hectáreas. Cifras que denotan la importancia de este cultivo para el sector agrario internacional y concretamente para el asiático.

Bangladés, que es uno de los países más pobres y pequeños del mundo, ha demostrado ser pionero en biotecnología entre países de su misma categoría. El proyecto de la Berenjena Bt, que se aprobó y llevó a cabo en un tiempo récord (menos de 100 días), fue desarrollado por científicos del Instituto de Investigación Agrícola de Bangladesh (BARI) ¹⁶.

Esta berenjena (Figura 4) contiene el gen Cry1Ac, procedente de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que le confiere resistencia ante una de las plagas más extendidas del sur de Asia, y que afecta tanto al tallo como al fruto: el gorgojo barrenador del fruto y la yema de la berenjena.



Figura 4: Berenjena Bt frente a berenjena convencional. Fuente: <http://www.chilebio.cl/?p=4547>

Las proteínas que incorporan estas nuevas berenjenas son tóxicas para el epitelio intestinal de las larvas de dichos insectos, pero se consideran inocuas para los mamíferos. Gracias al cultivo de esta variedad de berenjena se consigue reducir el uso de pesticidas en Bangladés, con todas las negativas consecuencias que ellos tienen para la salud humana ^{12,14,17}.

1.1.3. Patata Innate

La patata es el cuarto alimento básico más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. La empresa J.R. Simplot Company ha desarrollado una variedad de patata transgénica, a partir de genes de patatas silvestres y de cultivo: la patata Innate. Esa variedad de patata contiene tres principales ventajas respecto a la patata convencional:

- Contiene entre un 50 y 75% menos de asparagina, aminoácido responsable de la aparición de acrilamida, un potencial carcinógeno en humanos. Este compuesto aparece al cocinar los alimentos con gran contenido en almidón a altas temperaturas.
- Es menos susceptible a golpes o manchas, que suelen aparecer durante el almacenamiento. Estas magulladuras suponen una pérdida de género y pérdidas económicas para los productores. Además esta variedad cuenta con una ausencia de decoloración al pelarla (tarda más tiempo en volverse marrón por la oxidación) (Figura 5). Todo ello supone una reducción del desperdicio.
- En esta variedad de patatas hay una disminución de los azúcares, lo que las confiere unas características organolépticas más atractivas de cara a los consumidores.

La patata Innate está siendo mejorada por la empresa J.R. Simplot, y ya cuenta con una versión de segunda generación, que incluye características nuevas. Se prevé que esta nueva variedad esté lista para la siembra comercial en el año 2017^{17,18}.



Figura 5: Oxidación de la Patata Innate frente a una no MG. Fuente:
<http://www.simplotplantsciences.com/index.php/generationone/overview>

1.1.4. Alfalfa

La alfalfa es una planta perenne y es el cuarto cultivo más grande por hectáreas en los Estados Unidos, después del maíz, la soja y el trigo. Es el principal cultivo forrajero de los Estados Unidos y a nivel mundial, donde ocupa aproximadamente 30 millones de hectáreas.

Desde 2005 en Estados Unidos se ha estado cultivando alfalfa transgénica, la alfalfa RR tolerante a herbicida. En 2014 se aprobó la siembra de la alfalfa baja lignina, el evento KK179 (comercializada como HarvXtra™), con una disminución de lignina del 22% en comparación con la alfalfa tradicional.

La alfalfa de baja lignina aumenta la calidad del forraje, mejora el rendimiento pues acumula más biomasa forrajera y ofrece mayor flexibilidad en los tiempos de cosecha, lo que permite programar las cosechas para afrontar las condiciones climatológicas^{17,19,20}.

1.2 Animales:

En 1982 se obtiene gracias a técnicas de ingeniería genética el primer animal transgénico: un ratón con el gen de la hormona del crecimiento de la rata. Este ratón transgénico, como consecuencia de esta modificación, crecía de forma más rápida que el resto. Esto ayudó a comprender la base de numerosas enfermedades humanas. Además el estudio de este ratón proporcionó valiosa información sobre la transmisión de los genes y su forma de expresión que servirían para desarrollar técnicas de clonación, como en el caso de la oveja Dolly.

Como ya se ha comentado anteriormente, recientemente la empresa AquaBounty, una empresa biotecnológica de Massachusetts (EEUU) ha conseguido la aprobación de la FDA para la comercialización del primera animal transgénico apto para el consumo humano: un Salmón.

Los primeros experimentos para la creación de este salmón comenzaron en 1992. Se trata de un salmón salvaje del Atlántico al que se le introduce en su genoma un transgen que expresa la hormona del crecimiento del Salmón Real (Chinook), del Pacífico y de un pez de la familia de las anguilas (*Zoarces americanus*). El salmón genéticamente modificado crece el doble de rápido que el natural, tardando un año y medio en alcanzar el tamaño de un salmón

de tres años, que es el tamaño que demanda el mercado (Figura 6). Esto supone reducir notablemente el tiempo de producción y el aumento de la biodisponibilidad como alimento^{3,9}.

Aunque actualmente este sea el único producto animal modificado genéticamente que se encuentra en el mercado, son muchas las investigaciones que se están llevando a cabo en distintos animales y con distintos fines.

Si tomamos como ejemplo las vacas podemos encontrar experimentos que desarrollan vacas transgénicas que codifican la enzima lactasa, con lo cual se obtienen vacas lecheras que producen leche apta para quienes sufren de intolerancia a la lactosa por déficit de lactasa; investigaciones en China que se encargan de crear vacas lecheras transgénicas más resistentes a la tuberculosis y experimentos en Argentina que han desarrollado terneras transgénicas que codifican proteínas como la lisozima y la lactoferrina que son propias de la leche humana y son importantes para la nutrición del lactante. Con este tipo de leche se podría mejorar la defensa



del sistema inmune de aquellos lactantes que no pueden ser amamantados. Estos mismos investigadores han desarrollado terneras capaces de producir hormona del crecimiento humano y otras capaces de producir insulina humana¹⁰.

Figura 6: Comparación del tamaño del salmón MG con el normal. Fuente:

<http://greenvivant.com/2015/11/aprobado-el-%20primer-animal-%20transgenico-para-%20consumo-%20humano/>

Desde el momento en el que la FDA da luz verde al proceso de comercialización del salmón transgénico la lista de animales que se pretenden modificar aumenta notablemente, ya se espera que en un futuro podamos encontrar en los comercios carne de cerdo sin colesterol o gambas GM para mayor crecimiento.

Pero no todos los animales se modifican con fines alimenticios, algunos animales transgénicos se utilizan con el fin de obtener sustancias para uso biomédico. Existen en la actualidad cabras modificadas genéticamente para producir leche que contiene el activador tisular del plasminógeno (anticoagulante que se usa en el tratamiento de pacientes con trombosis) así como otros animales capaces de producir lactoferrina humana, factor antihemofílico o insulina. Incluso se han llegado a producir un tipo especial de animales transgénicos llamados animales knock-out (animales k.o.), en los que se ha inactivado un gen propio de la especie y se les ha introducido el que corresponde al hombre o a otra especie animal; estos animales son usados como “modelos” para el estudio de enfermedades o como potenciales donantes de órganos para el hombre (xenotrasplantes), aunque esto todavía se encuentra en fase experimental.

La ingeniería genética aplicada al terreno animal está mucho menos extendida que la vegetal por la alta complejidad de la manipulación genética animal, pese a ello día a día se van produciendo avances en este campo¹⁰.

1.3 Microorganismos:

La ingeniería genética se aplica a virus o bacterias para la obtención de nuevos productos microbianos que se utilizarán posteriormente para la elaboración de productos de consumo alimentario o farmacológico.

Hongos, bacterias y enzimas se han utilizado desde hace miles de años para la elaboración de alimentos y bebidas como leche, quesos, vinos, panes, cervezas... Gracias a la ingeniería genética se han podido mejorar muchos de los microorganismos utilizados, introduciendo nuevos genes o modificando algunos presentes; con estas modificaciones se logran obtener nuevos productos⁶.

Las primeras aplicaciones se utilizaron para la obtención de proteínas en microorganismos, entre ellas la hormona de crecimiento bovina y la quimosina bovina. La hormona de crecimiento bovina recombinante se utiliza para aumentar la producción de leche en las vacas, su uso está autorizado en Estados Unidos aunque no lo está en la Unión Europea. Esta enzima está considerada más un producto de farmacia de uso alimentario.

La quimosina bovina sin embargo sí puede considerarse dentro del campo de la industria alimentaria. La quimosina es una enzima que se encarga de hidrolizar la leche y que se obtiene del cuajo del estómago de los terneros jóvenes y se utiliza para la fabricación de quesos. El método de obtención de dicha enzima tiene entre los inconvenientes la heterogeneidad de calidad y variabilidad que provoca en el producto final así como el alto coste; es por esto que la quimosina bovina recombinante supone un aporte fundamental, sobre todo desde el punto de vista económico. Desde 1990 esta enzima se obtiene de levaduras o bacterias modificadas genéticamente y ha ido sustituyendo al cuajo animal; esto supone también menos terneros sacrificados para la obtención del cuajo.

También se han obtenido otras enzimas de interés industrial, como las levaduras de panadería o los microorganismos que se utilizan en la industria láctea que se han modificado para conseguir una sobreproducción de ciertas enzimas.

Así, podemos encontrar en el mercado distintos productos para cuya fabricación han intervenido microorganismos GM:

- Productos “sin lactosa”, a los que se les ha añadido la enzima lactasa que permite hidrolizar la lactosa y así eliminarla; dirigidos a la población intolerante a este disacárido.
- Quesos para cuya elaboración se ha utilizado la quimosina bovina recombinante.
- Vinos a los que se les añaden glicosidasas, que se usan para mejorar el aroma del vino al liberar las sustancias aromáticas que se encuentran unidas a los azúcares.
- Cervezas y vinos a los que se les añaden proteasas (hidrolizan las proteínas) para evitar la turbidez en el proceso de enfriamiento.
- Colorantes alimenticios o suplementos vitamínicos.

Con esas modificaciones la industria alimentaria logra estandarizar los productos, disminuir los tiempos de producción, o mejorar las características organolépticas de los alimentos que elabora.

Este tipo de modificaciones (de microorganismos), es utilizado también por la industria farmacéutica en la lucha contra ciertas enfermedades, como la modificación de adenovirus para eliminar ciertos tipos de cáncer¹⁰.

Capítulo 2: Legislación

La legislación que regula los alimentos transgénicos varía de un país a otro, habiendo incluso países que no tienen leyes específicas que los regulen.

En nuestro país, los organismos que se encargan de la regulación de los OGM son los siguientes: la Autoridad Europea para la Seguridad Alimentaria y Nutrición (EFSA)²¹ en Europa; y la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), la Comisión Nacional de Biovigilancia y la Comisión Nacional de Bioseguridad.

La Unión Europea (UE), con el objetivo de prevenir un posible daño para la salud humana y para el medio ambiente, regula las actividades con OGM mediante dos Directivas básicas:

- Directiva 2009/41: relativa a la utilización confinada de microorganismos modificados genéticamente.
- Directiva 2001/18/CE: sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente. Su objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente cuando se produzcan liberaciones intencionales en el medio ambiente de OGM con un propósito distinto del de su comercialización.
Esta Directiva ha sido recientemente modificada por la Directiva (UE) 2015/412 respecto a la posibilidad de que los Estados miembros restrinjan o prohíban el cultivo de OMG en su territorio.

Cabe destacar también el Reglamento 1829/03, sobre alimentos y piensos genéticamente modificados y el Reglamento 1830/03, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de OMG y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos.

En España las actividades relativas a la utilización de OGM están reguladas por:

- La Ley 9/2003, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de OGM.
- El Real Decreto 178/2004, por el que se aprueba el Reglamento General para el Desarrollo y Ejecución de dicha ley. Modificado por última vez por el Real Decreto 191/2013.

Los artículos 3 y 4 de la Ley 9/2003, establecen la distribución de competencias entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas.²²

2.1 Administración General del Estado

La administración General del Estado es competente en:

- Concesión de autorizaciones de comercialización de OMG o de productos que los contengan.

- Concesión de autorizaciones de utilización confinada y de liberación voluntaria de estos organismos en casos de incorporación a medicamentos de uso humano o veterinario, productos y artículos sanitarios y aquellos que puedan suponer un riesgo para la salud de las personas; conforme a la Ley 14/1986 General de Sanidad y la Ley 25/1990 del Medicamento.
- Vigilancia y control de los programas de investigación ejecutados por instituciones, entes u órganos del propio Estado; conforme a la Ley 13/1986 de Fomento y Coordinación de la Investigación Científica y Técnica.
- Vigilancia, control y sanción de los ensayos en campo relacionados con el examen técnico para la inscripción en el Registro de Variedades Comerciales.

Las autorizaciones son otorgadas por el Consejo Interministerial de Organismos Modificados Genéticamente, Consejo adscrito a la Secretaría General de Agricultura y Alimentación, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Funciona en coordinación con la Comisión Nacional de Bioseguridad y se encarga del intercambio de información con las Comunidades Autónomas y la Comisión Europea²².

2.2 Comunidades Autónomas

Algunas Comunidades Autónomas (CCAA) han desarrollado su propia legislación sobre OMG. Según el artículo 4 de la Ley 9/2003 las CCAA son competentes en:

- Concesión de autorizaciones, salvo en los casos que corresponda a la Administración General del Estado, de utilización confinada y liberación voluntaria de OMG con fines de investigación y desarrollo y cualquier otro distintivo de comercialización.
- Vigilancia, control y sanción de estas actividades, con excepción de las que son competencia estatal.

Las CCAA que han desarrollado legislación sobre el tema son: Andalucía, Aragón, Asturias, Baleares, Castilla La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Extremadura, Madrid, Navarra y Valencia²².

2.3 Unión Europea

La legislación de la Unión Europea se encarga principalmente de regular los OGM en lo referente a seguridad alimentaria, trazabilidad y etiquetado de los alimentos

2.3.1 Seguridad Alimentaria

La UE establece que cualquier alimento debe ser evaluado para garantizar la seguridad para la salud de los consumidores antes de autorizar la comercialización. Los alimentos genéticamente modificados están sujetos a evaluaciones de seguridad alimentaria y a evaluaciones de seguridad medioambiental.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), con la colaboración de los organismos de los estados miembros, es quien se encarga de llevar a cabo dichas evaluaciones de seguridad para la salud humana, animal y medioambiental. La EFSA trata de comparar el

OGM con su versión tradicional para comprobar que ambos son igual de seguros. Los alimentos transgénicos deben pasar exámenes de alergenicidad, toxicidad, exámenes nutricionales y de seguridad ambiental. Todos los alimentos autorizados para su comercialización en la UE han pasado las pruebas y se los considera seguros tanto para la salud humana como para el medio ambiente²³.

El panel de organismos modificados genéticamente (OMG), dependiente de la EFSA (European Food Safety Authority), proporciona asesoramiento científico sobre seguridad en alimentos y piensos, evaluación de riesgos ambientales y la caracterización molecular de plantas. Se aplica sobre todo a plantas, microorganismos y animales modificados genéticamente²⁴.

2.3.2 Trazabilidad

De acuerdo al Artículo 3 del Reglamento 1830/03, la trazabilidad, a efectos de los OMG, es la capacidad de seguir la traza de los OMG y los productos producidos a partir de OMG a lo largo de las cadenas de producción y distribución en todas las fases de su comercialización. Se basa en la transmisión y la conservación de información por parte de cada eslabón del proceso. Se pasa por escrito de un operador a otro la información relativa al producto, si algún ingrediente eso está compuesto por OGM. Dicha información debe conservarse durante cinco años.

Es necesario llevar a cabo una adecuada trazabilidad desde la producción hasta la comercialización ya que esto permite una vigilancia sobre los efectos potenciales sobre la salud humana y del medio ambiente; además ofrece la opción de retirar un producto en caso de riesgo para la salud humana o para el medio ambiente²⁵.

2.3.3 Etiquetado

La Unión Europea considera que es necesario ofrecer información sobre la presencia de OGM en los alimentos que ofrece a los consumidores para que estén mejor informados y así ofrecerles la libertad de elegir si consumir un producto que haya sido manipulado por la ingeniería genética o uno que no. El Reglamento 1830/03 es el que se encarga de regular la obligatoriedad del etiquetado en piensos y alimentos que contenga o se hayan producido a partir de OGM.

El Reglamento dispone cómo se debe hacer mención en el etiquetado de los productos:

- *Alimento que es un OMG*: brote de soja modificada genéticamente, maíz modificado genéticamente.
- *Alimento que contiene OMG*: ensalada con brotes de soja modificada genéticamente, tortitas con maíz modificado genéticamente.
- *Alimento producido a partir de OMG*: chocolate con lecitina de soja procedente de soja modificada genéticamente, harina de maíz procedente de maíz modificado genéticamente.

Se recomienda evitar términos como “alimento libre de OMG” o “alimento no transgénico” para evitar infundir miedos en los posibles compradores.

Únicamente quedan exentos del etiquetado los restos de OMG que no superan el 0.9% y si su presencia es involuntaria y técnicamente inevitable.

En Estados Unidos y Canadá sin embargo, no existe una obligación de indicar la presencia de OGM en un alimento mediante el etiquetado. Esto se debe a que consideran que los productos obtenidos a través de la ingeniería genética son equivalentes en cuanto a propiedades nutricionales y de seguridad a cualquier producto obtenido mediante otro método de selección genética²⁵.

Capítulo 3: Situación actual

En 1996 comenzó el cultivo comercial de vegetales transgénicos. Desde ese año hasta la actualidad, El Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas¹⁷ se ha encargado de evaluar el número total de hectáreas cultivadas mundialmente, así como la repartición entre los diferentes países y los tipos de cultivos a los que se dedican. En su último informe, de 2014, se registra un récord de 181,5 millones de hectáreas dedicadas a cultivos biotecnológicos (Figura 6). A pesar de la controversia que generan los transgénicos, su cultivo va en aumento, desde 1996 donde se registraron 1,7 millones de hectáreas hasta la cifra actual.

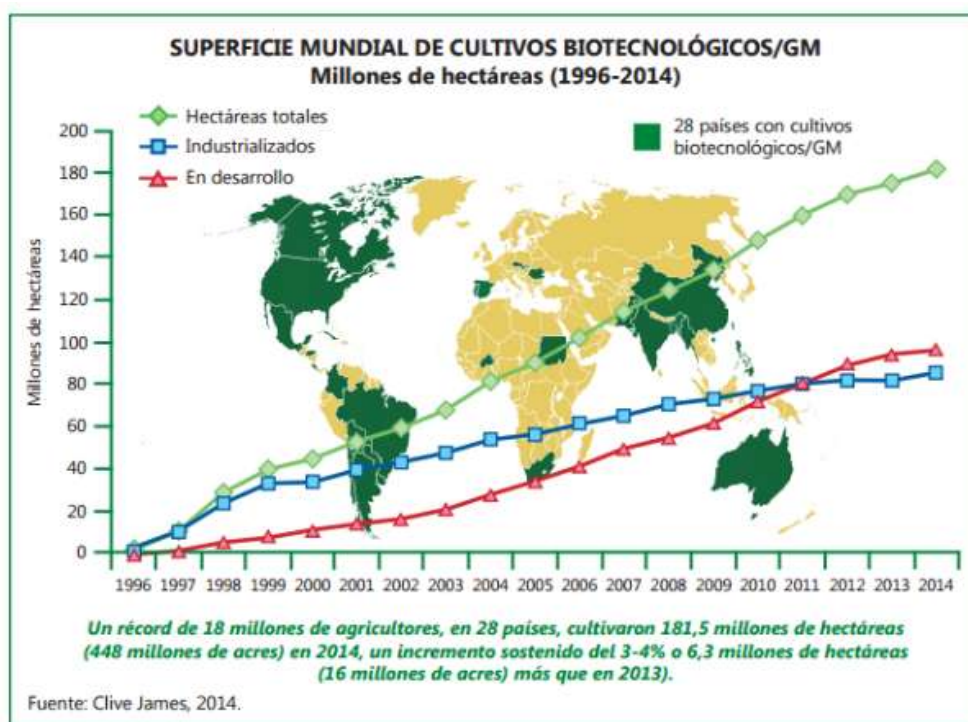


Figura 6: Superficie mundial de cultivos biotecnológicos. Fuente:

<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/49/executivesummary/pdf/B49-ExecSum-Spanish-Spain.pdf>

A fecha de 2014 fueron 18 millones de agricultores, de 28 países diferentes, los que sembraron cultivos transgénicos, principalmente maíz, algodón y soja. De esos 28 países (Figura 7), 20 son países en desarrollo y tan solo 8 industrializados. Cabe destacar que en torno al 60 % de la población mundial vive en los 28 países que siembran estos cultivos.

Estados Unidos encabeza la lista de hectáreas cultivadas de transgénicos (73,1 millones de has.), seguido de Brasil (42,2 millones), Argentina (24,3 millones), India (11,6 millones) y Canadá (11,6 millones).

Europa queda en los últimos puestos de la lista. Tan solo 5 países de la Unión Europea (UE) se dedican al cultivo de transgénicos: España, Portugal, República Checa, Rumanía y Eslovaquia.

España es el país líder dentro de la UE, con un total de 131.538 hectáreas de maíz Bt, lo que supone el 31,6% del total en este territorio, habiendo cultivado el 92% del maíz Bt de la UE¹⁷.

En 2010 en Europa estaba autorizado el cultivo de dos variedades de plantas GM: La patata Amflora y el maíz Bt MON 810, resistente al barrenador europeo del maíz. El cultivo de esta variedad de maíz está permitido en la UE desde 1998 y actualmente es el único autorizado²⁶. En lo referente a importaciones en la UE están permitidos 68 OGM entre los cuales se incluyen diversas variedades de maíz, colza, soja, algodón (para la industria textil) y remolacha azucarera. Las autorizaciones tienen una validez de 10 años y mientras tanto los OGM y alimentos derivados deben cumplir con la normativa de etiquetado y trazabilidad ya explicada.^{27 28}

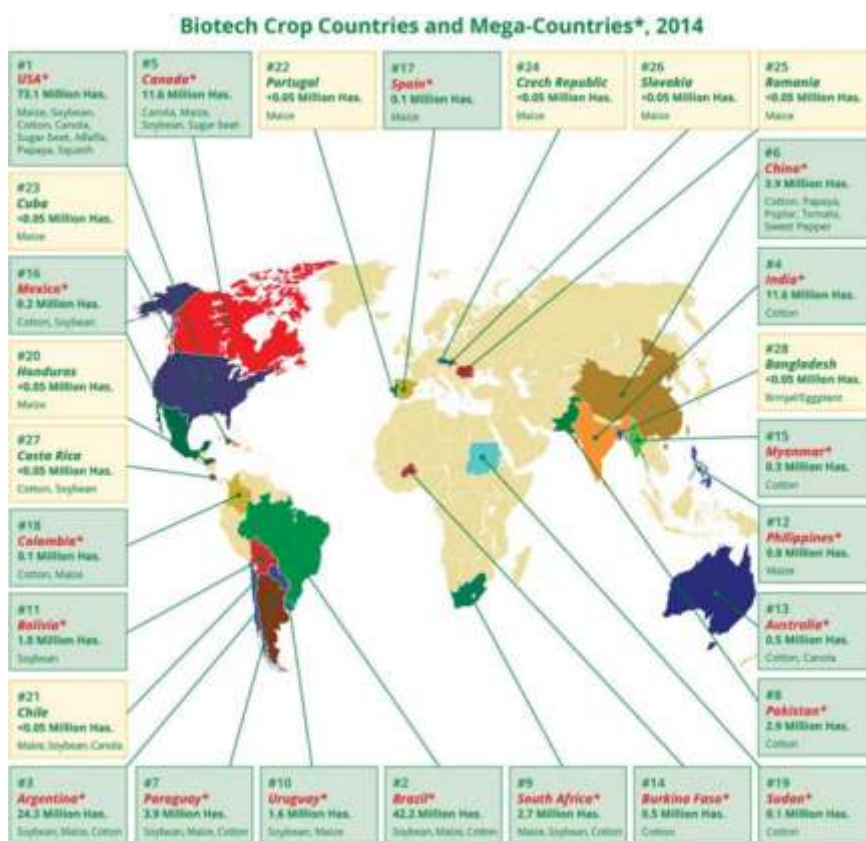


Figura 7: Países productores de transgénicos. Fuente: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/46/executivesummary/>

3.1 Maíz transgénico en España

Como ya se ha comentado, España es el país de Europa en el que más cultivos se siembran. España ha sido pionera en la siembra de variedades transgénicas, incorporando a la lista nacional de variedades vegetales dos variedades de maíz insecticida en 1998, cinco variedades en marzo 2003 y otras nueve en febrero 2004. En Julio 2005 se revocaron las

autorizaciones concedidas a algunas de las variedades (las Bt 176 de Syngenta) y se incluyeron 14 variedades nuevas (MON 810 de Monsanto)⁸.

Las Comunidades Autónomas donde mayores cantidades de maíz transgénico se cultivan son Aragón (32.074 ha), Cataluña (22.309 ha) y Extremadura (7.127 ha). Por otra parte tenemos al País Vasco, Asturias y Cantabria que se han declarado libres de transgénicos²⁹ (Figura 8).

Verde: Libre de transgénicos.

Rojo: Cultivos transgénicos.



Figura 8: Transgénicos en España. Fuente: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/mapa-de-espana/>

Capítulo 4: Ventajas

Los alimentos transgénicos suponen un avance con grandes ventajas, sin embargo estas ventajas casi nunca son evidentes para los consumidores, ya que no se ven afectados directamente por ellas. La reducción de costos de producción, las mejoras a la hora del cultivo o el menor uso de pesticidas son algunas de estas ventajas que los consumidores no tienen en cuenta ya que no ven el beneficio directo. Además, normalmente estos cultivos no se comercializan directamente, sino que sirven de materia prima para otras industrias.

El hecho de que el consumidor no detecte un beneficio personal hace que no pueda hacer un balance riesgo/beneficio. Esto sumado a la publicidad negativa que aportan las organizaciones en contra de la biotecnología, hace difícil que se acepten los riesgos derivados de estos productos ante un beneficio aparentemente nulo¹¹.

Se puede hablar de beneficios directos e indirectos:

4.1 Beneficios Directos

Los beneficios directos son aquellos apreciables por el consumidor de manera personal.

- Mejora de la calidad nutricional de los alimentos. Como en el caso del arroz dorado. Estos alimentos buscan mejorar situaciones de carencia de nutrientes en casos de malnutrición, y así lograr prevenir ciertas enfermedades; y la creación de alimentos más saludables, como la patata con mayor contenido de almidón o la soja con menos ácidos grasos.
- Disminución de la presencia de compuestos tóxicos y de alérgenos. Los avances en ingeniería genética están permitiendo la obtención de productos como un trigo con menor capacidad alergénica, que podría ser apto para personas con celiaquía³⁰; o yuca (alimento básico en algunas regiones Africanas) con menores niveles de cianuro en sus raíces³¹.

4.2 Beneficios Indirectos

Los beneficios indirectos no son apreciables por el consumidor de forma directa, pero aportan grandes ventajas para los agricultores, así como para el medio ambiente.

- Cultivos resistentes a insectos. La producción de este tipo de cultivos supone un menor uso de plaguicidas, que va acompañada de una disminución de la contaminación ambiental así como una menor exposición humana a estas sustancias tóxicas. Obtenemos así beneficios para el medio ambiente y para la salud y la seguridad humanas.
- Menor presencia de micotoxinas por insectos o enfermedades. Las micotoxinas son sustancias tóxicas producidas por hongos y que están relacionadas con ciertas enfermedades en el ser humano³². En el caso del maíz, una de las principales plagas que le afectan es la del gusano barrenador. Este provoca heridas en las que se desarrollan hongos productores de micotoxinas. El maíz Bt GM es resistente a insectos, por lo que se reducen esas heridas y la sobreinfección por hongos. Como consecuencia los niveles de micotoxinas en el maíz son mucho más bajos. Este es un caso de beneficios para la salud humana y animal³³.
- Disminución de compuestos tóxicos en los suelos de cultivos por el menor uso de plaguicidas, herbicidas y fertilizantes. Las plantas transgénicas resistentes a ciertos insectos, a condiciones extremas o de alta productividad requieren un menor uso de estos productos. A su vez, el menor uso supone una menor acumulación de dichas sustancias tóxicas en los suelos, reduciendo la contaminación del medio ambiente.
- Conservación de la biodiversidad: los cultivos biotecnológicos permiten racionalizar el uso del suelo. Al alcanzar mayor productividad se evita la deforestación (y la pérdida de biodiversidad que conlleva) necesaria para cultivar más hectáreas, ya que se consiguen mayores toneladas de alimentos por hectárea que en los cultivos tradicionales¹⁷.
- Mitigación del cambio climático y disminución de los gases de efecto invernadero. Este tipo de cultivos conllevan una reducción en la emisión

de dióxido de carbono (CO₂) y un menor uso de combustibles fósiles, por el menor uso de insecticidas y herbicidas. Además disminuyen la necesidad de labrar la tierra cultivada, lo que permite conservar el suelo¹⁷.

Capítulo 5: Riesgos

Como ya se ha explicado en puntos anteriores, los alimentos transgénicos tienen que pasar rigurosos controles de seguridad para ser considerados inocuos para la salud humana y permitir su comercialización y cultivo. Con estos controles se demuestra la seguridad del producto a corto plazo, pero eso no quiere decir que no puedan tener ningún efecto a medio y largo plazo. La mayoría de los estudios al respecto se realizan con animales. Los riesgos para la salud humana que más destacan son los siguientes:

5.1 Alergias

Las alergias alimentarias se deben a una reacción del sistema inmune ante una proteína ingerida en el alimento. Cuando se transfiere ADN de un organismo con alergenidad, es posible que se transfieran las propiedades alérgicas al nuevo OGM y que esto provoque reacciones alérgicas en las personas sensibles a dicho alérgeno. Existen casos documentados, como el de la soja con un gen de la nuez de Brasil, en el que se transfería la sensibilidad a la nuez a la soja transgénica. Como ya se ha explicado en apartados anteriores, la legislación obliga a un adecuado etiquetado de los productos transgénicos, así como a una revisión de seguridad (que incluye revisión del potencial alérgico) para asegurar la inocuidad y prevenir de posibles reacciones a las personas sensibles a algún alérgeno. Las preocupaciones de los grupos opositores a los productos transgénicos van encaminadas también al posible desarrollo de nuevas reacciones alérgicas ante proteínas sin historial de efectos alérgicos, ya que con la ingeniería genética se introducen genes de bacterias, virus, insectos... que no forman parte de la alimentación humana³⁴.

5.2 Resistencia a Antibióticos

Otra de las grandes preocupaciones es la resistencia a antibióticos, relacionada con la transferencia horizontal de genes. Las primeras generaciones de alimentos transgénicos se crearon utilizando genes marcadores resistentes a antibióticos. El miedo surge ante la posibilidad de que esos genes se transfieran desde el alimento a las bacterias del tracto intestinal y dichas bacterias desarrollen resistencia a los antibióticos. De ser así esto supondría un grave riesgo de salud pública ya que pondría en peligro el tratamiento de ciertas enfermedades infecciosas. Aunque las probabilidades de que exista transferencia horizontal de genes son bajas, la FAO y la OMS recomiendan evitar la utilización de genes marcadores con resistencia a antibióticos en el desarrollo de nuevos transgénicos. Además, para garantizar mayor seguridad, los investigadores han logrado eliminar esos marcadores una vez llevada a cabo la transformación de la planta^{8,33}.

5.3 Toxicidad

Entre los mecanismos naturales de defensa de las plantas se encuentra la producción de sustancias tóxicas que las protegen de ciertas enfermedades y animales. La manipulación

genética puede inducir la producción de mayores dosis de toxinas, o su presencia en partes de la planta donde antes no se producían; también puede provocar un aumento de la concentración de sustancias que en dosis pequeñas resultan saludables pero con efectos tóxicos en dosis mayores (algunas vitaminas y minerales)³³.

Capítulo 6 Controversia

El tema de la biotecnología y los transgénicos ha generado controversia desde sus inicios. *¿Son mejores los alimentos convencionales, transgénicos o ecológicos?, ¿debe priorizarse su rentabilidad empresarial, sus beneficios para la salud humana o su sostenibilidad ambiental?, ¿cómo deben abordarse las relaciones entre el libre comercio de mercancías, la seguridad alimentaria, la protección de la naturaleza y el derecho de la ciudadanía a la información?*³⁵

La información para responder a estas preguntas varía según busquemos respuesta entre grupos pro-transgénicos y anti-transgénicos. Cada uno de estos grupos expone argumentos científicos para defender su postura, para demostrar verdades antagónicas.

A favor de los OGM encontramos agricultores, empresas y multinacionales, con sus correspondientes laboratorios de biotecnología. En España los más significativos son: Monsanto, SEBIOT (Sociedad Española de Biotecnología), ASEBIO (Asociación Española de Bioempresas) ASAJA (Asociación de Jóvenes Agricultores) y Fundación Antama (Fundación para la Aplicación de Nuevas Tecnologías en la Agricultura, el Medio Ambiente y la Alimentación).

En contra se posicionan organizaciones ecologistas, de consumidores, asociaciones de productos ecológicos y sindicatos. Entre ellos se encuentran: Greenpeace, Amigos de la Tierra, Ecologistas en Acción, OCU (Organización de Consumidores y Usuarios), CECU (Confederación de Consumidores y Usuarios), CEACCU Confederación Española de Organizaciones de Amas de Casa Consumidores y Usuarios) y COAG (Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos).

Los grupos a favor basan su postura en la seguridad y el progreso, mientras que los que se posicionan en contra lo hacen en el riesgo y la precaución. Ambos coinciden en defender el derecho de la ciudadanía a estar bien informada y poder elegir qué consumir; sin embargo ambos aplican este derecho a la información para intentar persuadir al público para apoyar una postura u otra.

Todavía se está discutiendo si los transgénicos son productos cualitativamente diferentes de los obtenidos con técnicas convencionales de selección y cruzamiento genético. En Estados Unidos se ha declarado que dicha distinción no existe por lo que estos productos no están sometidos a ningún tipo especial de etiquetado. En Europa se someten a unas leyes concretas de etiquetado; sin embargo, si se declara que no existen diferencias entre productos transgénicos y no transgénicos, ese etiquetado especial no estaría justificado.

Respecto al interrogante de si tienen algún riesgo para la salud humana, los grupos en contra les acusan de ser nocivos, provocar alergias, efectos secundarios, etc. Sin embargo, las entidades a favor de su desarrollo aseguran su inocuidad, basándose en los resultados obtenidos en las pruebas que todo producto GM debe pasar antes de ser aprobado.

Hoy por hoy parece lejana la posibilidad de que se llegue a un consenso entre ambas posiciones. Solo cabe esperar que nuevos estudios den lugar a unos resultados que lleven a esclarecer la situación.

Capítulo 7 Conclusiones

El tema de los alimentos transgénicos es bastante polémico y, como ya se ha comentado en el apartado anterior, podemos encontrar opiniones muy dispares al respecto.

Los grupos opositores alertan a la sociedad con mensajes catastrofistas sobre el uso de estos productos. Sus potentes mensajes, unidos a la falta de información han dado lugar a un sentimiento de desconfianza y de rechazo entre la población. La ciencia por su parte trata de mostrar la otra cara de los transgénicos, demostrando su inocuidad para la salud humana y medioambiental.

Aunque en numerosos estudios queda reflejado que no hay mayor perjuicio para la salud humana con los productos transgénicos que con los convencionales, no hay que olvidar que el riesgo cero no existe. Es precisamente en este punto en el que apoyan sus teorías los grupos en contra, alegando que los efectos negativos pueden desarrollarse en un futuro lejano.

La biotecnología ha tenido opositores desde sus inicios, pero ha demostrado grandes avances y beneficios para la sociedad. Llevadas a cabo de la forma correcta, las aplicaciones de la ingeniería genética en los alimentos podrían suponer una mejora en la calidad de vida de las personas, sobretudo en países en desarrollo, donde ya se están viendo sus ventajas. Es necesario seguir desarrollando los transgénicos y llevar a cabo más investigaciones científicas para poder demostrar todo el potencial que tienen estos productos, sin embargo para ello es importante cambiar la percepción que la sociedad tiene sobre ellos.

La polémica sobre los alimentos transgénicos continuará en los próximos años, pero la realidad es que están ya entre nosotros y su presencia es imparable.

7. Referencias Bibliográficas

- 1 Q&A: genetically modified food [Internet]. World Health Organization. 2016 [citado 14 marzo 2016]. Disponible en: http://www.who.int/foodsafety/areas_work/food-technology/faq-genetically-modified-food/en/
- 2 Sociedad Española de Biotecnología. Plantas Transgénicas (Preguntas y Respuestas). SEBIOT; 2007.
- 3 Ansede M. Aprobado el primer animal transgénico para consumo humano. El País [Internet]. 2015 [citado 17 de marzo 2016]. Disponible en: http://elpais.com/elpais/2015/11/19/ciencia/1447945426_325310.html
- 4 Pinazo-Durán MD. Genética y algo más. Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología 2012;87(2):35-37.
- 5 Monsanto | Una breve cronología de la Biotecnología [Internet]. Monsanto.com. [citado 14 Marzo 2016]. Disponible en: <http://www.monsanto.com/global/es/productos/pages/cronologia-de-la-biotecnologia.aspx>
- 6 Rodríguez Ferri E. Lo que Ud. debe saber sobre los alimentos transgénicos (y organismos manipulados genéticamente). [León]: Caja España; 2003.
- 7 OMS. Biotecnología moderna de los alimentos, salud y desarrollo humano: estudio basado en evidencias. Ginebra: OMS; 2005.
- 8 El Estado Mundial de Agricultura y la Alimentación (Sofa) 2004-2005 [Internet]. Fao.org. 2004 [citado 11 marzo 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/Y5160s/y5160s10.htm#rel>
- 9 AquaBounty Technologies [Internet]. AquaBounty Technologies. 2016 [citado 29 abril 2016]. Disponible en: <https://www.aquabounty.com/>
- 10 ArgenBio [Internet]. Argenbio.org. 2016 [citado 11 abril 2016]. Disponible en: <http://www.argenbio.org/index.php?action=biotecnologia&opt=4>
- 11 Calvo M. Alimentos Transgénicos: Situación Actual y Futuro. [Departamento de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos]. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- 12 Bangladesh aprueba berenjena Bt [Internet]. Agro-Bio. [citado 10 mayo 2016]. Disponible en: <http://www.agrobio.org/bangladesh-aprueba-berenjena-bt/#sthash.I9V2NPMY.4Jh4IH54.dpuf>
- 13 Mayer C. Vitamin A Deficiency [Internet]. Goldenrice.org. 2016 [citado 11 mayo 2016]. Disponible en: http://www.goldenrice.org/Content3-Why/why1_vad.php
- 14 Pamela Ronald: The case for engineering our food. TED Ideas Worth Spreading; 2015.

-
- 15 WHO. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995–2005. WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. Ginebra, World Health Organization, 2009.
 - 16 ISAAA analiza la situación de la Berenjena Bt en India, Bangladés y Filipinas [Internet]. Fundación Antama. 2014 [citado 27 mayo 2016]. Disponible: <http://fundacion-antama.org/isaaa-berenjena-transgenica-bt-india-banglades-filipinas/>
 - 17 ISAAA (The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications). Resumen ejecutivo informe 49 Situación mundial de los cultivos biotecnológicos/GM comercializados: 2014. Ithaca, NY: ISAAA; 2014.
 - 18 Overview. Simplot Plant Sciences [Internet]. Simplotplantsciences.com. 2016 [citado 12 mayo 2016]. Disponible en: <http://www.simplotplantsciences.com/index.php/about/overview>
 - 19 International F. HarvXtra™ Alfalfa [Internet]. Foragegenetics.com. 2016 [citado 14 mayo 2016]. Disponible en: <http://www.foragegenetics.com/Forage-Innovation/HarvXtra%E2%84%A2-Alfalfa.aspx>
 - 20 Home | HarvXtra™ Alfalfa [Internet]. Harvxtra.com. 2016 [citado 13 mayo 2016]. Disponible en: <http://www.harvxtra.com/>
 - 21 EFSA (European Food Safety Authority). Annual report of the EFSA Scientific Network for Risk Assessment of GMOs for 2015. EFSA; 2016.
 - 22 Legislación Española [Internet]. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Gobierno de España. [citado 14 abril 2016]. Disponible en: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/biotecnologia/organismos-modificados-geneticamente-omg-/legislacion-general/Legislacion_espaniola.aspx
 - 23 Genetically Modified Organisms. European Food Safety Authority [Internet]. Efsa.europa.eu. 2016 [citado 11 abril 2016]. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/gmo>
 - 24 Panel on Genetically Modified Organisms. European Food Safety Authority [Internet]. Efsa.europa.eu. 2016 [citado 11 abril 2016]. Disponible en: <http://www.efsa.europa.eu/en/panels/gmo>
 - 25 Unión Europea. Reglamento (CE) No 1831/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo 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. Bruselas; 2003.
 - 26 Fact Sheet: Questions and Answers on EU's policies on GMOs [Internet]. European Commission. 2015 [citado 11 abril 2016]. Disponible en: [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-15-4778 en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-15-4778_en.htm)

-
- 27 ¿Qué sabes de los transgénicos? [Internet]. 1st ed. Greenpeace; 2016 [citado 11 marzo 2016]. Disponible en:
<http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/transgenicos/que-sabes-de-los-transgenicos-2.pdf>
- 28 Gubin A. Lista de alimentos transgénicos aprobados en Europa: Monsanto, Bayer y Dupont. La Gran Época [Internet]. 2015 [citado 10 abril 2016]. Disponible en:
<http://www.lagranepoca.com/vida/salud/5791-lista-de-alimentos-transgenicos-aprobados-en-europa-monsanto-bayer-y-dupont.html>
- 29 Mapa de cultivos transgénicos en España [Internet]. Greenpeace. [citado 27 May 2016]. Disponible en: <http://www.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Transgenicos/mapa-de-espana/>
- 30 Pan de Trigo Apto para Celiacos [Internet]. Instituto de Agricultura Sostenible (IAS). [citado 4 abril 2016]. Disponible en: <http://www.ias.csic.es/pan-de-trigo-apto-celiacos/>
- 31 El Mundo. Modifican genéticamente la yuca para potenciar sus vitaminas y minerales. [Internet]. 2008 [citado 19 abril 2016]. Disponible en:
<http://www.elmundo.es/elmundo/2008/07/01/ciencia/1214907437.html>
- 32 FAO. Manual Sobre la Aplicación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la Prevención y Control de las Micotoxinas. Roma: FAO; 2003.
- 33 FAO. Los organismos modificados genéticamente, los consumidores, la inocuidad de los alimentos y el medio ambiente. Roma: FAO; 2001.
- 34 Ecologistas en acción. Alimentos transgénicos. Madrid: Ecologistas en acción; 2005
- 35 Larrión J. ¿Qué significa estar bien informado? Retóricas, percepciones y actitudes ante el problema del etiquetado de los alimentos transgénicos. REIS (Revista Española de Investigaciones Sociológicas). 2016;153:43-60.